



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
DEMOCRATIC AND POPULAR ALGERIAN REPUBLIC
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTRY OF HIGHER EDUCATION AND SCIENTIFIC RESEARCH
جامعة الشاذلي بن جديد-الطارف
CHADLI BENDJEDID ELTARF UNIVERSITY
كلية علوم الطبيعة والحياة
FACULTY OF NATURE AND LIFE SCIENCES
قسم العلوم الفلاحية
DEPARTMENT OF AGRONOMIC SCIENCES



Mémoire de Fin d'Études
Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master académique en
« Sécurité Agroalimentaire et Assurance Qualité »

Thème

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

Présenté Par : **Mabrouki Iméne**

Soutenue publiquement le : 15/06/2026

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Grade	Établissement	Qualité
Benrachou Nora	MCA	Université Chadli Bendjedid-El-Tarf	Présidente
Haddad Leila	MCA	Université Chadli Bendjedid-El-Tarf	Examinatrice
Bencheikh Amel	MAA	Université Chadli Bendjedid-El-Tarf	Encadrante

Année universitaire : 2025-2026

Dédicace

Louange à Dieu, le Seul, le Tout Puissant !

Ce modeste travail est dédié, spécialement,

À ma chère maman **Hamlaoui Bariza**, ma raison de vivre, en témoignage de ma reconnaissance pour sa patience, son amour et ses sacrifices.

À mon cher papa **Djamel** pour son amour et son dévouement

« À vous, mes parents, je dis merci d'avoir fait de moi celle que je suis aujourd'hui !

Aucune dédicace ne pourra exprimer mes respects, mes considérations et ma grande admiration pour vous. Puisse ce travail vous témoigner mon affection et mon profond amour»

À mes chères sœur, **Yasmine** et **Sara**

Qui n'ont pas cessé de me conseiller, de m'encourager et de me soutenir tout au long de mes études.

Que dieu leur offre tout le bonheur du monde et exauce leurs rêves. Qu'il leur accorde une vie chanceuse et les protège.

A tou(te)s mes ami(e)s.

Pour finir, à tous ceux que j'aime et qui m'aiment, je dédie ce mémoire.

Iméne

Remerciements

Louange à Allah, le tout Puissant, pour avoir éclairé notre chemin et nous avoir donné la foi, la force et le courage de mener à bien ce travail.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à ma promotrice, **M^{me} Bencheikh Amel**, qui a assuré l'encadrement de ce travail avec sérieux, rigueur et bienveillance. Je la remercie sincèrement pour ses précieux conseils, sa disponibilité, sa patience et son soutien constant, tout au long de cette expérience.

Qu'elle trouve ici l'expression de mon profond respect, de ma sincère reconnaissance et de ma grande admiration.

Mes sincères remerciements s'adressent également aux membres du jury : **M^{me} Benrachou Nora** et **M^{me} Haddad Leila**, qui ont accepté d'examiner et d'évaluer ce travail. Leur présence et leurs remarques constituent pour moi un grand honneur.

J'adresse aussi mes chaleureux remerciements au complexe FERTIAL ainsi qu'à tout son personnel pour leur accueil et leur collaboration.

Ma profonde reconnaissance va particulièrement à Monsieur **Doudène Abderazak**, ainsi qu'à Monsieur **Yazid**, mes tuteurs de stage, qui n'ont ménagé aucun effort pour m'initier aux techniques d'analyses physicochimiques.

Leur gentillesse, leur disponibilité, leur professionnalisme et leurs précieux conseils resteront pour moi une expérience très enrichissante et inoubliable.

J'exprime également ma sincère gratitude à tous les enseignants de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, particulièrement ceux et celles du Département des Sciences Agronomiques, qui ont veillé à ma formation scientifique, tout au long de mon parcours universitaire.

Enfin, je remercie du fond du cœur toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail, par leur aide, leurs encouragements ou leur soutien moral.

Merci !

Résumé

L'eau est une ressource essentielle à la vie et à la santé humaine, dont la qualité doit être contrôlée afin de garantir la sécurité du consommateur. En Algérie, les eaux embouteillées occupent une place importante dans la consommation quotidienne, ce qui justifie l'intérêt d'évaluer leur conformité physico-chimique réglementaire.

Ce travail a pour objectif d'étudier la qualité physico-chimique de 17 marques d'eaux embouteillées commercialisées dans la wilaya d'El Tarf(eaux minérales naturelles et eaux de source), de comparer les résultats obtenus aux informations figurant sur les étiquettes, et de vérifier leur conformité aux normes algériennes en vigueur.

L'étude a été réalisée au laboratoire de contrôle qualité du complexe FERTIAL. Les analyses ont porté sur plusieurs paramètres physico-chimiques, notamment le pH, la conductivité, la dureté, les chlorures, les sulfates, les nitrates, les nitrites, ainsi que les ions calcium, magnésium, sodium et potassium.

Les résultats expérimentaux ont ensuite été comparés aux valeurs indiquées sur les bouteilles et aux limites réglementaires. Les résultats montrent que les eaux analysées présentent globalement et sous réserve, une bonne qualité physico-chimique et restent conformes aux normes algériennes. Cependant, certains écarts notables ont été observés entre les valeurs mesurées et celles mentionnées sur les étiquettes.

Ces résultats confirment l'intérêt d'un contrôle régulier pour assurer la qualité des eaux embouteillées destinées à la consommation.

Mots clés : eau embouteillée, eau minérale naturelle, eau de source, qualité physico-chimique, paramètres, analyse, étiquetage

Abstract

Water is an essential resource for life and human health, and its quality must be monitored to ensure consumer safety. In Algeria, bottled waters occupy an important place in daily consumption, motivating an evaluation of their regulatory physico-chemical compliance.

This study examines the physico-chemical quality of 17 bottled water brands marketed in the wilaya of El Tarf (natural mineral waters and spring waters), compares the results with label information, and checks conformity with current Algerian standards.

Analyses were performed at the quality control laboratory of the FERTIAL complex and covered pH, conductivity, hardness, chlorides, sulfates, nitrates, nitrites, and the ions Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} and K^{+} .

Experimental results compared with the values on the bottles and regulatory limits show overall good physico-chemical quality and compliance with Algerian standards, although some notable discrepancies were observed between measured values and label claims.

These findings confirm the need for regular controls to ensure the reliability of bottled waters intended for consumption.

Keywords : bottled water, natural mineral water, spring water, physico-chemical quality, parameters, analysis, labeling.

الملخص

الماء مورد اساسي للحياة ولصحة الانسان، يجب مراقبة جودته لضمان سلامة المستهلك. في الجزائر، تحتل المياه المعبأة مكانة هامة في الاستهلاك اليومي، مما يستدعي تقييم مطابقتها المعايير التنظيمية الفيزيائية-الكيميائية. يهدف هذا العمل الى دراسة الجودة الفيزيائية-الكيميائية ل 17 علامة تجارية من المياه المعبأة المسوقة في ولاية الطارف (مياه معدنية طبيعية ومياه المنبع)، ومقارنة النتائج بالمعلومات المدونة على الملصقات والتحقق من مطابقتها للمعايير الجزائرية السارية.

اجريت التحاليل في مختبر مراقبة الجودة لمركب FERTIAL و شملت الرقم الهيدروجيني الموصلية العسر(صلابة الماء) الكلوريدات , الكبريتات, النترات, النتريت, ايونات الكالسيوم, المغنيزيوم, الصوديوم, البوتاسيوم.

تمت مقارنة النتائج التجريبية بالقيم المذكورة على الزجاجات والحدود التنظيمية بعد ذلك. تُظهر النتائج أن المياه التي تم تحليلها تتمتع عمومًا، مع بعض الاستثناءات، بجودة فيزيائية-كيميائية جيدة، وتظل متوافقة مع المعايير الجزائرية. ومع ذلك، لوحظت بعض الاختلافات الملحوظة بين القيم المقاسة وتلك المذكورة على الملصقات.

تؤكد هذه الفروقات اهمية اجراء رقابة دورية لضمان موثوقية المياه المعبأة المخصصة للاستهلاك.

الكلمات المفتاحية: المياه المعبأة، المياه المعدنية الطبيعية، مياه منبع، الجودة الفيزيائية الكيميائية، المعايير، التحليل، الملصقات.

Liste des figures

Figure 1 : La molécule d'eau	3
Figure 2 : Répartition de l'eau salée et de l'eau douce sur terre	4
Figure 3 : Cycle de l'eau.....	6
Figure 4 : Le pH-mètre	25
Figure 5 : Le conductimètre	26
Figure 6 : Détermination du titre hydrotimétrique (Dureté de l'eau)	27
Figure 7 : Détermination du titre alcalimétrique (TA)	28
Figure 8 : Détermination du titre alcalimétrique complet (TAC).....	30
Figure 9 : Dosage des chlorures	31
Figure 10 : Dosage des nitrates	32
Figure 11 : Dosage des nitrites	34
Figure 12 : Dosage des sulfates.....	35
Figure 13 : Dosage des cations (Na^+ , K^+).....	36
Figure 14 : Dosage du calcium.....	38
Figure 15 : Eau Ifri-Comparaison des résultats avec l'étiquetage	41
Figure 16 : Eau Youkous-Comparaison des résultats avec l'étiquetage	42
Figure 17 : Eau Manbaa-Coparaision des résultats avec l'étiquetage	43
Figure 18 : Eau Guedila-Coparaision des résultats avec l'étiquetage.....	45
Figure 19 : Eau Lala Khedidja-Comapraision des résultats avec l'étiquetage	46
Figure 20 : Eau Ain Bouglez-Comparaison des résultats avec l'étiquetage	47
Figure 21 : Eau Besbassa-Comparaison des résultats avec l'étiquetage.....	49
FFigure 22 : Eau Righia-Comparaison des résultats avec l'étiquetage	50
Figure 23 : Eau Serine-Comparaison des résultats avec l'étiquetage.....	52
Figure 24 : Eau Taya-Comparaison des résultats avec l'étiquetage.....	53
Figure 25 : Eau Hayat-Comparaison des résultats avec l'étiquetage.....	55
Figure 26 : Eau Ovitale-Comparaison des résultats avec l'étiquetage	56
Figure 27 : Eau Tafrant-Comparaison des résultats avec l'étiquetage.....	57
Figure 28 : Eau Ariaef-Comparaison des résultats avec l'étiquetage	59
Figure 29 : Eau Lala Louiza-Comparaison de srésultats avec l'étiquetage	60
Figure 30 : Eau Djazia-Comparaison des résultats avec l'étiquetage.....	62
Figure 31 : Eau Djemorah-Comparaison des résultats avec l'étiquetage	63
Figure 32 : Résultats de la teneur en sulfates	64

Figure 33 : Résultats de la teneur en chlorures	65
Figure 34 : Résultats de la teneur en nitrates	66
Figure 35 : Résultats de la teneur en nitrites	67
Figure 36 : Résultats de la teneur en potassium	68
Figure 37 : Résultats de la teneur en sodium	69
Figure 38 : Résultats de la teneur en calcium.....	70
Figure 39 : Résultats de la teneur en magnésium.....	71
Figure 40 : Résultats de l'analyse du pH	72
Figure 41 : Résultats de l'analyse de la conductivité.....	73
Figure 42 : Résultats de l'analyse du TAC	74
Figure 43 : Résultats de l'analyse du TH.....	75

Liste des tableaux

Tableau 1 : Comparaison entre différents types d'eaux.....	9
Tableau 2 : Classification des turbidités usuelles (NTU)	10
Tableau 3 : Classification des eaux selon la température.....	11
Tableau 4 : Classification des eaux d'après le pH	11
Tableau 5 : Classification de la dureté de l'eau	12
Tableau 6 : La potabilité de l'eau en fonction du résidu sec	16
Tableau 7 : Résultats des analyses physicochimiques.....	39
Tableau 8 : Résultats des analyses et des valeurs de l'étiquetage de la marque Ifri.....	40
Tableau 9 : Résultats des analyses et des valeurs de l'étiquetage de la marque Youkous	42
Tableau 10 : Résultats des analyses et des valeurs de l'étiquetage de la marque Manbaa	43
Tableau 11 : Résultats des analyses et des valeurs de l'étiquetage de la marque Guedila.....	44
Tableau 12 : Résultats des analyses et des valeurs de l'étiquetage de la marque Lala Khedidja	46
Tableau 13 : Résultats des analyses et des valeurs de l'étiquetage de la marque Ain Bouglez.....	47
Tableau 14 : Résultats des analyses et des valeurs de l'étiquetage de la marque Besbassa	48
Tableau 15 : Résultats des analyses et des valeurs de l'étiquetage de la marque Righia	50
Tableau 16 : Résultats des analyses et des valeurs de l'étiquetage de la marque Serine.....	51
Tableau 17 : Résultats des analyses et des valeurs de l'étiquetage de la marque Taya	53
Tableau 18 : Résultats des analyses et des valeurs de l'étiquetage de la marque Hayat	54
Tableau 19 : Résultats des analyses et des valeurs de l'étiquetage de la marque Ovitale	56
Tableau 20 : Résultats des analyses et des valeurs de l'étiquetage de la marque Tafrant.....	57
Tableau 21 : Résultats des analyses et des valeurs de l'étiquetage de la marque Ariaia.....	58
Tableau 22 : Résultats des analyses et des valeurs de l'étiquetage de la marque Lala Louiza	60
Tableau 23 : Résultats des analyses et des valeurs de l'étiquetage de la marque Djazia.....	61
Tableau 24 : Résultats des analyses et des valeurs de l'étiquetage de la marque Djemorah	63
Tableau 25 : Classification des eaux selon la dureté.....	77

Liste des abréviations

% : Pourcentage

FAO : Food and Agriculture Organization

ISO : International Standards Organization

JORA : Journal officiel de la république algérienne

L : Litre

EDTA : Acide éthylène diamine tétra-acétique

Mg : Milligramme

NaCl : Chlorure de sodium

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

T° : Température

V : Volume

WHO : World Health Organization

SARL : Société à responsabilité limitée

μS : Micro siemens

PET : Polyéthylène téréphtalate

Résumé	I
Abstract	II
الملخص	III
Liste des figures	IV
Liste des tableaux	VI
Liste des abréviations	VII
Table des matières	Erreur ! Signet non défini.

Table des matières

Introduction	1
--------------------	---

Chapitre 1 : Synthèse bibliographique

1 Généralités sur l'eau	3
1.1 L'eau	3
1.1.1 Répartition sur terre	3
1.1.2 Cycle de l'eau	5
1.1.3 Importance de l'eau	6
1.1.3.1 Importance de l'eau dans l'agriculture	6
1.1.3.2 Importance de l'eau dans l'industrie	6
1.1.3.3 Importance de l'eau dans l'organisme humain	7
1.2 Eau potable - Eau de consommation	7
1.2.1 Les différents types d'eau potable	8
1.2.1.1 2.1.1 L'eau du robinet	8
1.2.1.2 L'eau minérale naturelle	8
1.2.1.3 l'eau de source	9
1.3 Qualité de l'eau de consommation	10
1.3.1 Qualité organoleptique	10
1.3.1.1 La couleur	10
1.3.1.2 L'odeur	10
1.3.1.3 Le goût et saveur	10
1.3.1.4 La turbidité	10
1.3.2 Qualité physico-chimique	11
1.3.2.1 Paramètre physique	11
1.3.2.1.1 La température	11
1.3.2.1.2 Le Potentiel Hydrogène (pH)	11

1.3.2.1.3	La conductivité.....	12
1.3.2.1.4	La dureté.....	12
1.3.2.2	paramètre chimique	12
1.3.2.2.1	Les chlorures	12
1.3.2.2.2	Les sulfates.....	13
1.3.2.2.3	Les nitrates	13
1.3.2.2.4	Les nitrites.....	13
1.3.2.2.5	L'alcalinité.....	13
1.3.2.2.6	Les carbonates.....	14
1.3.2.2.7	Les bicarbonates.....	14
1.3.2.2.8	Le calcium.....	15
1.3.2.2.9	Le sodium.....	15
1.3.2.2.10	Le potassium	15
1.3.2.2.11	Le magnésium	15
1.3.2.2.12	Le résidu sec.....	16
1.3.2.2.13	Arsenic	16
1.3.2.2.14	Cadmium.....	16
1.3.2.2.15	Plomb	17
1.3.2.2.16	Cyanure	17
1.3.2.2.17	Chrome total.....	17
1.3.2.2.18	Mercure	18
1.3.2.2.19	Sélénium.....	18
1.3.2.2.20	Hydrocarbures polycycliques aromatiques (HAP).....	18
1.3.3	Qualité microbiologique.....	18
1.3.3.1	Germes aérobies revivifiables	18
1.3.3.2	Coliformes totaux	19
1.3.3.3	Coliformes fécaux (thermotolérants).....	19
1.3.3.4	Clostridium sulfito-réducteurs	19
1.3.3.5	Entérocoques (groupe D)	20

Chapitre 2 : Partie pratique

Matériel et méthodes

2	Matériel et méthodes.....	21
2.1	Analyses physico-chimiques	24
2.1.1	Détermination du potentiel hydrogène (pH)	24
2.1.2	Détermination de la conductivité	25

2.1.3	Détermination de la dureté – Titre hydrotimétrique (TH).....	26
2.1.4	Détermination du titre alcalimétrique (TA).....	27
2.1.5	Détermination du titre alcalimétrique complet (TAC)	29
2.1.6	Dosages des chlorures	30
2.1.7	Dosage des nitrates (NO_3^-)	31
2.1.8	Dosage des nitrites (NO_2^-)	33
2.1.9	Dosage des sulfates (SO_4^{2-})	34
2.1.10	Détermination des cation (Na^+ , K^+)	35
2.1.11	Dosage du calcium	37
2.1.12	Dosage du Magnésium	38

Résultats et discussion

3	Résultats et discussion	39
3.1	Composition chimique.....	40
3.1.1	Comparaison des résultats des analyses avec les valeurs des étiquetages	40
3.1.1.1	Eau Ifri.....	40
3.1.1.2	Eau Youkous.....	41
3.1.1.3	Eau Manbaa.....	43
3.1.1.4	Eau Guédila	44
3.1.1.5	Eau Lala Khedidja.....	45
3.1.1.6	Eau Ain Bouglez.....	47
3.1.1.7	Eau Besbassa	48
3.1.1.8	Eau Righia	49
3.1.1.9	Eau Serine	51
3.1.1.10	Eau Taya	52
3.1.1.11	Eau Hayat	54
3.1.1.12	Eau Ovitale.....	55
3.1.1.13	Eau Tafrant	57
3.1.1.14	Eau Aryef.....	58
3.1.1.15	Eau Lala Louiza	59
3.1.1.16	Eau Djazia	61
3.1.1.17	Eau Djemorah.....	62
3.2	Composition physicochimique	64
3.2.1	Sulfates	64
3.2.2	Les chlorure.....	65
3.2.3	Les nitrates	66

3.2.4	Les nitrites	67
3.2.5	Le potassium	68
3.2.6	Le sodium	69
3.2.7	Le calcium	70
3.2.8	Le magnésium	71
3.2.9	Le potentiel hydrogène (pH)	72
3.2.10	La conductivité électrique	72
3.2.11	Le titre Alcalimétrique Complet (TAC)	73
3.2.12	Le titre Hydrotimétrique.....	74
3.2.13	Le titre alcalimétrique (TA).....	75
3.3	Classification selon la composition ionique	75
3.4	Classification selon la dureté ou titre hydrotimétrique (TH).....	76
Conclusion.....		78
Références bibliographiques		80
Annexes		

Introduction

Introduction

L'eau constitue un élément essentiel à la vie des êtres vivants, en particulier celle de l'homme et des animaux. La disponibilité d'une quantité suffisante d'eau de bonne qualité contribue au maintien de la santé publique (Tamungang et al., 2016).

L'eau est un pilier de la vie biologique non seulement elle agit comme un nutriment indispensable, mais elle joue aussi un rôle clé dans des fonctions physiologiques essentielles, telles que la digestion, l'absorption des nutriments, la régulation thermique et l'élimination des déchets (Kirkpatrick et Fleming, 2008). Sans cette molécule à la fois simple et vitale, la vie sur Terre n'aurait jamais pu émerger, ce qui en fait un bien précieux à protéger pour les générations futures (Henri, 2012).

L'eau est au cœur de la vie dans n'importe quel écosystème (Tampo et al., 2015). On ne peut pas ignorer sa qualité quand nos besoins en eau explosent de toutes parts (Foto et al., 2011). Elle booste le développement socio-économique, que ce soit au niveau local, régional ou national. Dans les zones arides ou semi-arides, c'est carrément vital : sans elle, pas d'activités humaines, économiques ou sociales viables.

L'eau potable protège contre les maladies de l'eau. Il faut la vérifier bien : pas de produits chimiques mauvais, ni de microbes qui font du mal à la santé (Coulibaly, 2005).

L'eau du robinet subit probablement les contrôles sanitaires les plus stricts et les plus fréquents de tous les produits alimentaires. Pourtant, certains s'en méfient à cause de sa qualité présumée ou de ce goût de chlore qui dérange, et préfèrent les bouteilles. D'autres lui font totalement confiance, mais optent pour l'eau en bouteille pour des raisons de goût – liée à une forte teneur en minéraux chez certaines marques –, de commodité ou de mode. Bien sûr, la sécurité sanitaire et les potentiels bienfaits pour la santé pèsent encore lourd dans la balance. (Chocat et al., 2015). Aujourd'hui, la consommation d'eau minérale embouteillée connaît une croissance spectaculaire dans la vie quotidienne des consommateurs, au détriment de l'eau du robinet, avec une augmentation notable au niveau mondial. Plusieurs facteurs expliquent ce phénomène, mais les vertus thérapeutiques et les qualités organoleptiques des eaux embouteillées sont les motifs les plus souvent invoqués par les consommateurs (Farch, 2017).

L'étude physico-chimique des eaux en Algérie examine les propriétés physiques et chimiques des eaux pour la consommation : eaux minérales naturelles, eaux de source ou eau du robinet. Elle mesure les ions principaux (calcium, magnésium, sodium, potassium, bicarbonates, sulfates, chlorures), la minéralisation totale, le pH, la conductivité, et repère les polluants

humains. Ces infos servent à classer les eaux, vérifier les normes nationales et internationales, garantir leur sécurité sanitaire, et guider leur usage (maison, industrie, agriculture).

Pour ce suivi de la qualité des eaux embouteillées, notre travail s'est déroulé au Laboratoire de contrôle du complexe **FERTIAL**. Pour cette étude, On a choisi au hasard 17 marques d'eaux en bouteille, vendues dans la wilaya **d'El-Tarf**.

Ce mémoire se divise en deux grandes parties. Première partie :

- Une première partie, qui est une synthèse biobibliographie sur l'eau en général, regroupant des données théoriques son origine, ses sources, les critères de sa potabilité, avec un focus sur ses paramètres physico-chimiques.
- Une deuxième partie, qui est l'étude expérimentale, divisée en deux axes :

La vérification de la stabilité de la composition chimique des eaux minérales naturelles et les eaux de source analysées, par une comparaison des résultats de nos analyses, avec les données des étiquetages des bouteilles.

Le contrôle de la conformité des paramètres mesurés, avec les normes algériennes citées les journaux officiels de la république algérienne (JORA).

Chapitre 1

Synthèse bibliographique

1 Généralités sur l'eau

1.1 L'eau

La molécule d'eau est un composé chimique formé de deux atomes d'hydrogène et d'un seul atome d'oxygène, de formule H_2O (Figure 1). Elle présente une liaison covalente polaire, dans laquelle l'atome d'oxygène porte une charge partielle négative, tandis que les atomes d'hydrogène portent une charge partielle positive. Cette polarité est à l'origine de propriétés spécifiques de l'eau, comme une tension superficielle élevée et une grande capacité à dissoudre de nombreuses substances (Chang, 2005).

À l'état pur, l'eau est un liquide transparent, incolore, inodore et insipide, à température ambiante et sous pression atmosphérique normale. Elle se congèle à $0^{\circ}C$ et bout à $100^{\circ}C$ lorsque la pression est égale à la pression atmosphérique standard (Atkins et De Paula, 2010). L'eau constitue le principal composant de la matière vivante, représentant environ 60 à 70 % du poids du corps humain. Elle joue le rôle de milieu dans lequel se déroulent les réactions biochimiques et participe aux processus métaboliques, à la digestion ainsi qu'au transport des nutriments (Alberts et al., 2015).



Figure 1 : La molécule d'eau

(Benoît, 2021)

1.1.1 Répartition sur terre

L'hydrosphère est une couche aqueuse qui englobe notre planète et qui recouvre environ 75 % de la surface terrestre. Elle regroupe l'ensemble des eaux présentes sur Terre. Essentielle au

maintien de la vie, l'eau se métamorphose et se déplace selon un cycle complexe. (Fig.2).

L'hydrosphère englobe l'ensemble des eaux terrestres, qu'elles soient souterraines ou en surface, et ce, sous leurs trois états : solide, liquide et gazeux.

L'eau salée est de loin la plus abondante, tandis que l'eau douce ne représente qu'une petite fraction. (Decrouy, 2023).

Environ 97,6 % de l'eau mondiale est située dans les mers et les océans. Le dessalement, un processus qui sépare le sel de l'eau, a un coût élevé, limitant le nombre d'usines de traitement à l'échelle mondiale (Decrouy, 2023).

Par contre, la faible quantité d'eau douce disponible sur Terre, représente 2,4 % du total, dont seule une petite partie est directement utilisable et potable.

En effet, on estime que :

- 1,9 % est immobilisée dans les glaciers et les calottes glaciaires.
- 0,5 % se trouve dans les nappes phréatiques.
- 0,02 % est présente dans les eaux de surface (lacs, fleuves...).
- 0,01 % est retenue dans les sols.
- 0,001 % est contenue dans l'atmosphère.
- Une quantité encore plus petite compose les organismes vivants.

D'après des sources officielles, environ 0,025 % de l'eau terrestre est potable. L'accès à cette ressource et à l'hygiène qui s'y rapporte est un droit humain fondamental, essentiel à la dignité. (Decrouy, 2023).

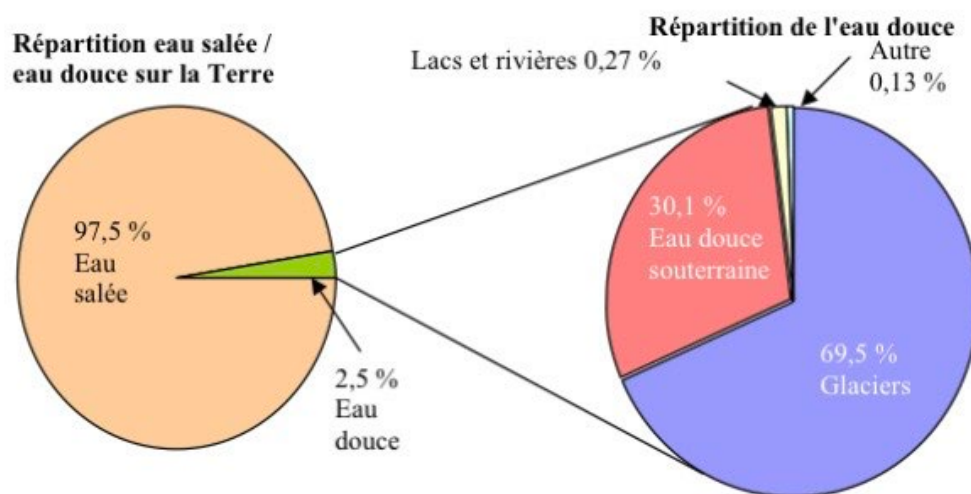


Figure 2 : Répartition de l'eau salée et de l'eau douce sur terre
(Source : Mortel, 2007 -HAL Open Science)

1.1.2 Cycle de l'eau

Le cycle de l'eau regroupe l'ensemble des échanges d'eau – sous ses formes liquide, solide ou gazeuse, entre les grands réservoirs terrestres : océans, atmosphère, rivières, lacs, glaciers et nappes phréatiques. Ce cycle biogéochimique, clos en boucle, maintient une quantité totale d'eau invariante sur Terre, depuis des milliards d'années. Les mers ne débordent pas, les sources ne s'épuisent pas à l'échelle géologique. Cette harmonie parfaite est si totale qu'on la néglige souvent. Seule varie sa répartition entre les réservoirs (Julien, 2026).

L'eau change d'état et se déplace sans cesse entre l'atmosphère, la surface terrestre et le sous-sol, un processus que l'on nomme communément le cycle de l'eau (Figure 3).

L'eau subit des transformations d'état, passant de la phase gazeuse à la phase liquide ou solide, tout au long de son cycle naturel. Néanmoins, la quantité globale d'eau sur Terre est restée constante depuis des temps immémoriaux. (Zouag et Belhadj, 2017).

Le cycle est alimenté par le soleil, dont l'énergie provoque les changements d'état de l'eau, comme la formation et la fonte des glaces, ou l'évaporation suivie de l'ascension dans l'atmosphère. (Adjelane et Bourebaa, 2018).

Le cycle de vie passe par les cinq étapes suivantes :

- ❖ **Évaporation et transpiration** : Evaporation des océans, lacs, rivières et sols humides, et évapotranspiration des sols et plantes (L'USGS, 2023)
- ❖ **Condensation** : La vapeur se condense, pour former des gouttelettes (5-15 μm), qui s'agrègent en nuages (centaines de tonnes d'eau par cumulus).
- ❖ **Précipitations** : Les gouttelettes coalescent e tombent par gravité, sous forme de : Pluie ($> 0,5 \text{ mm}$), neige (cristaux de glace), grêle (cycles de congélation) et bruine ($< 0,5 \text{ mm}$), avec un total mondial de 505 000 km^3/an , dont 80% tombent sur les océans.
- ❖ **Ruissellement** : L'eau s'écoule en surface et alimente, ainsi, le réseau hydrographique (ruisseaux $\rightarrow$ fleuves $\rightarrow$ océans).
- ❖ **Infiltration et nappes souterraines** : L'eau pénètre le sol, traverse la zone vadose (captée partiellement par plantes), rejoint les nappes phréatiques (10,6 millions km^3 d'eau douce mondiale (Ministère Transition écologique, 2023). L'eau peut résider jusqu'à 10 000 ans, dans les nappes profondes) (Julien, 2026).

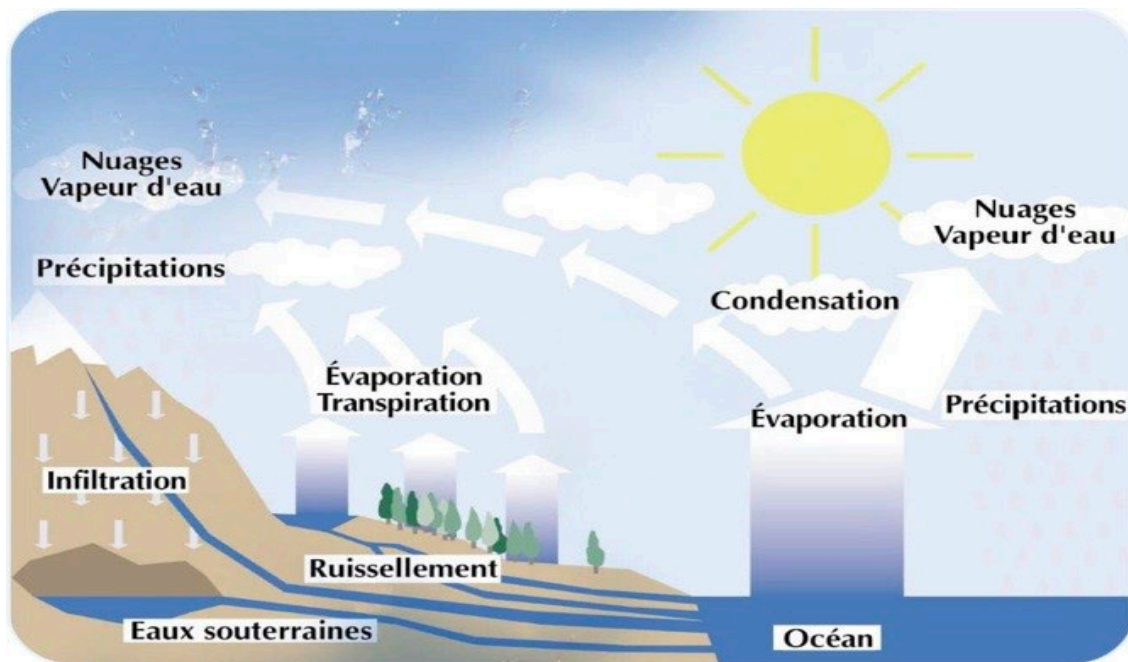


Figure 3 : Cycle de l'eau
(CIEAU, 2023)

1.1.3 Importance de l'eau

1.1.3.1 Importance de l'eau dans l'agriculture

Depuis toujours, l'agriculture enregistre la plus grande consommation d'eau, puisqu'elle utilise, environ 70% des prélèvements mondiaux aujourd'hui. Les 30% qui restent servent aux besoins domestiques, municipaux et industriels.

Cette répartition n'est pas figée, elle dépend du climat et du niveau économique des pays. Par exemple, les nations industrialisées et tempérées consacrent une part bien moindre de leur eau à l'agriculture, comparé aux pays en développement dans des zones tropicales sèches. Dans certains endroits arides et pauvres, l'agriculture peut carrément pomper plus de 90% de l'eau disponible, contre 30% dans les pays riches. En général, la façon, dont l'eau est utilisée, reflète le développement d'un pays : à mesure que l'économie décolle, la part agricole diminue, pour laisser place à l'industrie et aux usages quotidiens. En agriculture, l'eau va surtout à l'irrigation des terres cultivables. (FAO, 1996).

1.1.3.2 Importance de l'eau dans l'industrie

Dans le monde de l'agroalimentaire, l'eau sert d'ingrédient de base, de solvant, de nettoyant, de moyen de tri, de refroidissement ou même de transport des matières.

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, avec un goût et une odeur neutres. La quantité d'eau nécessaire change, complètement, selon le type d'aliment fabriqué et les techniques utilisées.

Pour les industries électronique, médicale et biotechnologique nécessitent une eau ultra-pure (Cheret, 2017)

En industrie l'usage de l'eau peut être réalisé en circuit ouvert, ou semi-ouvert, et la même eau peut être utilisée, pour un seul usage ou plusieurs usages, avec recyclage et/ou cascade, en respectant les qualités requises, pour chaque usage par des reconditionnements intermédiaires (Roustan et Grasmick, 2017)

1.1.3.3 Importance de l'eau dans l'organisme humain

L'eau est le composant principal du corps humain. Elle est présente partout : dans tous les organes, à l'intérieur des cellules et dans les espaces intercellulaires. Elle assure de nombreuses fonctions essentielles, comme le transport des nutriments, des enzymes et des hormones en tant que solvant, l'élimination des déchets métaboliques, l'hydratation des tissus et de la peau, la régulation de la température corporelle, la participation aux réactions biochimiques et à la régulation du métabolisme cellulaire, ou encore la facilitation de la digestion. (Société Suisse de Nutrition, 2022)

Dans le corps, sa répartition n'est pas uniforme : les liquides corporels (hors sang) en contiennent plus de 95%, les tissus environ 80% et le squelette jusqu'à 22%.

L'eau sous forme liquide est la seule substance capable de dissoudre les nutriments pour les acheminer jusqu'aux cellules, tout en éliminant les déchets métaboliques et les impuretés. L'eau doit être disponible en quantités suffisantes et doit aussi être saine et pure, car elle reste le principal vecteur de transmission des maladies. (Frantzy, 2017)

1.2 Eau potable - Eau de consommation

L'eau potable, est l'eau qui provient, directement, des nappes souterraines. Elle est naturellement pure sur le plan microbien et protégée de toute pollution, sans ajout ni traitement hormis ceux autorisés spécifiquement pour ce type d'eau (JORA, 2004). Elle doit répondre à des critères normatifs précis, sur le plan organoleptique, physique, chimique et biologique, déterminant sa salubrité et son innocuité.

L'eau potable doit être, totalement, sûre pour la consommation humaine, les besoins ménagers ou industriels, sans danger pour la santé. On la trouve en bouteilles (eau minérale, de source,

plate ou pétillante), au robinet via le réseau public, ou en citernes pour l'industrie. (Beaulieu, 2019).

Cette eau doit être incolore. La couleur de l'eau provient souvent de matières organiques, de fer, de manganèse ou de rejets industriels colorés. Cette couleur conditionne l'acceptabilité de l'eau, par les consommateurs, même si elle n'est pas toujours corrélée à un danger sanitaire (FNS, 2013).

Elle doit, aussi, être inodore, car la présence d'une odeur est, généralement, un signe de pollution ou de dégradation de matières organiques, qui sont, parfois, à des concentrations trop faibles pour être détectées en laboratoire. Seul le nez humain la perçoit (Rodier, 2009).

Le goût de l'eau potable, quant à lui, est le résultat de la quantité des minéraux qui y sont dissous. Une eau ayant une concentration élevée en minéraux (calcium, magnésium ou sulfates) présente un goût amer ou salé, tandis qu'une eau distillée présente, toujours, un goût fade (Illucs, 2025)

1.2.1 Les différents types d'eau potable

1.2.1.1 2.1.1 L'eau du robinet

L'eau du robinet tire 62% de son approvisionnement des eaux souterraines (nappes superficielles et profondes), le reste (38%) venant des eaux de surface comme les torrents, rivières ou lacs. Ces dernières passent par une série de traitements avant d'atteindre les foyers, ce qui n'est pas le cas des eaux minérales naturelles ou de source. Le processus d'exploitation comprend : le captage, le dégrillage, la décantation via floculation-coagulation, la filtration sur sable, l'ozonation, puis une nouvelle filtration et la chloration. Pour être potable, elle doit être débarrassée de toute pollution chimique (métaux lourds, pesticides, etc.) et microbiologique (bactéries, virus, etc.). Elle doit par ailleurs satisfaire des normes précises en termes physico-chimiques (pH, température, teneur en minéraux, etc.), organoleptiques et microbiologiques, selon les standards nationaux à travers le monde. (Beaulieu, 2019) ; (Cieau, 2017)

1.2.1.2 L'eau minérale naturelle

L'eau minérale naturelle diffère de l'eau de boisson standard parce que :

- Sa composition se singularise par une certaine quantité de sels minéraux, leurs proportions, et la présence d'oligo-éléments.
- Elle provient directement de sources souterraines, naturelles ou par forage, avec des mesures prises pour éviter toute pollution.
- Sa composition, son débit et sa température restent stables, en tenant compte des variations naturelles.
- Son captage assure la pureté microbiologique et chimique de ses composants essentiels.

- Son conditionnement se fait près de la source avec une hygiène rigoureuse.
- Elle ne subit que les traitements permis par cette norme. (Codex Alimentarius Commission, 1981).

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)

1.2.1.3 l'eau de source

Selon la législation algérienne, l'eau de source provient exclusivement de nappes souterraines. Elle est microbiologiquement saine et protégée contre tout risque de pollution. (JORA, 2004). Les principales différences entre les eaux minérales naturelles, les eaux de source et l'eau du robinet (tableau 1)

Tableau 1 : Comparaison entre différents types d'eaux
(Frick et al., 2003)

	Eau de robinet	Eau de source	Eau minérale naturelle
Origine	Multiples : lacs, rivières, nappes phréatiques... etc.	Souterraines	Souterraines
Protection naturelle	/	Obligatoire	Obligatoire
Traitements chimiques	Traitements de potabilisation (plus désinfection chimique pour transport)	Aucun traitement de potabilisation	Aucun traitement de potabilisation
Composition minérale	Variable	Pas nécessairement stable	Obligatoirement stable
Effet reconnu sur la santé	/	/	Effet favorable à la santé, reconnu par l'Académie de médecine

1.3 Qualité de l'eau de consommation

1.3.1 Qualité organoleptique

Les caractéristiques organoleptiques de l'eau potable, comme la couleur, l'odeur, le goût et la turbidité, sont essentielles, puisqu'elles influencent l'acceptabilité de l'eau par le consommateur et peuvent indiquer des problèmes de salubrité.

1.3.1.1 La couleur

La coloration d'une eau est qualifiée de vraie lorsqu'elle provient uniquement des éléments dissous. Par contre, elle est dite apparente si des particules en suspension contribuent aussi à la couleur. Dans les eaux claires avec peu de matières en suspension, les colorations vraie et apparente sont similaires. (Rodier, 2005).

L'eau de consommation (potable) doit être incolore. La couleur de l'eau provient souvent de matières organiques, de fer, de manganèse ou de rejets industriels colorés. Cette couleur conditionne l'acceptabilité de l'eau, par les consommateurs, même si elle n'est pas toujours corrélée à un danger sanitaire (FNS, 2013).

1.3.1.2 L'odeur

Elle doit, aussi, être inodore, car la présence d'une odeur est, généralement, un signe de pollution ou de décomposition de matières organiques, qui sont, parfois, à des concentrations trop faibles pour être détectées en laboratoire. Seul le nez humain la perçoit (Rodier, 2009).

1.3.1.3 Le goût et saveur

Le goût est le résultat de la quantité des minéraux qui sont dissous. Une eau ayant une concentration élevée en minéraux (calcium, magnésium ou sulfates) présente un goût amer ou salé, tandis qu'une eau distillée présente, toujours, un goût fade (Illucs, 2025)

1.3.1.4 La turbidité

La turbidité mesure le niveau d'opacité de l'eau, dû à la présence de particules comme les sédiments, l'argile, le plancton ou les micro-organismes. Une turbidité élevée peut nuire à la désinfection et présenter un danger pour la santé. Une turbidité faible assure un traitement efficace et une eau potable saine. (Rodier, 2005 ; OMS, 2017). (Tableau 2)

Tableau 2 : Classification des turbidités usuelles (NTU) (Joël, 2003)

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

1.3.2 Qualité physico-chimique

1.3.2.1 Paramètre physique

1.3.2.1.1 La température

La température de l'eau influence de manière significative les propriétés chimiques, physiques et les réactions biologiques. (Dovonou, et al., 2023)

Il est nécessaire de connaître la température de l'eau avec précision, car celle-ci affecte la solubilité des sels et des gaz, ainsi que la dissociation des sels dissous et, par conséquent, la conductivité électrique. (Rodier, 2005) (Tableau 3).

Tableau 3 : Classification des eaux selon la température (Hamel, 2013).

Température (°C)	Type d'eau
$T < 30$	Minérale, source
$20 < T < 30$	Mésothermale
$30 < T < 50$	Thermale
$T < 50$	Hyperthermale

1.3.2.1.2 Le Potentiel Hydrogène (pH)

C'est une mesure de l'activité des ions H^+ et OH^- contenus dans une eau. Ce paramètre reflète la concentration d'ions hydrogène (H^+) dans l'eau (Rejseck, 2002). (Tableau 4).

Tableau 4 : Classification des eaux d'après le pH (Krida, 1997)

pH < 5	Présence d'acides minéraux ou organiques dans l'eau naturelle
pH = 7	pH neutre
$7 < \text{pH} < 8$	Neutralité approchée => majorité des eaux de surface
$5,5 < \text{pH} < 8$	Eaux souterraines
pH = 8	Alcalinité forte

1.3.2.1.3 La conductivité

La conductivité électrique correspond à la capacité de l'eau à conduire le courant électrique. L'eau pure est un isolant et offre une forte résistance au passage de l'électricité, contrairement à l'eau contenant des sels minéraux naturels tels que le sodium, le magnésium, le potassium et le calcium. (IBGE, 2005).

Pour les eaux, l'unité employée est le micro siemens par centimètre : $1\text{S/cm} = 10^6 \mu\text{S/cm}$. La mesure de la conductivité permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau, sa valeur est comprise entre 50 et 1500 $\mu\text{S/cm}$ pour les eaux naturelles.

1.3.2.1.4 La dureté

La dureté d'une eau, ou titre hydrotimétrique, permet de classer les eaux, se rapportant à la concentration totale de cations métalliques comme le calcium, le magnésium, l'aluminium, le fer et le strontium. Le calcium (Ca^{2+}) et le magnésium (Mg^{2+}) sont souvent les plus présents. Étant donné que le calcium est très courant, il sert d'indicateur fiable de la dureté de l'eau (Hamed et al., 2012)

La dureté de l'eau s'exprime en milli équivalents de concentration en carbonates de calcium (CaCO_3). Elle est, aussi, très souvent donnée en degrés Français ($^\circ\text{f}$) (Tableau 5)

Tableau 5 : Classification de la dureté de l'eau

Dureté de l'eau ($^\circ\text{f}$)	Classification
< 8 $^\circ\text{f}$	Très douce
Entre 8 et 15 $^\circ\text{f}$	Douce
Entre 15 et 30 $^\circ\text{f}$	Dure
> 30 $^\circ\text{f}$	Très dure

1.3.2.2 Paramètre chimique

1.3.2.2.1 Les chlorures

Le chlore est un gaz à l'état naturel, mais sous forme d'ion chlorure (Cl^-), c'est un oligo-élément clé présent dans les aliments et le corps, surtout via le sel (chlorure de sodium, NaCl). Il maintient l'équilibre hydrique en régulant la pression osmotique entre cellules et liquides

extracellulaires, aide à la digestion en formant l'acide chlorhydrique gastrique, et assure l'équilibre acido-basique du sang ainsi que le transport du CO₂. (Daine, 2017).

Selon les normes de qualité de l'eau potable, la concentration maximale recommandée pour les chlorures est généralement de 250 mg/L. Une consommation excessive peut entraîner des problèmes de santé, tels que l'hypertension ou des déséquilibres électrolytiques. (OMS, 2017)

1.3.2.2.2 Les sulfates

Les sulfates (SO₄²⁻) (sels ou esters de l'acide sulfurique) sont des ions naturellement présents dans l'environnement, surtout quand l'eau traverse des terrains riches en gypse par ruissellement ou infiltration. Ils font partie intégrante du cycle naturel du soufre dans la nature. Leur concentration maximale recommandée, dans l'eau de boisson, est généralement de 250 mg/L

Sur le plan santé, les sulfates facilitent la digestion et agissent même comme laxatif doux, en quantités modérées. Mais une consommation excessive peut provoquer des troubles digestifs, notamment, des diarrhées, des crampes abdominales et une déshydratation, particulièrement chez les enfants ou les personnes sensibles. (OMS, 2017)

1.3.2.2.3 Les nitrates

La présence des nitrates dans l'eau est due au lessivage des sols azotés, à la décomposition de matières organiques (fumiers naturels) ou aux engrais chimiques agricoles qui s'infiltrant dans les sols. Dans l'eau de boisson, la concentration maximale recommandée est de 50 mg/L

A des niveaux modérés, les nitrates jouent un rôle bénéfique dans l'organisme, par la régulation de la pression artérielle et la santé cardiovasculaire (production d'oxyde nitrique (NO)). 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 cancérogènes) et la méthémoglobinémie, chez les nourrissons ou "syndrome du bébé bleu" (Samake, 2002 ; OMS, 2017)

1.3.2.2.4 Les nitrites

Les nitrites (NO₂⁻), instables et issus de la réduction des nitrates, dégradent la qualité de l'eau en quantités élevées et posent des risques pour la santé humaine (**Belghiti et al., 2013**).

la concentration maximale recommandée pour les nitrites est de 0,5 mg/l, voire abaissée à 0,1 mg/l (Annexe1)

Une consommation excessive de nitrites peut conduire à la formation de nitrosamines cancérogènes (estomac/colorectal), de la méthémoglobinémie chez les nourrissons(OMS, 2017) et de troubles thyroïdiens. (Akatumbila L. et al., 2016).

1.3.2.2.5 L'alcalinité

L'alcalinité mesure la capacité de l'eau à neutraliser l'acidité (ions H⁺), grâce surtout aux

bicarbonates (HCO_3^-), carbonates (CO_3^{2-}) et hydroxyde (OH^-). Elle est influencée par les rejets urbains (phosphates, ammoniacale, organiques) ou industriels. (Rejsek, 2002).

- **Titre alcalimétrique (TA) :** Il exprime la teneur en carbonates et correspond à la somme des concentrations des ions carbonates (CO_3^{2-}) et hydroxydes (OH^-) (Rodier et al., 2009).

$$\text{TA} = [\text{OH}^-] + 1/2 [\text{CO}_3^{2-}]$$

- **Titre alcalimétrique complet (TAC) :** Ce paramètre indique l'alcalinité globale de l'eau en mesurant les ions hydroxyde (OH^-), carbonate (CO_3^{2-}) et bicarbonate (HCO_3^-) (Lefevre et al., 2020). Il représente la somme des ions basiques (Rodier et al., 2009).

$$\text{TAC} = [\text{OH}^-] + [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{HCO}_3^-]$$

L'alcalinité 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 de l'eau favorise la digestion et réduit l'acidité gastrique, alors qu'une alcalinité trop élevée donne un goût désagréable à l'eau (OMS, 2017)

1.3.2.2.6 Les carbonates

Les ions carbonate proviennent de la réaction entre le dioxyde de carbone (CO_2) dissous dans l'eau (H_2O), qui forme l'acide carbonique (H_2CO_3), puis se dissocie en ions bicarbonate (HCO_3^-) et en ions carbonate (CO_3^{2-}) (Grandjean, 2013).

Les carbonates jouent un rôle bénéfique pour la santé en participant au maintien de l'équilibre acido-basique sanguin, en facilitant la digestion par neutralisation des acides gastriques et en soutenant la minéralisation osseuse. En revanche, des concentrations élevées (> 300 mg/l) (l'OMS, 2017) peuvent entraîner une alcalose métabolique (nausées, troubles neurologiques), des irritations digestives, une altération du goût de l'eau et un risque accru de formation de dépôts calcaires rénaux.

1.3.2.2.7 Les bicarbonates

Les bicarbonates (HCO_3^-) se forment quand le CO_2 de l'air se dissout dans l'eau des sources naturelles, augmentant les gazs dissous et donnant cet effet légèrement pétillant à certaines eaux.

Pour les bicarbonates, il n'existe pas de norme spécifique, 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. Aux concentrations recommandées, les bicarbonates ne constituent pas un risque direct, sur la santé humaine (OMS, 2017)

1.3.2.2.8 Le calcium

Le calcium est le minéral roi de notre corps (1-2% du poids total, 99% stocké dans les os). Il prévient l'ostéoporose, en assurant la solidité osseuse et dentaire. Il déclenche les contractions musculaires et les signaux nerveux, coagule le sang, active les hormones/enzymes et permet la communication cellulaire. Son taux sanguin est finement régulé via les réserves osseuses, l'absorption intestinale (boostée par vitamine D) et l'excrétion rénale (ANSES, 2022).

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.

1.3.2.2.9 Le sodium

Dans l'eau, le sodium se présente souvent comme du chlorure de sodium (NaCl, le sel courant) et aide à contrôler la pression osmotique ainsi que le volume des liquides autour des cellules. Il est vital pour envoyer les signaux nerveux et faire contracter les muscles, en plus de booster l'absorption dans l'intestin du chlore, des acides aminés, du sucre et de l'eau, et leur recyclage par les reins. L'excès file par les urines ou la sueur ; par contre, un manque sévère peut causer des gonflements au cerveau, des nausées, des malaises, une perte de conscience voire des crises. (ANSES, 2025).

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 (OMS, 2017).

1.3.2.2.10 Le potassium

Le potassium est indispensable pour équilibrer les liquides dans le corps, assurer la transmission nerveuse et la contraction musculaire et réguler le rythme cardiaque. La carence provoque vomissements, diarrhées, déséquilibres hormonaux, fatigue, crampes musculaires, spasmes et risque cardiaque grave (James L. Lewis III, 2025).

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 (OMS, 2017).

1.3.2.2.11 Le magnésium

Le magnésium, c'est un minéral clé pour les muscles, les os et les nerfs. Une consommation adéquate de magnésium, y compris via l'eau, peut aider à prévenir les troubles de carences, tels que les crampes musculaires, la fatigue et les maladies cardiovasculaires, tout en soutenant le système immunitaire et la régulation du glucose

Pour contribuer à l'apport quotidien recommandé, l'OMS suggère une concentration optimale se situe entre 10 et 30 mg/L, avec un maximum de 50 mg/l (Gbohaida et al., 2016 ; OMS, 2017)

1.3.2.2.12 Le résidu sec

Le résidu à sec (RS) est l'indicateur de la minéralisation des eaux, car il mesure tous les minéraux et matières organiques dissous dans l'eau, après évaporation. Il dépend de la géologie locale et du climat.avec

L'eau présentant une minéralisation modérée est bénéfique pour la santé osseuse et cardiovasculaire (le magnésium régulant la tension artérielle), par contre une concentration minérale trop élevée, dans l'eau, peut provoquer l'hypertension, des dangers pour les bébés (nitrates) et des problèmes rénaux (formations des calculs rénaux) chez certaines personnes. (Graziati, 2024).

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 (OMS, 2017) (Tableau 6)

Tableau 6 : La potabilité de l'eau en fonction du résidu sec (Rodier, 2005)

Résidus sec	Potabilité
RS< 500	Bonne
500 < RS< 1000	Passable
3000 < RS< 4000	Mauvaise

L'eau peut, aussi contenir des substances toxiques. Il s'agit des métaux lourds, contenus dans l'eau de boisson, qui ne peuvent être dégradés, ni biologiquement, ni chimiquement. Leur présence, à des taux dépassant les normes fixées, révèle une pollution engendrée par les secteurs industriel, agricole et domestique et présente des risques d'exposition potentiels graves, à l'origine de cancers et de troubles neurologiques (OMS, 2010).

Parmi les métaux lourds toxiques dans l'eau, on cite :

1.3.2.2.13 Arsenic

L'arsenic est naturellement présent dans la croûte terrestre, l'air, l'eau et le sol. Mais sous sa forme inorganique, c'est un poison sournois : une exposition prolongée par l'eau potable ou des aliments contaminés constitue un grave danger pour la santé humaine : Cancers de la peau, de poumons, de la vessie, des problèmes cardiaques et cutanés (OMS, 2022).

1.3.2.2.14 Cadmium

Le cadmium est un métal lourd toxique sans aucun bénéfice pour la santé humaine. Présent

naturellement à faible dose dans les sols, l'air et les eaux, ses concentrations sont fortement accrues par les activités agricoles (engrais phosphatés) et industrielles (métallurgie, combustion fossile). Parmi ses effets néfastes graves figurent une toxicité rénale chronique (accumulation dans les reins provoquant protéinurie et insuffisance rénale), un caractère cancérogène prouvé (poumon, prostate), une toxicité reproductive (infertilité, malformations fœtales) et des atteintes osseuses sévères (ostéoporose, maladie itai-itai) (Assurance Maladie, 2026).

1.3.2.2.15 Plomb

L'exposition au plomb touche plusieurs organes du corps (cerveau, os, reins, foie) et fait particulièrement mal aux enfants et aux femmes enceintes. Chez les petits, il bloque le développement du cerveau de façon définitive. Pendant la grossesse, il sort des os pour passer dans le sang et atteindre le fœtus. Aucun seuil n'est sans danger, mais on peut éviter tous les problèmes en éliminant les sources (OMS, 2024).

1.3.2.2.16 Cyanure

Les cyanures sont des molécules avec un carbone (C) triplement lié à un azote (N), formant le groupe CN ; c'est surtout l'ion CN^- qui se libère et bloque la respiration cellulaire en s'attaquant à l'oxygène. Absorbés par l'estomac, ils agissent en minutes (dose létale : 0,5-3,5 mg/kg de poids corporel). Une intoxication massive tue en 10 minutes typiquement : coma avec convulsions, hypoxie profonde (tissus asphyxiés), collapsus cardiaque, bradycardie puis arrêt total du cœur. Les expositions légères (traces industrielles ou alimentaires) sont bien plus fréquentes et traitables avec des antidotes comme l'hydroxocobalamine. (Gazzah, 2022).

1.3.2.2.17 Chrome total

Est un métal naturellement présent à faible concentration dans de nombreux sols et roches, se trouvant principalement sous forme de chrome trivalent (Cr^{3+}) et, dans une moindre mesure, sous forme de chrome hexavalent (Cr^{6+}).

À de très faible dose, le chrome trivalent est un oligo-élément bénéfique à l'organisme humain et animal, car il participe au métabolisme des glucides et à la régulation de l'insuline. Cependant, des apports excessifs peuvent néanmoins poser des risques pour la santé, notamment en cas d'accumulation et de troubles métaboliques.

À l'inverse, les composés du chrome hexavalent sont reconnus comme hautement toxiques, irritants et potentiellement cancérogènes, ce qui justifie une surveillance stricte de leur présence dans l'environnement et l'eau.

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a fixé la teneur maximale admissible en chrome total (somme des formes trivalentes et hexavalentes) dans l'eau de distribution à 50 $\mu\text{g/L}$, afin de préserver les effets bénéfiques du chrome trivalent tout en limitant les effets néfastes associés

au chrome hexavalent sur la santé humaine. (Decker et Dosso, 2006)

1.3.2.2.18 Mercure

Le mercure, c'est ce métal qu'on trouve partout naturellement – dans l'air, l'eau, le sol. Il est hyper toxique, sous forme de méthylmercure, même en petite quantité, s'attaquant au système nerveux, le système digestif, le système immunitaire, les reins, les poumons, la peau, les yeux, ...nerveux (tremblements, trous de mémoire), le ventre (nausées), les défenses immunitaires, les poumons, les reins, la peau, les yeux...Chez les femmes enceintes et les bébés, il provoque des retards de développement, et des problèmes cérébraux à vie. (OMS, 2024)

1.3.2.2.19 Sélénium

Le sélénium est indispensable à notre organisme grâce à son pouvoir antioxydant : il protège nos cellules des radicaux libres en les neutralisant, renforce nos défenses immunitaires et prévient diverses maladies tout en activant des enzymes essentielles comme les glutathion peroxydases pour le bon équilibre métabolique.

L'excès déclenche la sélénose avec perte de cheveux, ongles cassants et problèmes neurologiques et devient, même, pro-oxydant (Longchamp, 2013).

1.3.2.2.20 Hydrocarbures polycycliques aromatiques (HAP)

Les HAP sont des polluants organiques persistants, issus de combustions incomplètes (pétrole, bois, tabac), faiblement solubles dans l'eau et rémanents dans les sols. Ils ne présentent aucun bienfait, pour la santé humaine.

A fortes doses, ils sont Hautement cancérigènes (groupe 1 CIRC : benzo[a]pyrène), mutagènes (ADN), reprotoxiques.

Dans l'eau potable, la norme UE exige les seuils suivants : benzo[a]pyrène 0,1 µg/L, HAP total 0,1 µg/L. (Gabet, 2004).

1.3.3 Qualité microbiologique

C'est un paramètre essentiel pour juger de la qualité de l'eau que l'on boit, qui permet de rechercher la présence de bactéries, dans l'eau, comme les germes totaux et les coliformes. (*Escherichia coli* (*E. coli*), les streptocoques fécaux et les *Clostridium sulfito-réducteurs*), qui sont des bactéries indicatrices de contamination fécale (Ahonon, 2011).

1.3.3.1 Germes aérobies revivifiables

Appelés, également bactéries mésophiles aérobies, ils sont définis, selon la norme NF EN ISO 6222, comme toutes 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.

Dans ces conditions décrites par cette norme, on distingue 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 par des produits animaux, en particulier les matières fécales (Rejsek, 2002).

Ces germes n'ont pas d'effet direct sur la santé humaine. Leur faible valeur dénote l'efficacité du traitement et de la bonne qualité du réseau de distribution. Par contre une trop forte charge peut affecter les caractéristiques organoleptiques de l'eau

1.3.3.2 Coliformes totaux

Ce sont toutes les bactéries de la famille coliforme des entérobactéries Gram-négatif qui fermentent le lactose à 36°C. La majorité (85-90%) vient des matières végétales, sols ou végétaux, mais 10-15% proviennent d'excréments humains/animaux. Leur présence signale une pollution organique générale ou contamination microbienne. Dans un puits/forage, ça trahit souvent une infiltration d'eau de surface polluée. Dès >10 UFC/100 ml, protocole strict : désinfection immédiate + contrôle dans 30 jours pour validation de l'exploitation. (Louis L et al., 2021).

1.3.3.3 Coliformes fécaux (thermotolérants)

Sous-groupe critique des coliformes totaux, qui fermentent le lactose à 44,5°C, dominé par *E.coli* indiquent une contamination d'origine fécale récente (intestins/excréments humains et animaux à sang chaud). *E. coli* domine (80-90% du groupe). Danger majeur : pathogènes associés. Symptômes ingestion : gastro-entérite aiguë (nausées, vomissements, diarrhée profuse, déshydratation). Létal chez fragiles (bébés, personnes âgées). Norme absolue : 0 UFC/100 ml détectables robinet public ou privé. Zéro tolérance légale. (Louis L et al., 2021).

1.3.3.4 Clostridiiums sulfito-réducteurs

Ces bactéries sont souvent des indicateurs de pollution fécale, avec une forme sporulée plus résistante que la forme végétative.

Les *Clostridium* sulfito-réducteurs peuvent venir d'excréments, mais aussi de la terre, ce qui

fait qu'on ne peut pas toujours attester que leur présence est due à une origine fécale (Rodier et al., 2009).

1.3.3.5 Entérocoques (groupe D)

Les entérocoques, plus de 60 espèces, sont des composants habituels de la flore intestinale humaine. Ces bactéries à Gram positif, sont capables de se développer en présence ou en l'absence d'oxygène.

Enterococcus faecalis et *Enterococcus faecium* sont responsables de diverses infections, telles que les endocardites, les infections urinaires, les prostatites, les infections intra-abdominales, la cellulite, les infections de plaies, ainsi que les bactériémies associées. (Bush et Vazquez-Pertejo, 2025).

Ces deux espèces de bactéries sont les plus couramment recherchées et surveillées dans les analyses microbiologiques, en raison de leur résistance et de leur fiabilité comme marqueurs de pollution. Leur détection permet, ainsi, d'évaluer le risque sanitaire lié à la consommation ou à l'exposition à une eau potentiellement contaminée (Schwartzman et al., 2024).

Chapitre 2

Partie pratique

Matériel et méthodes

2 Matériel et méthodes

La partie pratique de cette étude a été réalisée durant le mois d'avril 2026, au sein du laboratoire de contrôle de qualité du complexe FERTIAL.

Ce complexe, faisant partie du groupe SONATRACH et spécialisé dans la production d'engrais, est implanté dans la commune d'El-Bouni, wilaya d'Annaba.

Dans ce contexte, différentes marques commerciales d'eaux embouteillées, ont été sélectionnés de manière aléatoire, à partir de divers points de vente situés dans la wilaya d'El Tarf. Des échantillons de ces eaux embouteillées ont été prélevés ; en vue de leurs analyses. L'objectif principal de ce travail consiste à évaluer la qualité physico-chimique de ces eaux destinées à la consommation humaine. Les échantillons ont été conservés à température ambiante, avant analyse.

Les essais physico-chimiques ont été réalisés, immédiatement après l'ouverture des bouteilles, afin de préserver l'intégrité des paramètres mesurés.

A cet effet, cinq (5) marques d'eau minérale naturelle et 12 marques d'eau de source, ont fait l'objet de cette étude.

Les eaux minérales naturelles :

➤ Ifri

L'eau d'IFRI provient des montagnes de Kabylie qui surplombent la vallée de la Soummam, dans le nord-est Algérien. Ces prodigieuses montagnes lui procurent toute sa pureté, sa légèreté et sa richesse en minéraux indispensables à la vie.



➤ Youkous

Eau minérale naturelle Youkous est caractérisée par sa pureté et une composition minérale équilibrée, adaptée à la consommation quotidienne. Elle jaillit d'une zone montagneuse, culminant à 1300 mètres d'altitude, qui est située à quatre kilomètres du chef-lieu de la commune de Hammamet-Wilaya de Tébessa. (Baâlouj, 2026)



➤ Manbaa

Cette eau naturelle pure et riche en sels minéraux jaillissant à la jonction de l'atlas avec les monts des Aurés. SARL TAHRAOUI BISKRA



➤ **Guedila**

Guedila est une eau minérale naturelle algérienne provenant du mont Guedila, situé dans la région des Aurès. Elle se distingue par sa pureté, son équilibre en sels minéraux et son origine naturelle protégée de toute pollution.



➤ **Lella khedidja**

Cette eau minérale naturelle algérienne est puisée dans le massif du Djurdjura, en Kabylie. Elle doit son nom au sommet du même nom, le plus élevé de la région. Cette eau est reconnue pour sa pureté exceptionnelle et sa faible minéralisation, ce qui la rend légère et agréable à boire. Son origine montagneuse et son long processus de filtration naturelle lui garantissent une qualité constante.



Les eaux de sources :

➤ **Ain Bouglez**

C'est une eau de source algérienne captée à partir d'un gisement naturel souterrain. Elle se distingue par sa pureté et sa faible minéralisation, ce qui la rend légère et facile à boire.



➤ **Besbassa**

Cette eau, offrant pureté et douceur, prend ses origines des racines des montagnes Maouna. Son parcours géologique est protégé de toute pollution



➤ **Righia**

C'est une eau de source naturelle algérienne, jaillissant au cœur des montagnes, est chargée de minéraux, grâce à un parcours souterrain de plusieurs années. Elle est reconnue, depuis toujours, pour sa pureté et ses qualités exceptionnelles et est embouteillée par Eurl AQUA MINERAL Righia, commune Berrihane - wilaya d'El-Tarf.



➤ **Serine**

Est une eau de source naturelle algérienne, captée à partir de ressources souterraines située dans la région de Berrahel (wiliya d'Annaba), puis embouteillée localement.



➤ **Taya**

Est une eau de source naturelle algérienne, captée dans la région de Tadjenanet (wilaya de Mila), puis embouteillée à la source. Elle est destinée à la consommation humaine et se caractérise par une composition minérale naturelle.



➤ **Hayat**

Est une eau de source rawi prend son origine au sommet des montagnes El Kantara. Son parcours géologique est protégé de tous contact d'agent polluants elle vous offre une sensation de pureté et de légèreté. Embouteillée par sarl Rawi. Unité eau de source Rawi dachra hamra el Kantara wilaya de Biskra.



➤ **Ovitale**

Cette eau de source naturelle algérienne est captée à partir de nappes souterraines protégées. Elle se distingue par sa pureté, sa fraîcheur et sa qualité, et est destinée à la consommation quotidienne tout en respectant les normes de potabilité et de sécurité alimentaire. Elle est produite et commercialisée depuis la ville d'Akbou, dans la wilaya de Béjaïa, en Algérie.



➤ **Tarfant**

Cette eau de source naturelle algérienne, captée à partir de ressources souterraines situées dans Cme de Oued Nini, Douar El Kouaoucha, wilaya d'Oum El Bouaghi.



➤ **Aryef**

Est une source naturelle algérienne, captée à partir de nappes souterraines situées dans la wilaya de Ain Defla, puis embouteillée à la source. Elle est destinée à la consommation humaine et se caractérise par une composition minérale naturelle.



➤ **Lala louiza**

Est une eau de source naturelle algérienne, captée à partir de nappes souterraines situées dans Daira de Ain Mlila, wilaya d'Oum el bouaghi puis embouteillée à la source. Elle est destinée à la consommation humaine et se distingue par une composition minérale naturelle.



➤ **Djazia**

Est une eau de source naturelle algérienne, captée à partir de ressources souterraines située dans Lamsane wilaya de Batna, puis embouteillée par el Djazia.



➤ **Djemorah**

Cette eau de source naturelle algérienne, captée à partir de ressources souterraines situées dans Tarf El megsem, wilaya de Biskra, puis embouteillée à la source. Elle est destinée à la composition minérale naturelle.



2.1 Analyses physico-chimiques

Les paramètres physico-chimiques analysés au Laboratoire de contrôle de qualité sont décrits ci-dessous :

2.1.1 Détermination du potentiel hydrogène (pH)

Le pH mesure l'acidité ou l'alcalinité de l'eau. Cette détermination suit la norme ISO 10390 : 2005.

❖ Matériels

- pH-mètre (Figure 4)
- Agitateur rotatif
- Bécher de 50 ml

❖ Mode opératoire

- Rincer l'électrode avec de l'eau distillée, puis plusieurs fois avec l'échantillon.
- Placer un barreau magnétique dans le bécher.
- Verser 25 ml de l'échantillon d'eau dans le bécher.
- Immerger l'électrode dans l'échantillon à analyser.
- Attendre la stabilisation de la lecture à l'écran.

❖ Expression des résultats

Une fois la lecture stabilisée, noter la valeur du pH, qui s'affiche, directement sur l'écran.



Figure 4 : Le pH-mètre
(Mabrouki, 2026)

2.1.2 Détermination de la conductivité

La conductivité électrique correspond à la capacité d'un échantillon d'eau à laisser passer un courant électrique. Elle constitue un indicateur indirect de la concentration globale en ions dissous, qu'il s'agisse de cations (ions positifs) ou d'anions (ions négatifs). La mesure de la conductivité de l'eau est régie par la norme ISO 11265 :1995

❖ Matériels

- Conductimètre (Figure 5)

➤ Bécher de 50 ml

➤ Agitateur rotatif

❖ **Mode opératoire**

➤ Rincer l'électrode du conductimètre à l'eau distillée

➤ Effectuer un nouveau rinçage de l'électrode, avec l'échantillon d'eau à analyser (plusieurs fois), afin d'éliminer toute trace de contamination

➤ Placer un barreau magnétique dans un bécher propre

➤ Verser 25 ml de l'échantillon d'eau dans le bécher

➤ Immerger l'électrode dans l'échantillon d'eau à analyser

❖ **Expression des résultats**

➤ Attendre la stabilisation de la valeur, qui s'affiche, directement, sur le conductimètre

➤ Lire et enregistrer la valeur de la conductivité (en $\mu\text{S}/\text{cm}$ ou mS/cm selon l'appareil).



Figure 5 : Le conductimètre
(Mabrouki, 2026)

2.1.3 Détermination de la dureté – Titre hydrotimétrique (TH)

La dureté de l'eau (Figure 9) constitue un indicateur de sa minéralisation en cations divalents alcalino-terreux. Ce paramètre est attribué, exclusivement, à la présence des ions calcium (Ca^{2+}) et magnésium (Mg^{2+}).

❖ **Matériels**

➤ Éprouvette de 100 ml

➤ Erlenmeyer de 250 ml

➤ Burette de 50 ml

❖ Réactifs

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

❖ Mode opératoire

- Prélever 10 ml d'échantillon dilué dans 90 ml d'eau distillée.
- Ajouter 2 à 3 gouttes de solution tampon.
- Ajouter l'indicateur N.E.T.
- Remplir une burette avec la solution d'EDTA.
- Titrer lentement tout en agitant.
- Le point d'équivalence est atteint lorsque la solution passe du rouge-violet au bleu (Figure 6).
- Noter le volume d'EDTA utilisé.

❖ Expression des résultats

Le titre hydrotimétrique (TH), ou dureté, exprimé en degrés français (°F), est calculé par la formule suivante :

$$TH (°F) = V_{EDTA} \times f$$



Figure 6 : Détermination du titre hydrotimétrique (Dureté de l'eau)
(Mabrouki, 2026)

2.1.4 Détermination du titre alcalimétrique (TA)

Cette détermination repose sur la neutralisation d'un volume déterminé d'eau par un acide

dilué, en présence d'un indicateur coloré approprié. Le titre alcalimétrique (TA) d'une eau permet de déterminer sa concentration en ions carbonate (CO_3^{2-}).

❖ Matériels

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

❖ Réactifs

- Indicateur de phénolphthaléine

❖ Mode opératoire

- À l'aide d'une éprouvette graduée, prélevez 25 ml d'échantillon d'eau et versez-les dans un erlenmeyer.
- Ajoutez 2 à 3 gouttes d'indicateur phénolphthaléine. Observation et interprétation :
 - Pas de coloration rose : Alcalinité phénolphthaléine $P = 0$. L'échantillon ne contient ni hydroxydes ni carbonates libres (typique des eaux à $\text{pH} < 8,3$ avec bicarbonates uniquement (figure 7)).
 - Coloration rose : Présence d' OH^- et/ou CO_3^{2-} . Titrez avec HNO_3 0,04 N jusqu'à disparition complète de la couleur (solution transparente)

❖ Résultat pratique observé

Tous les échantillons analysés présentent $[\text{CO}_3^{2-}] = 0$, conformément aux caractéristiques des eaux naturelles à faible pH.



Figure 7 : Détermination du titre alcalimétrique (TA)
(Mabrouki, 2026)

2.1.5 Détermination du titre alcalimétrique complet (TAC)

La détermination de ce titre repose sur la neutralisation du volume d'eau préalablement utilisé pour le titre alcalimétrique (TA), par un acide minéral dilué, en présence de méthylorange comme indicateur coloré.

❖ Matériels

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

❖ Réactifs

- Indicateur de phénolphtaléine
- Acide nitrique HNO_3 (N/50)
- Méthylorange

❖ Mode opératoire

- Utilisez le prélèvement initial (échantillon brut pour TA), à condition qu'il n'ait pas été coloré lors d'un traitement précédent.
- Ajoutez 2 à 3 gouttes d'indicateur méthylorange.
- Titrez avec de l'acide nitrique (HNO_3 0,04 N) jusqu'au virage de couleur vers le jaune ou jaune-orangé, marquant le point d'équivalence. (Figure 8)

❖ **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 :

V_2 = Volume utilisé pour la titration

$N = 0,04 \text{ N}$ de HNO_3

MM = Masse molaire de HNO_3

V = Volume total dans l'erenmeyer



Figure 8 : Détermination du titre alcalimétrique complet (TAC)
(Mabrouki, 2026)

2.1.6 Dosages des chlorures

Le dosage des chlorures (Cl^-) par la méthode de Mohr requiert milieu neutre, avec un pH compris entre 6,5 et 7,5.

❖ Matériels

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

❖ Réactifs

- Nitrate d'argent AgNO_3
- Diphénylcarbazone
- Acide nitrique HNO_3 36

❖ Mode opératoire

- Prélevez 10 ml de l'échantillon et diluez-le dans 90 ml d'eau distillée.
- Ajoutez 2 à 3 gouttes d'indicateur diphénylcarbazone.
- Neutralisez la solution à l'aide d'acide nitrique (HNO_3).
- Titrez avec une solution d'azotate d'argent (AgNO_3) jusqu'à l'apparition d'une coloration

bleu-mauve, indiquant le point d'équivalence (Figure 9)

❖ 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 des 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



Figure 9 : Dosage des chlorures
(Mabrouki, 2026)

2.1.7 Dosage des nitrates (NO₃⁻)

❖ Matériels

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

❖ Réactifs

- NitraVer 5 réactifs pour les nitrates (inhibiteur) (Figure 10)

❖ Mode opératoire

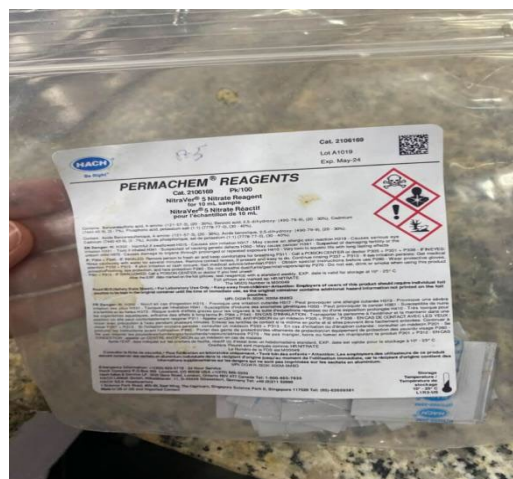
- Allumez le spectrophotomètre et sélectionnez le programme dédié aux nitrates (NO_3^-). Réglez la longueur d'onde à 527 nm.
- Prélevez 10 ml de l'échantillon d'eau et versez-les dans un bécher.
- Ajoutez le réactif NitraVer 5.
- Agitez vigoureusement pour homogénéiser le mélange, puis lancez le minuteur du spectrophotomètre et attendez 5 minutes.
- Pendant ce temps, préparez l'échantillon blanc en mélangeant de l'eau distillée avec le réactif NitraVer 5, puis remplissez la cuvette avec celui-ci.
- Lorsque le minuteur sonne, insérez la cuvette contenant l'échantillon blanc et appuyez sur le bouton « Zéro/Blanc » pour calibrer l'appareil.
- Retirez la cuvette, remplacez-la par celle contenant l'échantillon d'eau préparé avec le réactif, et effectuez la mesure.
- Le résultat s'affiche directement sur l'écran du spectrophotomètre.

❖ Expression des résultats

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



(A)



(B)

Figure 10 : Dosage des nitrates

(A- Streptophotometre - B- Réactif (NitraVer 5))
(Mabrouki, 2026)

2.1.8 Dosage des nitrites (NO_2^-)

❖ Matériels

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

❖ Réactifs

- NitriVer 2 réactifs pour les nitrites (inhibiteur) (Figure 11)

❖ Mode opératoire

- Allumez le spectrophotomètre et sélectionnez le programme dédié aux nitrites (NO_2^-).
- Réglez la longueur d'onde à 520 nm.
- Prélevez 10 ml de l'échantillon d'eau et versez-les dans un bécher. Ajoutez le réactif NitriVer 2.
- Agitez vigoureusement pour homogénéiser le mélange, lancez le minuteur et attendez le temps de réaction (typiquement 5 à 10 minutes).
- Pendant ce temps, préparez l'échantillon blanc en mélangeant de l'eau distillée avec le réactif NitriVer 2, puis remplissez la cuvette avec celui-ci.
- Lorsque le minuteur sonne, insérez la cuvette contenant l'échantillon blanc et appuyez sur le bouton « Zéro/Blanc » pour calibrer l'appareil.
- Retirez la cuvette, remplacez-la par celle contenant l'échantillon d'eau préparé avec le réactif, et effectuez la mesure.
- Le résultat s'affiche directement sur l'écran du spectrophotomètre.

❖ Expression des résultats

La valeur indiquée de la concentration des nitrates (NO_2^-), retrouvée dans l'eau analysée, est exprimée en mg/l.



(A)



(B)

Figure 11 : Dosage des nitrites

(A-Echantillons - B-Réactif (NitriVer2))
(Mabrouki, 2026)

2.1.9 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) (Figure 12)

❖ Mode opératoire

- Allumez le spectrophotomètre et sélectionnez le programme dédié aux sulfates (SO_4^{2-}).
- Réglez la longueur d'onde à 520 nm.
- Prélevez 10 ml de l'échantillon d'eau et versez-les dans un bécher.
- Ajoutez le réactif SulfaVer 4.
- Agitez vigoureusement pour homogénéiser le mélange, activez l'alarme du spectrophotomètre sur 5 minutes, et attendez le temps de réaction.
- Pendant ce temps, préparez l'échantillon blanc en mélangeant de l'eau distillée avec le réactif SulfaVer 4, puis remplissez la cuvette avec celui-ci.
- Lorsque le minuteur sonne, insérez la cuvette contenant l'échantillon blanc et appuyez

sur le bouton « Zéro/Blanc » pour calibrer l'appareil.

- Retirez la cuvette et remplacez-la par celle contenant l'échantillon d'eau préparé avec le réactif, puis effectuez la mesure.
- Le résultat s'affiche directement sur l'écran du spectrophotomètre.

❖ Expression des résultats

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

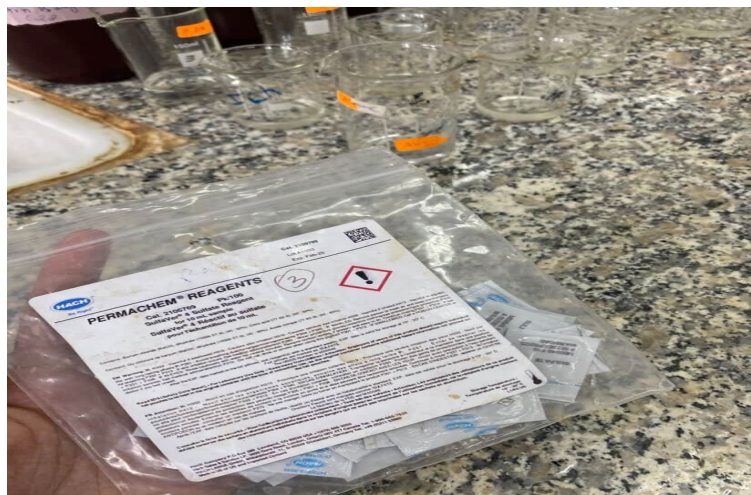


Figure 12 : Dosage des sulfates
(Mabrouki, 2026)

2.1.10 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 flammes.

❖ 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
- Filtres sans cendre
- Agitateur
- Distributeur
- Récipients pour l'agitation
- Balance analytique

❖ Mode opératoire

- Allumez l'alimentation en carburant du spectrophotomètre de flamme.
- Allumez le compresseur d'air.
- Appuyez sur la touche d'alimentation pour démarrer l'appareil.
- Placez les solutions mères (solutions étalons de potassium et de sodium) dans les positions prévues pour la spectrophotométrie d'émission de flamme.
- Laissez l'appareil stabiliser pendant 30 minutes pour atteindre la température de fonctionnement optimale.
- Connectez le spectrophotomètre de flamme à l'ordinateur afin de numériser les graphiques pour l'analyse des résultats. (Figure 13)

❖ 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 13 : Dosage des cations (Na^+ , K^+)

Spectrophotomètre d'émission de flammes
(Mabrouki, 2026)

2.1.11 Dosage du calcium

Le calcium est dosé par titrage complexométrique à l'EDTA. À $\text{pH} \approx 12$, le magnésium précipite sous forme d'hydroxyde de magnésium $\text{Mg}(\text{OH})_2$, tandis que le calcium reste en solution.

L'EDTA forme un complexe stable avec les ions Ca^{2+} . Le point d'équivalence est détecté à l'aide de l'indicateur Patton et Reeder, qui change de couleur lors de la complexation complète du calcium.

❖ Réactifs

- Solution d'EDTA ($\approx 0,01 \text{ mol/L}$)
- Hydroxyde de sodium (NaOH)
- Indicateur Patton et Reeder
- Eau distillée

❖ Matériel

- Burette graduée
- Erlenmeyer
- Pipette jaugée
- Support de burette

❖ Mode opératoire

- Un volume V d'échantillon d'eau est introduit dans un erlenmeyer.
- On ajoute une solution de NaOH afin d'augmenter le pH à environ 12, ce qui provoque la précipitation du magnésium sous forme de $\text{Mg}(\text{OH})_2$.
- Ensuite, quelques gouttes de l'indicateur Patton et Reeder sont ajoutées.
- La solution prend une coloration rose.
- Le titrage est effectué par la solution d'EDTA jusqu'au changement de couleur du rose au bleu/violet, indiquant le point d'équivalence.
- Le volume d'EDTA utilisé est noté V_2 . (Figure 14)

❖ Expression des résultats

La concentration en calcium est calculée par la formule suivante :

$$\text{Ca}^{2+}(\text{mg/L}) = V_{\text{EDTA}} \times C_{\text{EDTA}} \times M_{\text{Ca}} \times 1000 / V_{\text{échantillon}}$$

Où :

V_{EDTA} = volume utilisé (mL)

C_{EDTA} = concentration de l'EDTA (mol/L)

$M_{\text{Ca}} = 40,08 \text{ g/mol}$

$V_{\text{échantillon}}$ = volume de l'échantillon (mL)



Figure 14 : Dosage du calcium

Titration et virage de la couleur du rose au bleu/violet (Mabrouki, 2026)

2.1.12 Dosage du Magnésium

Le titre magnésique a été déterminé à partir de la différence entre le titre hydrotimétrique total et le titre calcique selon la relation suivante :

$$T \text{ Mg}^{2+} = TH - T\text{Ca}^{2+}$$

Où :

TMg^{2+} = Titre magnésique de l'eau

TH = Titre hydrotimétrique total

$T\text{Ca}^{2+}$ = Titre calcique de l'eau.

Chapitre 3

Résultats et discussion

3 Résultats et discussion

Les analyses des paramètres physico-chimiques des 17 échantillons d'eaux en bouteille étudiés (pH, conductivité, chlorures, sulfates, nitrates, nitrites, les minéraux (calcium, sodium, magnésium et potassium)), nous ont permis d'obtenir les résultats indiqués dans le tableau suivant (Tableau 7) :

Tableau 7 : Résultats des analyses physicochimiques
(Mabrouki, 2026)

Les marques	Les concentrations des anions (mg/l)				Les concentrations des cations (mg/l)				pH	Conductivité	TA	TAC	TH
	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺					
Ifri	177	10,08	1,86	0,31	8,59	36,87	117,08	38,87	7,23	1041	0	23,40	373,10
Youkous	36,04	0,45	0,79	0,53	9,01	10,05	62,86	16,24	8,06	385	0	17,20	184,50
Manbaa	110,91	2,7	0,04	1,97	10,27	59,97	81,63	89,05	7,82	973	0	25,5	389,50
Guedila	191,44	1,35	1,07	0,53	9,41	27,63	75,18	81,18	7,66	744	0	26,60	356,70
Lala khedidja	7,35	6,75	1,05	0,172	9,81	8,43	53	11,32	7,98	304	0	14,60	155,80
Bonglez	9,58	21,15	1,80	0,18	10,27	26,22	3,29	7,87	7,50	184,5	0	2,70	24,60
Besbassa	0,76	0,45	2,28	0,019	8,85	8,75	66,14	3,94	7,95	371	0	16	173,23
Righia	3,33	14,43	0,98	0,11	9,33	15,96	3,66	4,92	6,95	148,2	0	1,60	19,48
Serine	0,94	0,45	0,68	0,07	9,13	4,80	0	0	6,70	5,54	0	1	0
Taya	52,86	0,45	3,11	0,15	9,18	51,11	54,64	60,92	7,82	736	0	11,40	215,25
Hayat	150,37	0,45	1,09	0,13	7,60	26,36	86,89	72,57	7,76	784	0	29	369
Ovitale	58,58	31,5	1,32	0,09	8,27	33,03	74	31	7,97	692	0	21	251,13
Tafrant	176,08	0,23	3,15	0,60	8,85	58,43	106,4	43,79	7,75	962	0	27	356,70
Aryef	155,10	31,5	1,51	0,09	8,92	76,22	86,86	48,82	7,40	1046	0	14,20	314,50
Lala Louiza	150,73	0,90	2,62	0,21	9,07	17,29	95,31	53,14	7,51	754	0	27,5	348,50
El djazia	148,58	9,45	6,81	0,05	8,59	23,64	92,85	70,89	7,85	843	0	29	379,25
Djemorah	1,901	0,45	4,91	0,15	9,46	105,11	84,63	100,73	7,76	1349	0	24	420,25

Sur la base des résultats obtenus, deux démarches complémentaires ont été retenues pour

l'étude des eaux :

La première a consisté en l'examen de la composition chimique, en comparant les valeurs mesurées de chaque paramètre à celles indiquées sur les étiquettes des différentes marques d'eaux embouteillées. Cette étape vise à vérifier la précision des analyses réalisées, ainsi que la stabilité de la composition physico-chimique de ces eaux.

La seconde démarche s'est intéressée à l'évaluation de la qualité physico-chimique, en procédant à une comparaison individuelle des paramètres entre les deux catégories d'eaux étudiées (eaux minérales naturelles et eaux de source).

L'objectif est de contrôler la conformité des résultats aux normes en vigueur en Algérie, tout en identifiant le type d'eau présentant le meilleur intérêt pour la santé, notamment en termes de richesse en minéraux.

3.1 Composition chimique

3.1.1 Comparaison des résultats des analyses avec les valeurs des étiquetages

➤ Les eaux minérales naturelles

3.1.1.1 Eau Ifri

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

Tableau 8 : Résultats des analyses et des valeurs de l'étiquetage de la marque Ifri (Mabrouki, 2026)

Paramètres	Les analyses	Étiquetage
pH	7.23	7.2
SO ₄ ⁻²	177	68
Cl ⁻	10.08	129
NO ₃ ⁻	1.86	15
NO ⁻²	0.31	0.02
K ⁺	8.59	2.1
Na ⁺	36.87	38
Ca ²⁺	117.08	99
Mg ²⁺	38.87	29

Les données du tableau nous ont permis d'établir les comparaisons figurant sur l'histogramme suivant (Figure15)

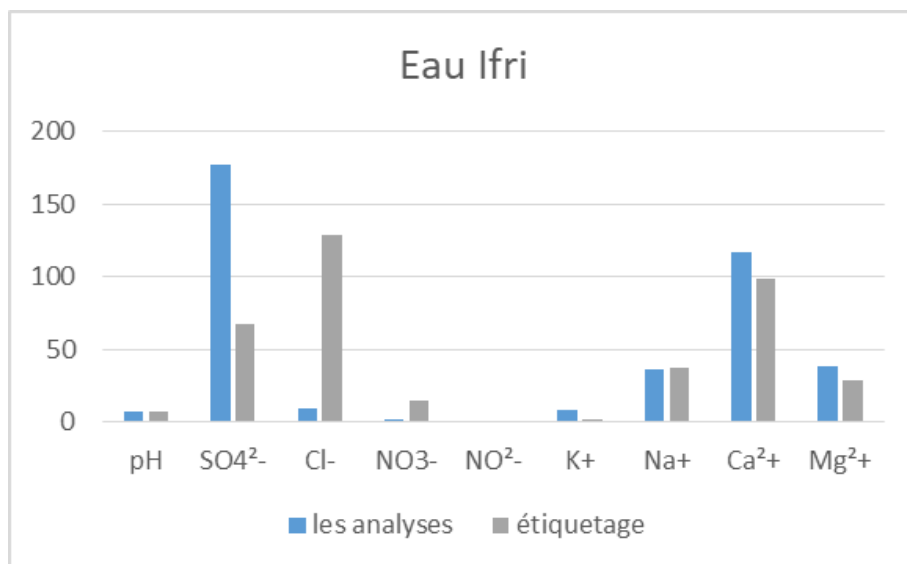


Figure 15 : Eau Ifri-Comparaison des résultats avec l'étiquetage (Mabrouki, 2026)

Sur la base des comparaisons, on constate que l'eau Ifri présente un pH pratiquement identique à l'étiquetage (7,23 vs 7,2).

Pour le reste des paramètres analysés (SO₄²⁻, Cl⁻, NO₃⁻, NO₂⁻, K⁺, Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺), les valeurs divergent de celles de l'étiquetage avec :

- Une différence de 109 mg/L pour les sulfates
- Une différence de 119 mg/L pour les chlorures
- Une différence de 13 mg/L pour les nitrates
- Une différence de 0,29 mg/L pour les nitrites
- Une différence de 6,5 mg/L pour le potassium
- Une différence de 1,13 mg/L pour le sodium
- Une différence de 18 mg/L pour le calcium et une différence de 10 mg/L pour le magnésium.

Néanmoins, toutes les valeurs mesurées respectent les normes réglementaires algériennes pour les eaux minérales naturelles (Annexe 1 et Annexe 2). De façon générale, on peut conclure que, pour la marque Ifri, nos résultats révèlent des écarts notables par rapport aux valeurs de l'étiquetage, suggérant une variabilité saisonnière de la source ou des différences analytiques, sans compromettre la qualité globale et la potabilité de l'eau.

3.1.1.2 Eau Youkous

Après avoir analysé les paramètres physico-chimiques de cette eau, les valeurs des résultats obtenus et celles figurant sur l'étiquetage de cette marque sont regroupées dans le tableau suivant (**tableau 9**) :

Tableau 9 : Résultats des analyses et des valeurs de l'étiquetage de la marque Youkous (Mabrouki, 2016)

Paramètres	Les analyses	étiquetage
pH	8,06	7,4
SO ₄ ²⁻	36,04	35,80
Cl ⁻	0,45	25,70
NO ₃ ⁻	0,79	2
NO ₂ ⁻	0,53	0
K ⁺	9,01	4,65
Na ⁺	10,05	13,40
Ca ²⁺	62,86	77,40
Mg ²⁺	16,24	14,50

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

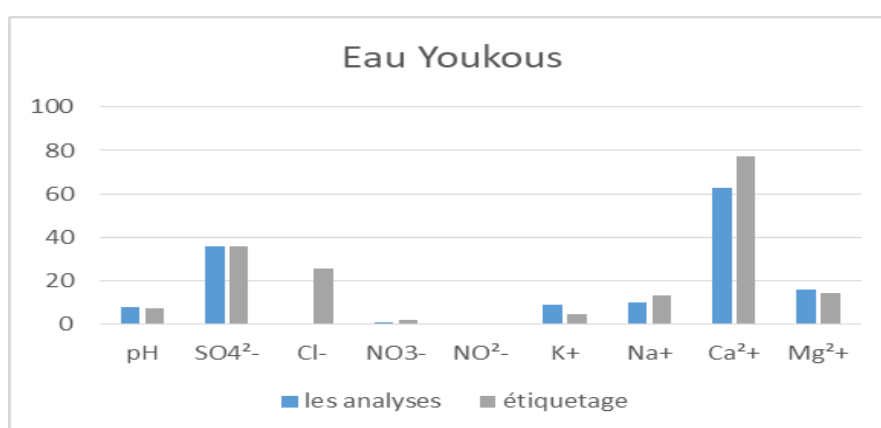


Figure 16 : Eau Youkous-Comparaison des résultats avec l'étiquetage (Mabrouki, 2026)

Sur la base des comparaisons, on constate que l'eau Youkous présente des SO₄²⁻ pratiquement identiques à l'étiquetage (36,04 vs 35,80 mg/L).

Pour le reste des paramètres analysés (pH, Cl⁻, NO₃⁻, NO₂⁻, K⁺, Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺), les valeurs divergent de celles de l'étiquetage avec :

- Une différence de 0,66 pour le pH
- Une différence de 25,25 mg/L pour les chlorures
- Une différence de 1,21 mg/L pour les nitrates
- Une différence de 0,53 mg/L pour les nitrites
- Une différence de 4,36 mg/L pour le potassium
- Une différence de 3,35 mg/L pour le sodium

- Une différence de 14,54 mg/L pour le calcium et 1,74 mg/L pour le magnésium.

Néanmoins, toutes les valeurs mesurées respectent les normes réglementaires algériennes pour les eaux minérales naturelles (Annexe 1 et Annexe 2). De façon générale, on peut conclure que, pour la marque Youkous, nos résultats révèlent des écarts modérés par rapport aux valeurs de l'étiquetage, suggérant une légère variabilité de composition ou des différences analytiques, sans compromettre la qualité globale et la potabilité de l'eau.

3.1.1.3 Eau Manbaa

Après avoir analysé les paramètres physico-chimiques de cette eau, les valeurs des résultats obtenus et celles figurant sur l'étiquetage de cette marque sont regroupées dans le tableau suivant (**tableau 10**) :

Tableau 10 : Résultats des analyses et des valeurs de l'étiquetage de la marque Manbaa (Mabrouki, 2026)

Paramètres	Les analyses	Étiquetage
pH	7,82	7,10
SO ₄ ²⁻	110,91	153
Cl ⁻	2,7	84
NO ₃ ⁻	0,04	8,9
NO ₂ ⁻	1,97	0,02
K ⁺	10,27	4
Na ⁺	59,97	68
Ca ²⁺	81,63	93
Mg ²⁺	89,05	31

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

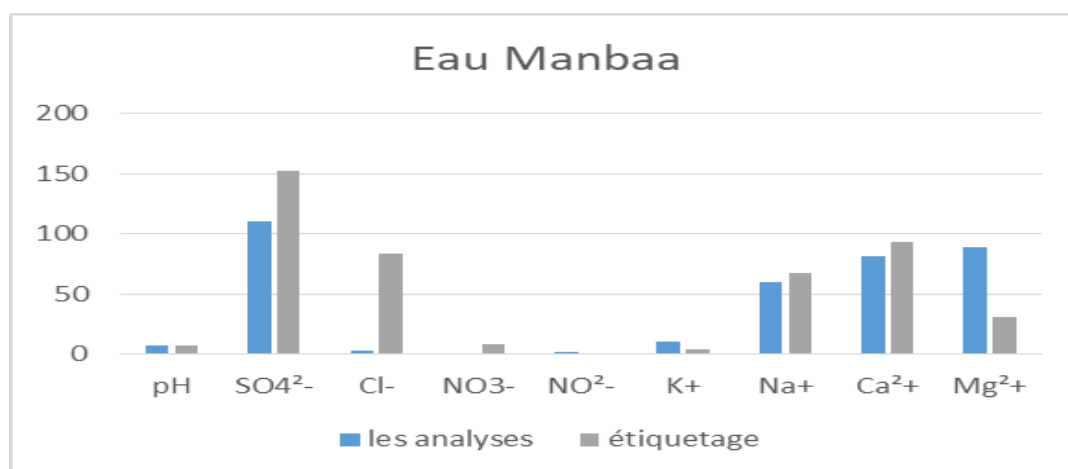


Figure 17 : Eau Manbaa-Coparaision des résultats avec l'étiquetage (Mabrouki, 2026)

Sur la base des comparaisons, on constate que l'eau Manbaa présente un pH nettement supérieur à l'étiquetage (7,82 vs 7,10).

Pour le reste des paramètres analysés (SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^- , NO_2^- , K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}), les valeurs divergent significativement de celles de l'étiquetage avec :

- Une différence de 42,09 mg/L pour les sulfates
- Une différence de 81,3 mg/L pour les chlorures
- Une différence de 8,86 mg/L pour les nitrates
- Une différence de 1,95 mg/L pour les nitrites
- Une différence de 6,27 mg/L pour le potassium
- Une différence de 8,03 mg/L pour le sodium
- Une différence de 11,37 mg/L pour le calcium et une différence de 58,05 mg/L pour le magnésium.

Néanmoins, toutes les valeurs mesurées respectent les normes réglementaires algériennes pour les eaux minérales naturelles (Annexe 1 et Annexe 2). De façon générale, on peut conclure que, pour la marque Manbaa, nos résultats révèlent des écarts marqués par rapport aux valeurs de l'étiquetage, suggérant une variabilité saisonnière de la source ou des différences analytiques, sans compromettre la qualité globale et la potabilité de l'eau.

3.1.1.4 Eau Guédila

Après avoir analysé les paramètres physico-chimiques de cette eau, les valeurs des résultats obtenus et celles figurant sur l'étiquetage de cette marque sont regroupées dans le tableau suivant (**tableau 11**) :

Tableau 11 : Résultats des analyses et des valeurs de l'étiquetage de la marque Guedila (Mabrouki, 2026)

Paramètres	Les analyses	Étiquetage
pH	7,66	7,35
SO_4^{2-}	191,44	95
Cl^-	1,35	40
NO_3^-	1,07	4,5
NO_2^-	0,53	<0,01
K^+	9,41	2
Na^+	27,63	29
Ca^{2+}	75,18	78
Mg^{2+}	81,18	37

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

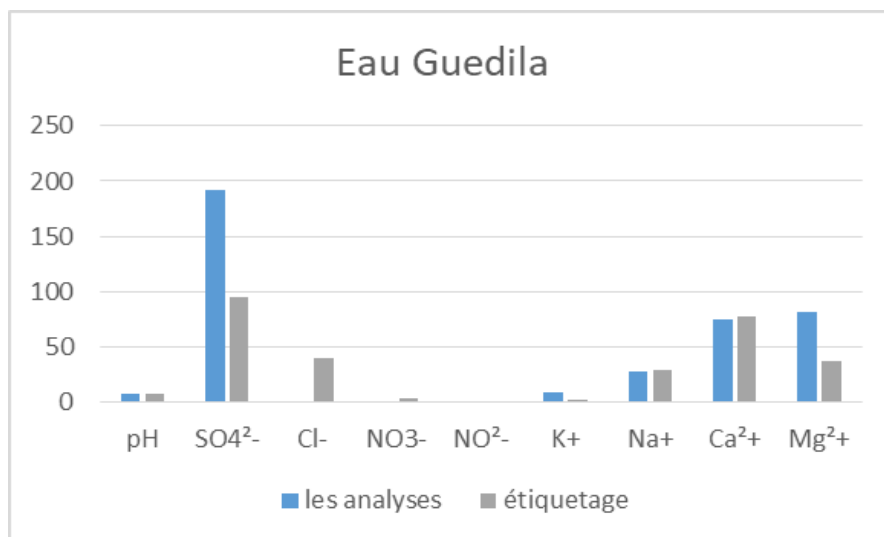


Figure 18 : Eau Guedila-Coparaison des résultats avec l'étiquetage (Mabrouki, 2026)

Sur la base des comparaisons, on constate que l'eau Guedila présente un Na⁺ pratiquement identique à l'étiquetage (27,63 vs 29 mg/L).

Pour le reste des paramètres analysés (pH, SO₄²⁻, Cl⁻, NO₃⁻, NO₂⁻, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺), les valeurs divergent de celles de l'étiquetage avec des :

- Une différence de 0,31 pour le pH
- Une différence de 96,44 mg/L pour les sulfates
- Une différence de 38,65 mg/L pour les chlorures
- Une différence de 3,43 mg/L pour les nitrates
- Une différence de 0,52 mg/L pour les nitrites
- Une différence de 7,41 mg/L pour le potassium
- Une différence de 2,82 mg/L pour le calcium et 44,18 mg/L pour le magnésium.

Néanmoins, toutes les valeurs mesurées respectent les normes réglementaires algériennes pour les eaux minérales naturelles (Annexe 1 et Annexe 2). De façon générale, on peut conclure que, pour la marque Guedila, nos résultats révèlent des écarts marqués par rapport aux valeurs de l'étiquetage, suggérant une variabilité saisonnière de la source ou des différences analytiques, sans compromettre la qualité globale et la potabilité de l'eau.

3.1.1.5 Eau Lala Khedidja

Après avoir analysé les paramètres physico-chimiques de cette eau, les valeurs des résultats obtenus et celles figurant sur l'étiquetage de cette marque sont regroupées dans le tableau suivant (Tableau 12) :

Tableau 12 : Résultats des analyses et des valeurs de l'étiquetage de la marque Lala Khedidja (Mabrouki, 2026)

Paramètres	Les analyses	Étiquetage
pH	7,98	7,42
SO ₄ ²⁻	7,35	3
Cl ⁻	6,75	7
NO ₃ ⁻	1,05	5,94
NO ₂ ⁻	0,172	0,03
K ⁺	9,81	0,40
Na ⁺	8,43	3,1
Ca ²⁺	53	49
Mg ²⁺	11,32	5

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

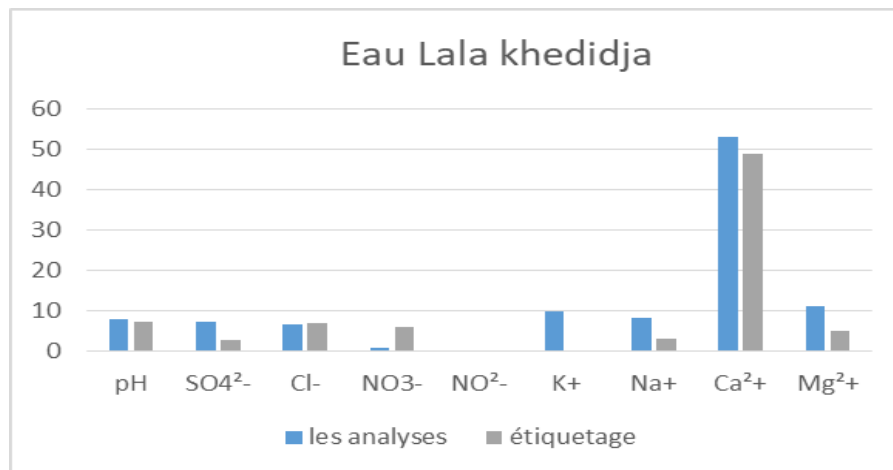


Figure 19 : Eau Lala Khedidja-Comparaison des résultats avec l'étiquetage (Mabrouki, 2026)

Sur la base des comparaisons, on constate que l'eau Lala Khedidja présente un Cl⁻ pratiquement identique à l'étiquetage (6,75 vs 7 mg/L).

Pour le reste des paramètres analysés (pH, SO₄²⁻, NO₃⁻, NO₂⁻, K⁺, Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺), les valeurs divergent de celles de l'étiquetage avec :

- Une différence de 0,56 pour le pH
- Une différence de 4,35 mg/L pour les sulfates
- Une différence de 4,89 mg/L pour les nitrates
- Une différence de 0,142 mg/L pour les nitrites
- Une différence de 9,41 mg/L pour le potassium
- Une différence de 5,33 mg/L pour le sodium
- Une différence de 4 mg/L pour le calcium et 6,32 mg/L pour le magnésium.

Néanmoins, toutes les valeurs mesurées respectent les normes réglementaires algériennes pour les eaux minérales naturelles (Annexe 1 et Annexe 2). De façon générale, on peut conclure que, pour la marque Lala Khedidja, nos résultats révèlent des écarts modérés par rapport aux valeurs de l'étiquetage, suggérant une légère variabilité de composition ou des différences analytiques, sans compromettre la qualité globale et la potabilité de l'eau.

➤ Les eaux de source :

3.1.1.6 Eau Ain Bouglez

Après avoir analysé les paramètres physico-chimiques de cette eau, les valeurs des résultats obtenus et celles figurant sur l'étiquetage de cette marque sont regroupées dans le tableau suivant (tableau 13) :

Tableau 13 : Résultats des analyses et des valeurs de l'étiquetage de la marque Ain Bouglez (Mabrouki, 2026)

Paramètres	Les analyses	Étiquetage
pH	7,50	6,87
SO ₄ ²⁻	9,58	10
Cl ⁻	21,15	30
NO ₃ ⁻	1,80	9
NO ₂ ⁻	0,18	0,06
K ⁺	10,27	1
Na ⁺	26,22	29
Ca ²⁺	3,29	4,6
Mg ²⁺	7,87	3,75

Les données du tableau sont représentées sur l'histogramme suivant (Figure 20) :

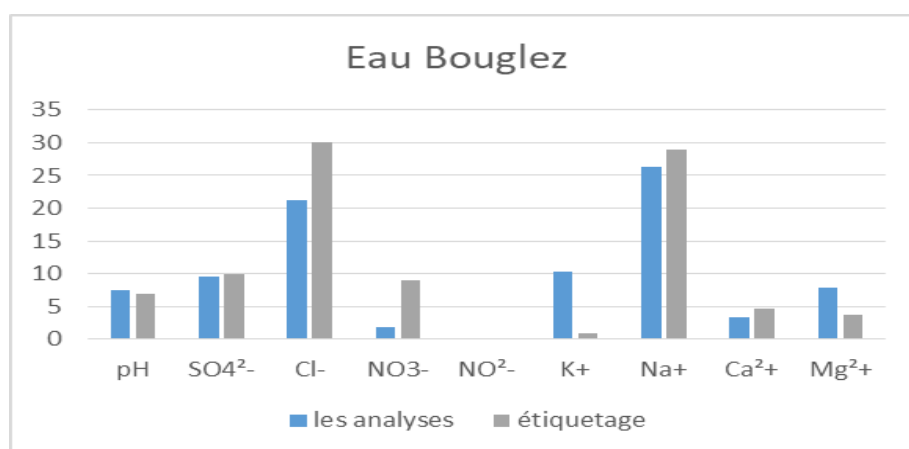


Figure 20 : Eau Ain Bouglez-Comparaison des résultats avec l'étiquetage (Mabrouki, 2026)

Sur la base des comparaisons, on constate que l'eau Bouglez présente des SO_4^{2-} pratiquement identiques à l'étiquetage (9,58 vs 10 mg/L).

Pour le reste des paramètres analysés (pH , Cl^- , NO_3^- , NO_2^- , K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}), les valeurs divergent de celles de l'étiquetage avec :

- Une différence de 0,63 pour le pH
- Une différence de 8,85 mg/L pour les chlorures
- Une différence de 7,2 mg/L pour les nitrates
- Une différence de 0,12 mg/L pour les nitrites
- Une différence de 9,27 mg/L pour le potassium
- Une différence de 2,78 mg/L pour le sodium
- Une différence de 1,31 mg/L pour le calcium et 4,12 mg/L pour le magnésium.

Néanmoins, toutes les valeurs mesurées respectent les normes réglementaires algériennes pour les eaux de source (Annexe 1 et Annexe 2). De façon générale, on peut conclure que, pour la marque Ain Bouglez, nos résultats révèlent des écarts modérés par rapport aux valeurs de l'étiquetage, suggérant une légère variabilité de composition ou des différences analytiques, sans compromettre la qualité globale et la potabilité de l'eau.

3.1.1.7 Eau Besbassa

Après avoir analysé les paramètres physico-chimiques de cette eau, les valeurs des résultats obtenus et celles figurant sur l'étiquetage de cette marque sont regroupées dans le tableau suivant (**tableau 14**) :

Tableau 14 : Résultats des analyses et des valeurs de l'étiquetage de la marque Besbassa (Mabrouki, 2026)

Paramètres	Les analyses	Étiquetage
pH	7,95	7,29
SO_4^{2-}	0,76	4
Cl^-	0,45	10
NO_3^-	2,28	9
NO_2^-	0,019	>0,01
K^+	8,85	2
Na^+	8,75	5
Ca^{2+}	66,14	54,16
Mg^{2+}	3,94	2,64

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

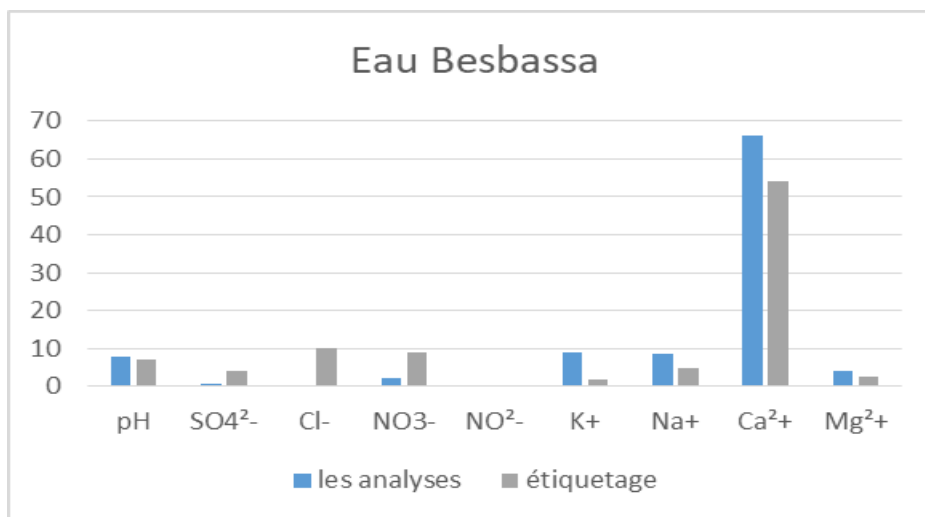


Figure 21 : Eau Besbassa-Comparaison des résultats avec l'étiquetage (Mabrouki, 2026)

Sur la base des comparaisons, on constate que l'eau Besbassa présente un NO_2^- pratiquement identique à l'étiquetage (0,019 vs $>0,01$ mg/L).

Pour le reste des paramètres analysés (pH , SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^- , K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}), les valeurs divergent de celles de l'étiquetage avec :

- Une différence de 0,66 pour le pH
- Une différence de 3,24 mg/L pour les sulfates
- Une différence de 9,55 mg/L pour les chlorures
- Une différence de 6,72 mg/L pour les nitrates
- Une différence de 6,85 mg/L pour le potassium
- Une différence de 3,75 mg/L pour le sodium
- Une différence de 11,98 mg/L pour le calcium et 1,3 mg/L pour le magnésium.

Néanmoins, toutes les valeurs mesurées respectent les normes réglementaires algériennes pour les eaux de sources (Annexe 1 et Annexe 2). De façon générale, on peut conclure que, pour la marque Besbassa, nos résultats révèlent des écarts modérés par rapport aux valeurs de l'étiquetage, suggérant une légère variabilité de composition ou des différences analytiques, sans compromettre la qualité globale et la potabilité de l'eau.

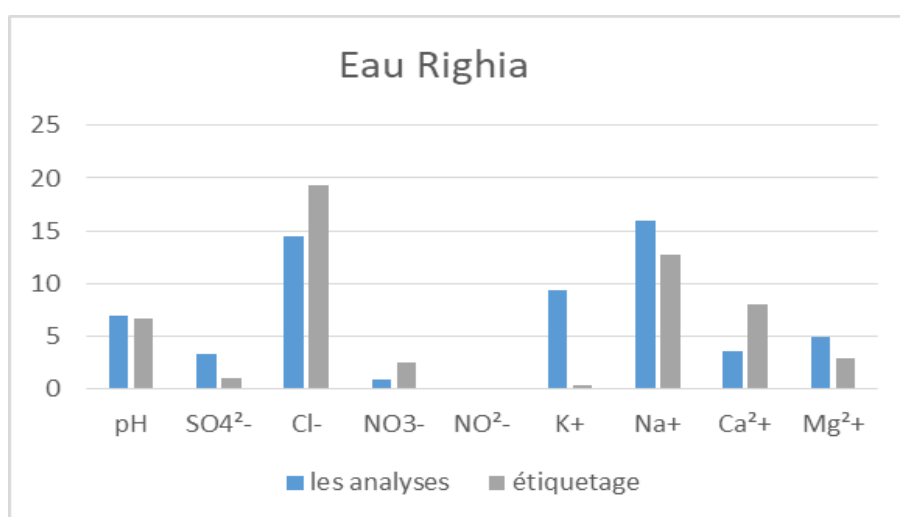
3.1.1.8 Eau Righia

Après avoir analysé les paramètres physico-chimiques de cette eau, les valeurs des résultats obtenus et celles figurant sur l'étiquetage de cette marque sont regroupées dans le tableau suivant (Tableau 15) :

Tableau 15 : Résultats des analyses et des valeurs de l'étiquetage de la marque Righia (Mabrouki, 2026)

Paramètres	Les analyses	Étiquetage
pH	6,95	6,70
SO ₄ ²⁻	3,33	1
Cl ⁻	14,43	19,30
NO ₃ ⁻	0,98	2,5
NO ₂ ⁻	0,11	0,02
K ⁺	9,33	0,35
Na ⁺	15,96	12,8
Ca ²⁺	3,66	8
Mg ²⁺	4,92	3

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



FFigure 22 : Eau Righia-Comparaison des résultats avec l'étiquetage (Mabrouki, 2026)

Sur la base des comparaisons, on constate que l'eau Righia présente un pH pratiquement identique à l'étiquetage (6,95 vs 6,70).

Pour le reste des paramètres analysés (SO₄²⁻, Cl⁻, NO₃⁻, NO₂⁻, K⁺, Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺), les valeurs divergent de celles de l'étiquetage avec :

- Une différence de 2,33 mg/L pour les sulfates
- Une différence de 4,87 mg/L pour les chlorures
- Une différence de 1,52 mg/L pour les nitrates
- Une différence de 0,09 mg/L pour les nitrites

- Une différence de 8,98 mg/L pour le potassium
- Une différence de 3,16 mg/L pour le sodium
- Une différence de 4,34 mg/L pour le calcium et 1,92 mg/L pour le magnésium.

Néanmoins, toutes les valeurs mesurées respectent les normes réglementaires algériennes pour les eaux de sources (Annexe 1 et Annexe 2)

De façon générale, on peut conclure que, pour la marque Righia, nos résultats révèlent des écarts modérés par rapport aux valeurs de l'étiquetage, suggérant une légère variabilité de composition, sans compromettre la qualité globale et la potabilité de l'eau.

3.1.1.9 Eau Serine

Après avoir analysé les paramètres physico-chimiques de cette eau, les valeurs des résultats obtenus et celles figurant sur l'étiquetage de cette marque sont regroupées dans le tableau suivant (Tableau 16) :

Tableau 16 : Résultats des analyses et des valeurs de l'étiquetage de al marque Serine (Mabrouki, 026)

Paramètres	Les analyses	Étiquetage
pH	6,70	7,12
SO ₄ ²⁻	3,33	52
Cl ⁻	0,45	150
NO ₃ ⁻	0,68	0,1
NO ₂ ⁻	0,11	0,01
K ⁺	9,13	1
Na ⁺	4,80	80
Ca ²⁺	0	93,73
Mg ²⁺	0	41,35

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

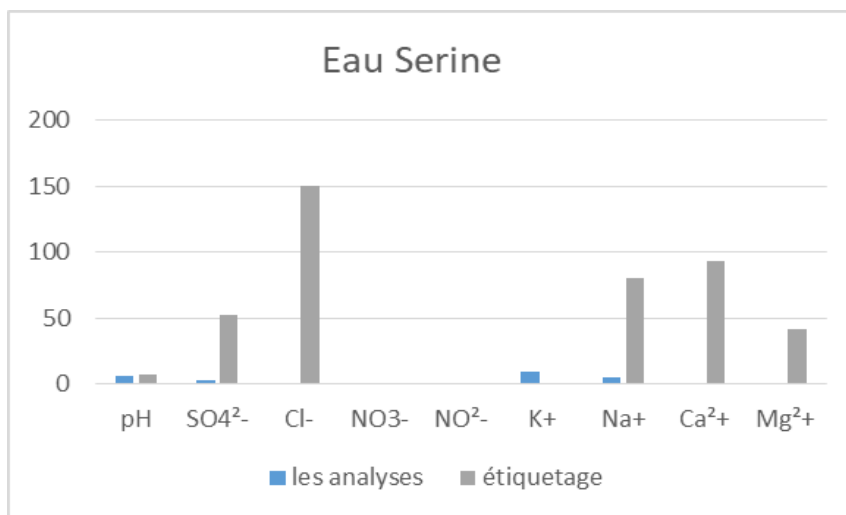


Figure 23 : Eau Serine-Comparaison des résultats avec l'étiquetage (Mabrouki, 2026)

Sur la base des comparaisons, on constate que l'eau Serine présente un pH inférieur à l'étiquetage (6,70 vs 7,12).

Pour le reste des paramètres analysés (SO₄²⁻, Cl⁻, NO₃⁻, NO₂⁻, K⁺, Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺), les valeurs divergent fortement de celles de l'étiquetage avec :

- Une différence de 48,67 mg/L pour les sulfates
- Une différence de 149,55 mg/L pour les chlorures
- Une différence de 0,58 mg/L pour les nitrates
- Une différence de 0,10 mg/L pour les nitrites
- Une différence de 8,13 mg/L pour le potassium
- Une différence de 75,20 mg/L pour le sodium
- Une différence de 93,73 mg/L pour le calcium et 41,35 mg/L pour le magnésium.

Néanmoins, toutes les valeurs mesurées respectent les normes réglementaires algériennes pour les eaux de sources (Annexe 1 et Annexe 2)

De façon générale, on peut conclure que, pour la marque Serine, nos résultats révèlent des écarts significatifs par rapport aux valeurs de l'étiquetage, notamment pour les sulfates, les chlorures, le sodium et le calcium qui sont très incohérents.

Ceci est, probablement, dû à une variabilité marquée de la composition de cette eau ou à des différences analytiques, dues aux manipulations expérimentales, sans compromettre la qualité globale et la potabilité de l'eau, bien qu'il semble incompréhensible l'absence totale de calcium et de magnésium.

3.1.1.10 Eau Taya

Après avoir analysé les paramètres physico-chimiques de cette eau, les valeurs des résultats obtenus et celles figurant sur l'étiquetage de cette marque sont regroupées dans le tableau

suivant (Tableau 17) :

Tableau 17 : Résultats des analyses et des valeurs de l'étiquetage de la marque Taya
(Mabrouki, 2026)

Paramètres	Les analyses	Étiquetage
pH	7,82	7,3
SO ₄ ²⁻	52,16	82
Cl ⁻	0,45	110
NO ₃ ⁻	3,11	17,37
NO ₂ ⁻	0,15	<0,01
K ⁺	9,18	1
Na ⁺	51,11	55
Ca ²⁺	54,64	47,25
Mg ²⁺	60,92	12,48

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

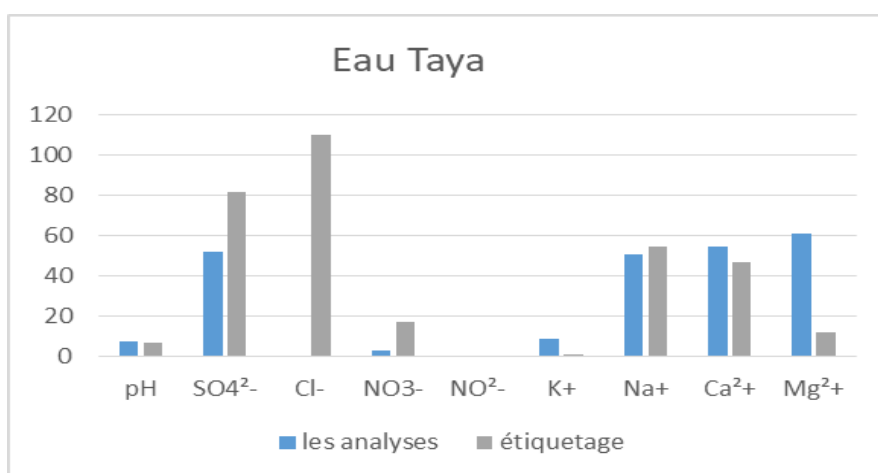


Figure 24 : Eau Taya-Comparaison des résultats avec l'étiquetage
(Mabrouki, 2026)

Sur la base des comparaisons, on constate que l'eau Taya présente un Na⁺ pratiquement identique à l'étiquetage (51,11 vs 55 mg/L).

Pour le reste des paramètres analysés (pH, SO₄²⁻, Cl⁻, NO₃⁻, NO₂⁻, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺), les valeurs divergent de celles de l'étiquetage avec :

- Une différence de 0,52 pour le pH
- Une différence de 29,84 mg/L pour les sulfates
- Une différence de 109,55 mg/L pour les chlorures
- Une différence de 14,26 mg/L pour les nitrates
- Une différence de 0,14 mg/L pour les nitrites
- Une différence de 8,18 mg/L pour le potassium
- Une différence de 7,39 mg/L pour le calcium et 48,44 mg/L pour le magnésium.

Néanmoins, toutes les valeurs mesurées respectent les normes réglementaires algériennes pour les eaux de sources (Annexe 1 et Annexe 2).

De façon générale, on peut conclure que, pour la marque Taya, nos résultats révèlent des écarts significatifs par rapport aux valeurs de l'étiquetage, notamment pour les chlorures, suggérant une variabilité de composition ou des différences analytiques, sans compromettre la qualité globale et la potabilité de l'eau.

3.1.1.11 Eau Hayat

Après avoir analysé les paramètres physico-chimiques de cette eau, les valeurs des résultats obtenus et celles figurant sur l'étiquetage de cette marque sont regroupées dans le tableau suivant (Tableau 18) :

Tableau 18 : Résultats des analyses et des valeurs de l'étiquetage de la marque Hayat (Mabrouki, 2026)

Paramètres	Les analyses	Étiquetage
pH	7,76	7,1
SO ₄ ²⁻	150,37	85
Cl ⁻	0,45	50
NO ₃ ⁻	1,09	7,87
NO ₂ ⁻	0,13	<0,01
K ⁺	7,60	1
Na ⁺	26,36	29,3
Ca ²⁺	86,89	90
Mg ²⁺	72,57	27

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

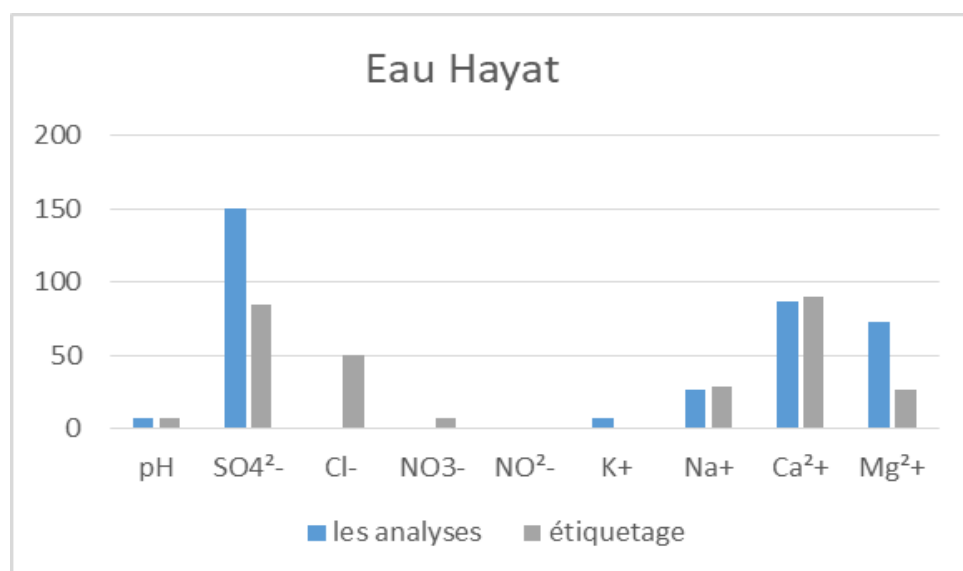


Figure 25 : Eau Hayat-Comparaison des résultats avec l'étiquetage
(Mabrouki, 2026)

Sur la base des comparaisons, on constate que l'eau Hayat présente un Ca²⁺ pratiquement identique à l'étiquetage (86,89 vs 90 mg/L).

Pour le reste des paramètres analysés (pH, SO₄²⁻, Cl⁻, NO₃⁻, NO₂⁻, K⁺, Na⁺, Mg²⁺), les valeurs divergent de celles de l'étiquetage avec :

- Une différence de 0,66 pour le pH
- Une différence de 65,37 mg/L pour les sulfates
- Une différence de 49,55 mg/L pour les chlorures
- Une différence de 6,78 mg/L pour les nitrates
- Une différence de 0,12 mg/L pour les nitrites
- Une différence de 6,60 mg/L pour le potassium
- Une différence de 2,94 mg/L pour le sodium et 45,57 mg/L pour le magnésium.

Néanmoins, toutes les valeurs mesurées respectent les normes réglementaires algériennes pour les eaux de sources (Annexe 1 et Annexe 2).

De façon générale, on peut conclure que, pour la marque Hayat, nos résultats révèlent des écarts significatifs par rapport aux valeurs de l'étiquetage, notamment pour les sulfates, les chlorures et le magnésium. Ces écarts de valeurs sont dus, soit à une variabilité de composition ou à des différences analytiques, mais sans compromission de la qualité globale et la potabilité de cette eau.

3.1.1.12 Eau Ovitale

Après avoir analysé les paramètres physico-chimiques de cette eau, les valeurs des résultats obtenus et celles figurant sur l'étiquetage de cette marque sont regroupées dans le tableau

suivant (Tableau 19) :

Tableau 19 : Résultats des analyses et des valeurs de l'étiquetage de la marque Ovitale (Mabrouki, 2026)

Paramètres	Les analyses	Étiquetage
pH	7,97	6,92
SO ₄ ²⁻	58,58	75
Cl ⁻	31,5	50
NO ₃ ⁻	1,32	5,10
NO ₂ ⁻	0,09	0
K ⁺	8,27	1
Na ⁺	33,03	30
Ca ²⁺	74	80
Mg ²⁺	31	14

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

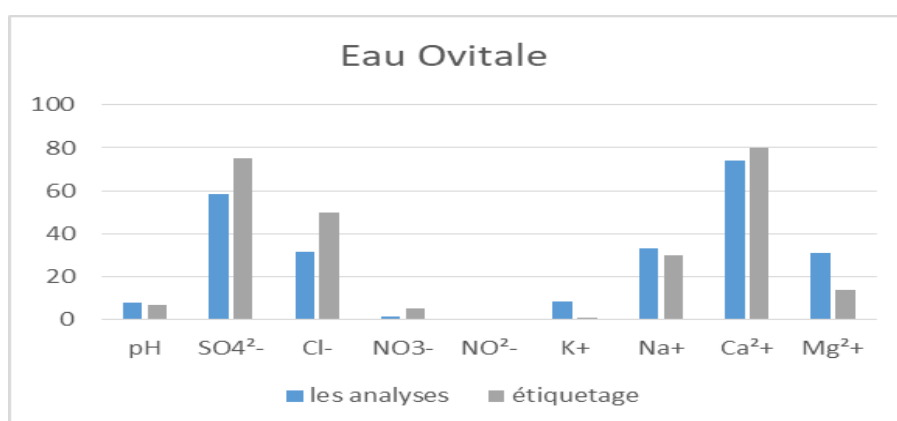


Figure 26 : Eau Ovitale-Comparaison des résultats avec l'étiquetage (Mabrouki, 2026)

Sur la base des comparaisons, on constate que l'eau Ovitale présente un Na⁺ pratiquement identique à l'étiquetage (33,03 vs 30 mg/L).

Pour le reste des paramètres analysés (pH, SO₄²⁻, Cl⁻, NO₃⁻, NO₂⁻, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺), les valeurs divergent de celles de l'étiquetage avec :

- Une différence de 1,05 pour le pH
- Une différence de 16,42 mg/L pour les sulfates
- Une différence de 18,5 mg/L pour les chlorures
- Une différence de 3,78 mg/L pour les nitrates
- Une différence de 0,09 mg/L pour les nitrites
- Une différence de 7,27 mg/L pour le potassium
- Une différence de 6 mg/L pour le calcium et 17 mg/L pour le magnésium.

Néanmoins, toutes les valeurs mesurées respectent les normes réglementaires algériennes pour les eaux de sources (Annexe 1 et Annexe 2)

De façon générale, on peut conclure que, pour la marque Ovitale, nos résultats révèlent des écarts modérés par rapport aux valeurs de l'étiquetage, suggérant une légère variabilité de composition ou des différences analytiques, sans compromettre la qualité globale et la potabilité de l'eau.

3.1.1.13 Eau Tafrant

Après avoir analysé les paramètres physico-chimiques de cette eau, les valeurs des résultats obtenus sont regroupées dans le tableau suivant (Tableau 20) :

Tableau 20 : Résultats des analyses et des valeurs de l'étiquetage de la marque Tafrant (Mabrouki, 2026)

Paramètres	Les analyses	Étiquetage
pH	7,75	7,45
SO ₄ ²⁻	176,08	90
Cl ⁻	0,23	78
NO ₃ ⁻	3,15	28,64
NO ₂ ⁻	0,60	0,01
K ⁺	8,85	1,1
Na ⁺	58,43	86,4
Ca ²⁺	106,4	100
Mg ²⁺	43,79	9

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

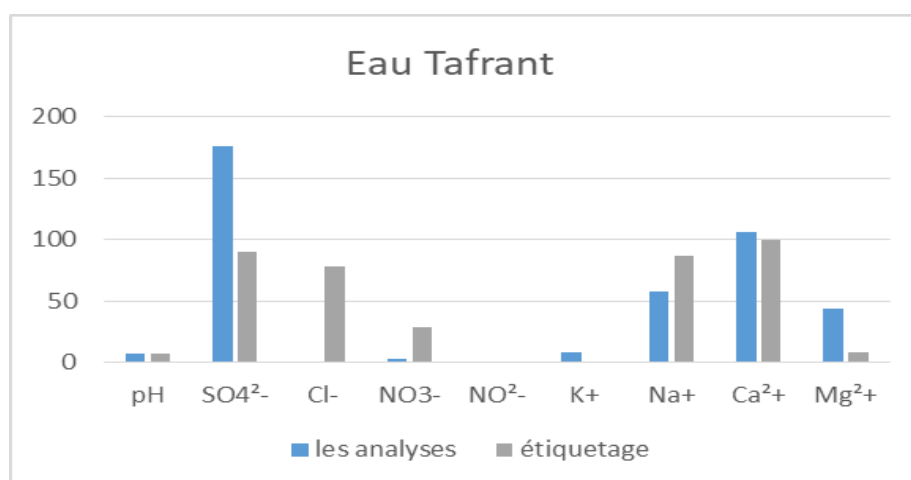


Figure 27 : Eau Tafrant-Comparaison des résultats avec l'étiquetage (Mabrouki, 2026)

Sur la base des comparaisons, on constate que l'eau Tafrant présente un Ca^{2+} pratiquement identique à l'étiquetage (106,4 vs 100 mg/L).

Pour le reste des paramètres analysés (pH , SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^- , NO_2^- , K^+ , Na^+ , Mg^{2+}), les valeurs divergent de celles de l'étiquetage avec :

- Une différence de 0,30 pour le pH
- Une différence de 86,08 mg/L pour les sulfates
- Une différence de 77,77 mg/L pour les chlorures
- Une différence de 25,49 mg/L pour les nitrates
- Une différence de 0,59 mg/L pour les nitrites
- Une différence de 7,75 mg/L pour le potassium
- Une différence de 28 mg/L pour le sodium et 34,79 mg/L pour le magnésium.

Néanmoins, toutes les valeurs mesurées respectent les normes réglementaires algériennes pour les eaux de source (Annexe 1 et Annexe 2).

De façon générale, on peut conclure que, pour la marque Tafrant, nos résultats révèlent des écarts significatifs par rapport aux valeurs de l'étiquetage, suggérant une variabilité de composition ou des différences analytiques, sans compromettre la qualité globale et la potabilité de l'eau.

3.1.1.14 Eau Aryef

Après avoir analysé les paramètres physico-chimiques de cette eau, les valeurs des résultats obtenus et celles figurant sur l'étiquetage de cette marque sont regroupées dans le tableau suivant (Tableau 21) :

Tableau 21 : Résultats des analyses et des valeurs de l'étiquetage de la marque Ariaef (Mabrouki, 2026)

Paramètres	Les analyses	Étiquetage
pH	7,97	7,25
SO_4^{2-}	155,10	163,12
Cl^-	31,5	197,97
NO_3^-	1,32	6,17
NO_2^-	0,09	0
K^+	8,27	1,5
Na^+	33,03	96,3
Ca^{2+}	86,86	94,4
Mg^{2+}	48,82	32,07

Les données du tableau nous ont permis d'établir les comparaisons figurant sur l'histogramme

suivant (Figure 28) :

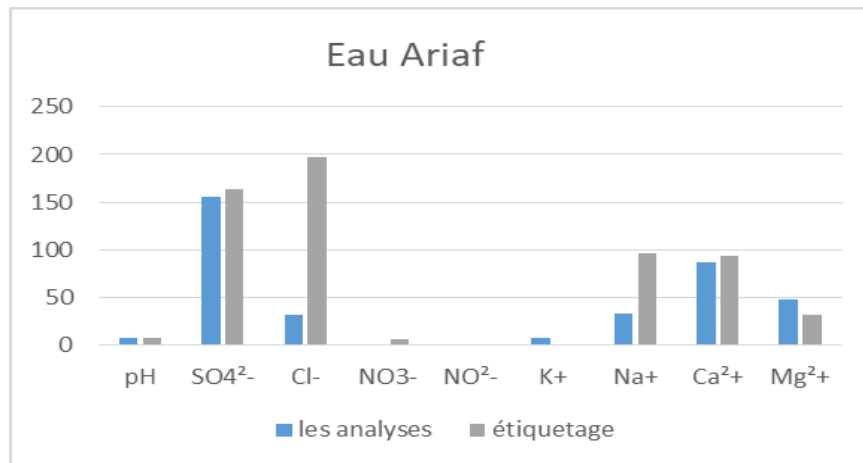


Figure 28 : Eau Arief-Comparaison des résultats avec l'étiquetage
(Mabrouki, 2026)

Sur la base des comparaisons, on constate que l'eau Arief présente des SO₄²⁻ pratiquement identiques à l'étiquetage (155,10 vs 163,12 mg/L).

Pour le reste des paramètres analysés (pH, Cl⁻, NO₃⁻, NO₂⁻, K⁺, Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺), les valeurs divergent de celles de l'étiquetage avec :

- Une différence de 0,72 pour le pH
- Une différence de 166,47 mg/L pour les chlorures
- Une différence de 4,85 mg/L pour les nitrates
- Une différence de 0,09 mg/L pour les nitrites
- Une différence de 6,77 mg/L pour le potassium
- Une différence de 63,27 mg/L pour le sodium
- Une différence de 7,54 mg/L pour le calcium et 16,75 mg/L pour le magnésium.

Néanmoins, toutes les valeurs mesurées respectent les normes réglementaires algériennes pour les eaux de sources (Annexe 1 et Annexe 2).

De façon générale, on peut conclure que, pour la marque Arief, nos résultats révèlent des écarts significatifs par rapport aux valeurs de l'étiquetage, notamment pour les chlorures et le sodium, suggérant une variabilité de composition ou des différences analytiques, sans compromettre la qualité globale et la potabilité de l'eau.

3.1.1.15 Eau Lala Louiza

Les résultats des analyses des paramètres physico-chimiques de cette marque d'eau sont regroupés dans le tableau suivant (Tableau 22) :

Tableau 22 : Résultats des analyses et des valeurs de l'étiquetage de la marque Lala Louiza (Mabrouki, 2026)

Paramètres	Les analyses	Étiquetage
pH	7,51	7,46
SO ₄ ²⁻	150,73	28
Cl ⁻	0,90	30
NO ₃ ⁻	2,62	19
NO ₂ ⁻	0,21	0
K ⁺	9,07	1
Na ⁺	17,29	31
Ca ²⁺	95,31	85,69
Mg ²⁺	53,14	13,44

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

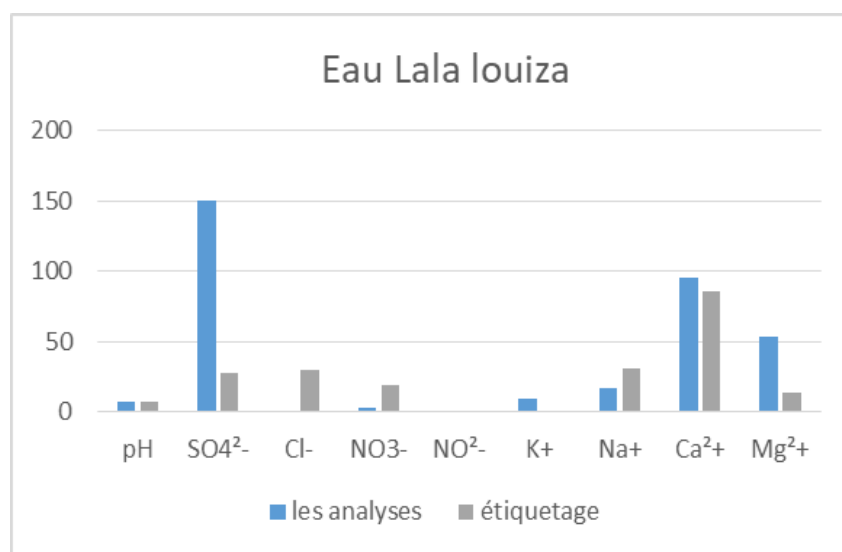


Figure 29 : Eau Lala Louiza-Comparaison de srésultats avec l'étiquetage (Mabrouki, 2026)

Sur la base des comparaisons, on constate que l'eau Lala Louiza présente un pH pratiquement identique à l'étiquetage (7,51 vs 7,46).

Pour le reste des paramètres analysés (SO₄²⁻, Cl⁻, NO₃⁻, NO₂⁻, K⁺, Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺), les valeurs des analyses sont significativement différentes de celles de l'étiquetage

- Une différence de 122,73 mg/L pour les sulfates
- Une différence de 29,1 mg/L pour les chlorures
- Une différence de 16,38 mg/L pour les nitrates

- Une différence de 0,21 mg/L pour les nitrites
- Une différence de 8,07 mg/L pour le potassium
- Une différence de 13,71 mg/L pour le sodium
- Une différence de 9,62 mg/L pour le calcium et 39,7 mg/L pour le magnésium.

Néanmoins, toutes les valeurs mesurées respectent les normes réglementaires algériennes pour les eaux de source (Annexe 1 et Annexe 2).

De façon générale, on peut conclure que, pour la marque Lala Louiza, nos résultats révèlent des écarts marqués par rapport aux valeurs de l'étiquetage, suggérant une variabilité saisonnière ou des différences analytiques, sans compromettre la qualité globale de l'eau.

3.1.1.16 Eau Djazia

Après avoir analysé les paramètres physico-chimiques de cette eau, les valeurs des résultats obtenus et celles figurant sur l'étiquetage de cette marque sont regroupées dans le tableau suivant (Tableau 21) :

Tableau 23 : Résultats des analyses et des valeurs de l'étiquetage de la marque Djazia (Mabrouki, 2026)

Paramètres	Les analyses	Étiquetage
pH	7,85	7,21
SO₄²⁻	148,58	64
Cl⁻	9,45	43
NO₃⁻	6,81	20,20
NO₂⁻	0,05	<0,01
K⁺	8,59	2
Na⁺	23,64	34
Ca²⁺	92,85	103
Mg²⁺	70,89	27

Les données du tableau nous ont permis d'établir les comparaisons figurant sur l'histogramme suivant (Figure 30) :

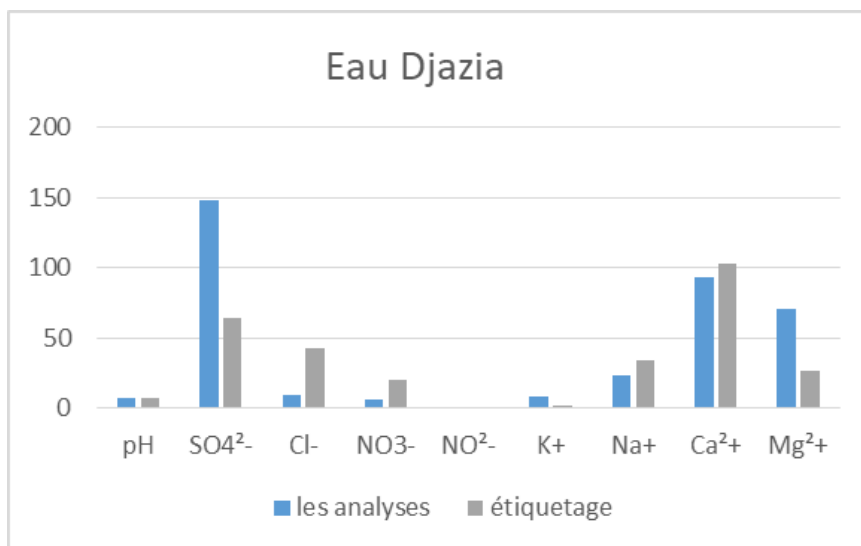


Figure 30 : Eau Djazia-Comparaison des résultats avec l'étiquetage (Mabrouki, 2026)

Sur la base des comparaisons, on constate que l'eau Djazia présente un NO₂⁻ pratiquement identique à l'étiquetage (0,05 vs <0,01 mg/L).

Pour le reste des paramètres analysés (pH, SO₄²⁻, Cl⁻, NO₃⁻, K⁺, Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺), les valeurs divergent de celles de l'étiquetage avec :

- Une différence de 0,64 pour le pH
- Une différence de 84,58 mg/L pour les sulfates
- Une différence de 33,55 mg/L pour les chlorures
- Une différence de 13,39 mg/L pour les nitrates
- Une différence de 6,59 mg/L pour le potassium
- Une différence de 10,36 mg/L pour le sodium
- Une différence de 10,15 mg/L pour le calcium et 43,89 mg/L pour le magnésium.

Néanmoins, toutes les valeurs mesurées respectent les normes réglementaires algériennes pour les eaux de sources (Annexe 1 et Annexe 2), bien que des écarts significatifs par rapport aux valeurs de l'étiquetage, sont notés, notamment pour les sulfates et les nitrates, suggérant une variabilité dans la composition de cette eau.

3.1.1.17 Eau Djemorah

Après avoir analysé les paramètres physico-chimiques de cette eau, les valeurs des résultats obtenus et celles figurant sur l'étiquetage de cette marque sont regroupées dans le tableau suivant (Tableau 24) :

Tableau 24 : Résultats des analyse ste valeurs de l'étiquetage de la marque Djemorah (Mabrouki, 2026)

Paramètres	Les analyses	Étiquetage
pH	7,76	7,57
SO ₄ ²⁻	1,901	220
Cl ⁻	0,45	128
NO ₃ ⁻	4,91	20,41
NO ₂ ⁻	0,15	0,01
K ⁺	9,46	1,1
Na ⁺	105,11	98
Ca ²⁺	84,63	82
Mg ²⁺	100,37	47

Les données du tableau nous ont permis d'établir les comparaisons figurant sur l'histogramme suivant (Figure 31) :

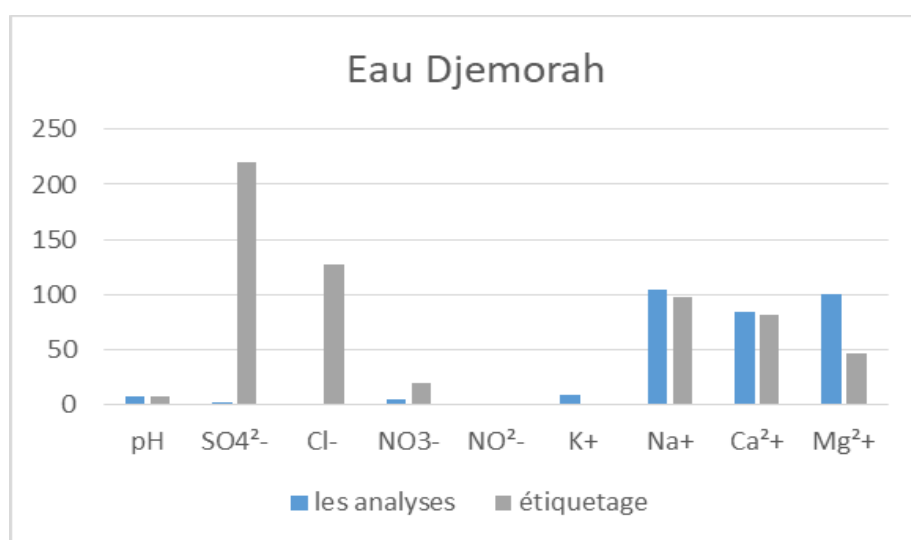


Figure 31 : Eau Djemorah-Comparaison des résultats avec l'étiquetage (Mabrouki, 2026)

Sur la base des comparaisons, on constate que l'eau Djemorah présente un pH pratiquement identique à l'étiquetage (7,76 vs 7,57).

Pour le reste des paramètres analysés (SO₄²⁻, Cl⁻, NO₃⁻, NO₂⁻, K⁺, Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺), les valeurs divergent de celles de l'étiquetage avec :

- Une différence de 218,1 mg/L pour les sulfates
- Une différence de 127,55 mg/L pour les chlorures
- Une différence de 15,5 mg/L pour les nitrates

- Une différence de 0,14 mg/L pour les nitrites
- Une différence de 8,36 mg/L pour le potassium
- Une différence de 7,11 mg/L pour le sodium
- Une différence de 2,63 mg/L pour le calcium et 53,37 mg/L pour le magnésium.

Néanmoins, toutes les valeurs mesurées respectent les normes réglementaires algériennes pour les eaux de sources (Annexe 1 et Annexe 2).

De façon générale, on peut conclure que, pour la marque Djemorah, nos résultats révèlent des écarts significatifs par rapport aux valeurs de l'étiquetage, notamment pour les sulfates et les chlorures et le magnésium, dus soit à la variabilité de composition, ou aux différences analytiques (manipulations).

3.2 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 calcium (Ca^{2+}), le magnésium (Mg^{2+}), le pH, la conductivité, la dureté, le titre alcalimétrique (TA), le titre alcalimétrique complet (TAC), et la dureté totale (TH).

3.2.1 Sulfates

Les résultats de l'étude sont représentés graphiquement par l'Histogramme suivant (Figure 32) :

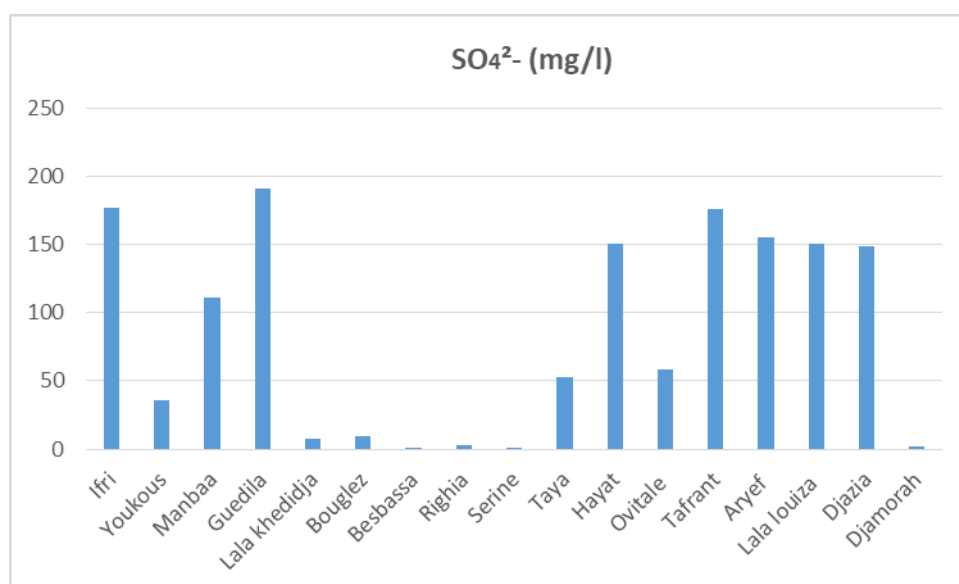


Figure 32 : Résultats de la teneur en sulfates
(Mabrouki, 2026)

La teneur en sulfates (SO_4^{2-}) des eaux minérales et de source dépend de la nature des roches

traversées (par exemple, dissolution de gypse) et de l'origine hydrothermale, ce qui modifie leur minéralisation et leur saveur (OMS, 2022).

Pour les eaux minérales naturelles analysées, la teneur en sulfates varie de 7,35 mg/l (Lala khedidja) à 191,44mg/l (Guedila).

Pour les eaux de source, les valeurs observées s'étendent de 0,76 mg/l (Besbassa) à 176,98 mg/l (Tafrant).

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.

Les résultats obtenus sont également en accord avec ceux rapportés dans des travaux antérieurs. En effet, (Bouhali et al., 2020), ont relevé des teneurs en sulfates variant entre 7 mg/l et 455 mg/l, valeurs dépassant la limite réglementaire fixée à 400 mg/l. Ces données indiquent que certaines eaux analysées ne sont pas totalement conformes aux normes algériennes en matière de qualité des eaux conditionnées.

3.2.2 Les chlorure

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

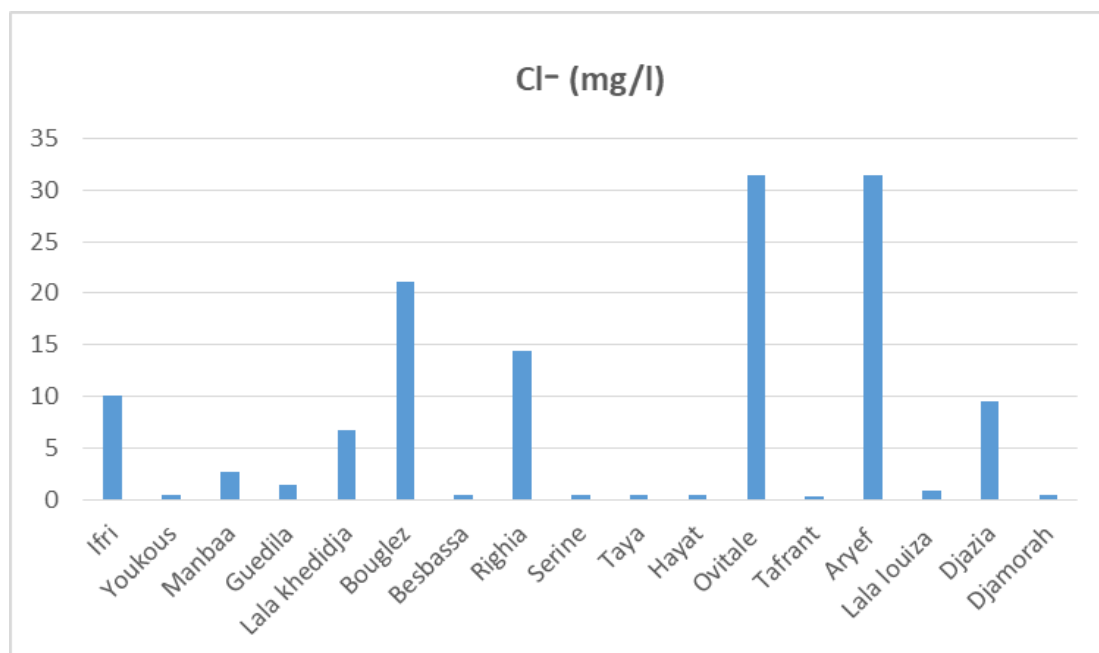


Figure 33 : Résultats de la teneur en chlorures
(Mabrouki, 2026)

Les chlorures dans les eaux souterraines proviennent souvent de la dissolution de NaCl dans les roches évaporitiques, de l'intrusion marine ou d'apports anthropiques comme les engrais organiques et minéraux (Debieche, 2002 ; Rodier et al., 2009).

Pour les eaux minérales naturelles, les teneurs varient entre 0,45 mg/l (Youkous) et 10,08 mg/l (Ifri).

Pour les eaux de source, elles s'étendent de 0,23 mg/l (Tafrant) à 31,5 mg/l (Ovitale) et (Aryef).

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 demeurent en deçà de cette limite, ce qui atteste de leur conformité à la législation nationale.

Nos résultats rejoignent ceux rapportés dans l'étude de (Bouhali et al., 2020), qui indiquent des teneurs en chlorures allant de 2,55 mg/l à 150 mg/l, restant dans les normes réglementaires. De même, l'étude de (Aguagnia et Ounaissia, 2013), corrobore nos observations, avec des concentrations comprises entre 14,2 mg/l et 154,9 mg/l.

La présence de chlorures à des niveaux modérés est acceptable du point de vue de la potabilité, bien qu'une surveillance régulière soit recommandée, notamment dans les zones où une contamination anthropique (agriculture intensive, rejets domestiques ou industriels), pourrait modifier l'équilibre ionique des eaux.

3.2.3 Les nitrates

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

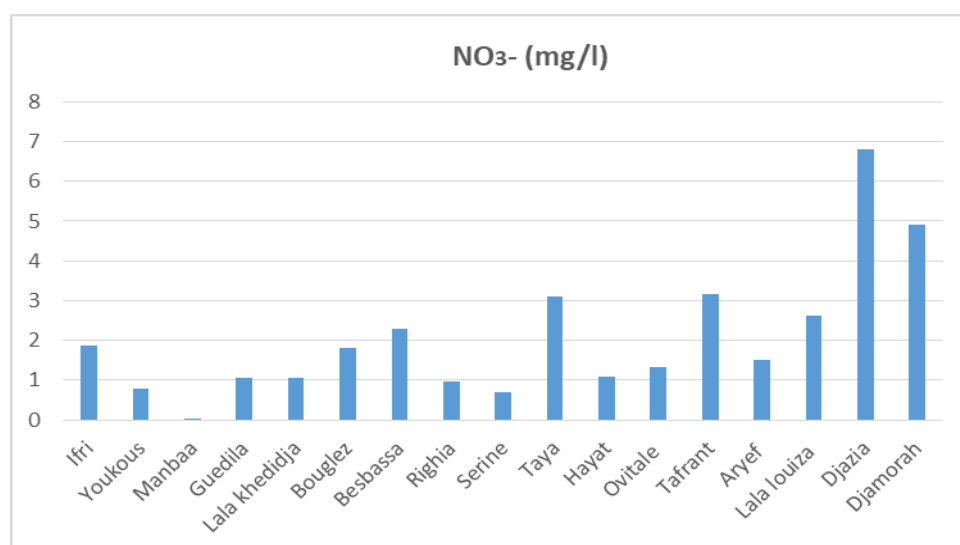


Figure 34 : Résultats de la teneur en nitrates
(Mabrouki, 2026)

La présence de nitrates dans les eaux signale une pollution liée à des activités humaines, notamment l'agriculture intensive (usage intensif d'engrais chimiques et organiques), les dysfonctionnements des réseaux d'assainissement urbains ou certaines activités industrielles (Ghodbane, 2018).

Pour les eaux minérales naturelles présentent des teneurs en nitrates comprises entre 0,45 mg/l (Manbaa) et 1,86 mg/l (Ifri).

Pour les eaux de source affichent des concentration allant de 0,68 mg/l (Serine) à 6,81mg/l (El djazia).

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

Ces résultats sont globalement en accord avec ceux rapportés dans la littérature. En effet, (Bouhali et al., 2020), ont relevé des concentrations très faibles, variant entre 0 et 0,02 mg/l, tandis que Aguagnia et Ounaissia (2013) mentionnent des teneurs comprises entre 0,1 mg/l et 5 mg/l. La légère différence observée avec certaines de nos valeurs, notamment pour les eaux de source, pourrait s'expliquer par des variations locales liées aux conditions géologiques ou à l'influence des activités humaines.

3.2.4 Les nitrites

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

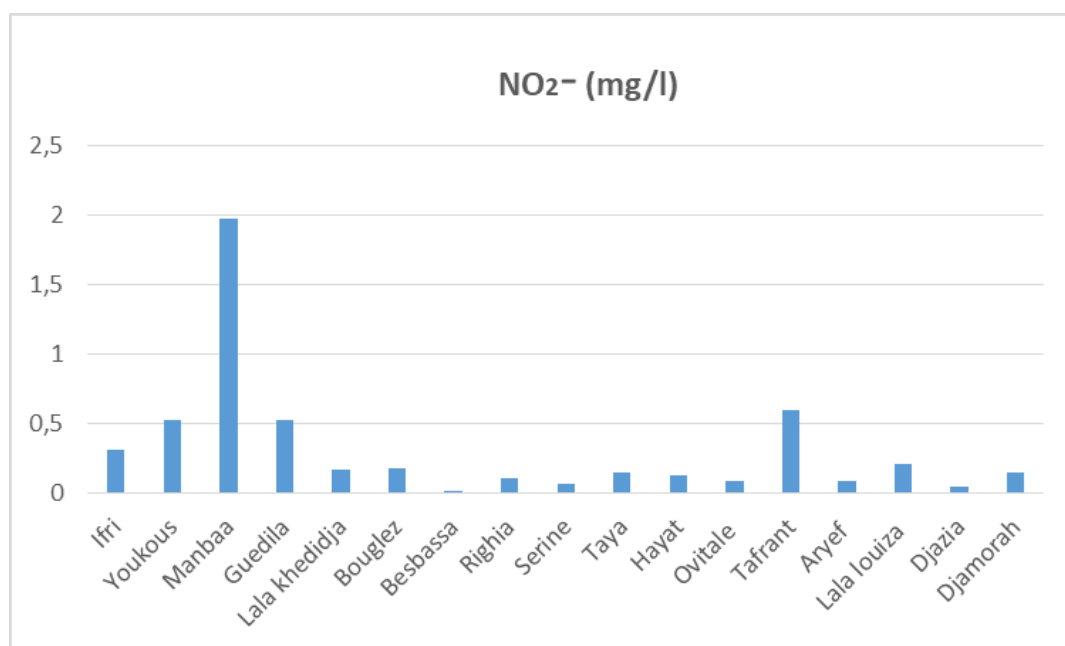


Figure 35 : Résultats de la teneur en nitrites
(Mabrouki, 2026)

À partir des résultats obtenus, il apparaît que :

- Pour les eaux minérales naturelles, les concentrations en nitrites varient de 0,17 mg/l (Lala khedidja) à 1,97 mg/l (Manbaa)
 - Pour les eaux de source, elles s'échelonnent de 0,019 mg/l (Besbassa) à 0,60 mg/l (Tafrant).
- La norme fixée pour les nitrites est de 0,1 mg/l selon la réglementation en vigueur (JORA, 2006). Ainsi, certaines valeurs mesurées, notamment dans les eaux minérales naturelles et certaines eaux de source, dépassent cette limite, ce qui indique une non-conformité partielle des échantillons analysés.

3.2.5 Le potassium

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

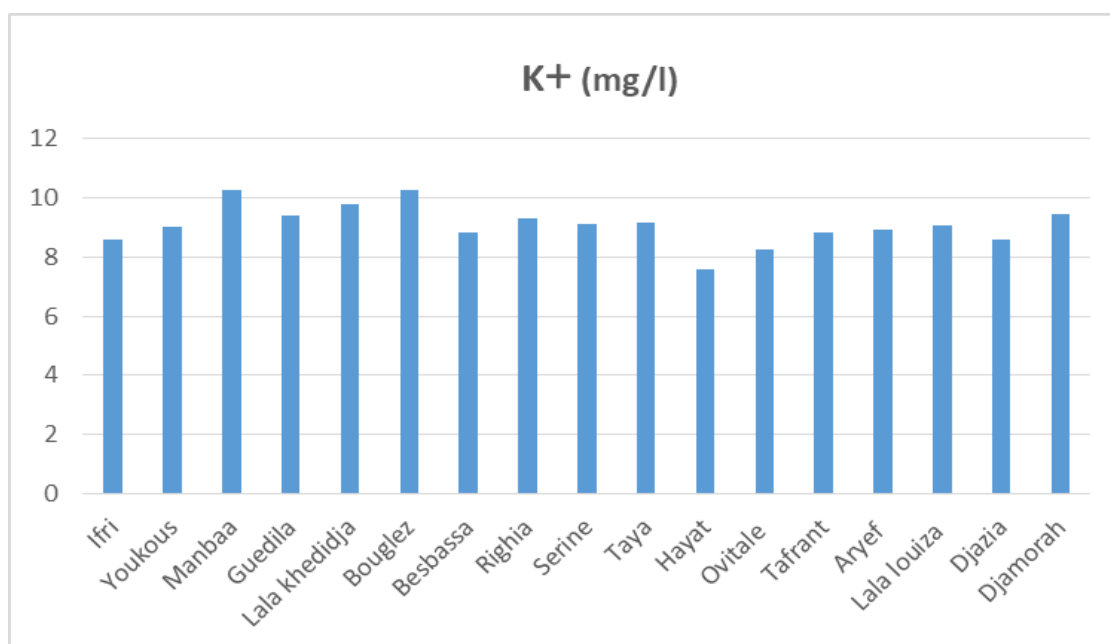


Figure 36 : Résultats de la teneur en potassium
(Mabrouki, 2026)

Le potassium, naturellement présent dans les roches magmatiques et formations argileuses, montre des concentrations généralement inférieures à 15 mg/l dans les eaux souterraines non polluées par des apports anthropiques (Boudoukha et Boumaza, 2018).

D'après nos analyses :

- Pour les eaux minérales naturelles présentent des teneurs en potassium allant de 8,59 mg/l (Ifri) à 10,27 mg/l (Manbaa).

- Pour les eaux de source montrent des concentrations comprises entre 7,60 mg/l (Hayat) et 10,27 mg/l (Ain Bouglez).

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

Ces résultats sont globalement en accord avec ceux rapportés dans d'autres études nationales. Ainsi, (Bouhali et al., 2020), ont relevé des teneurs, variant entre 0,54 mg/l et 6,2 mg/l. Ces données confirment la cohérence globale des observations et indiquent une bonne qualité des eaux analysées pour ce paramètre.

3.2.6 Le sodium

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

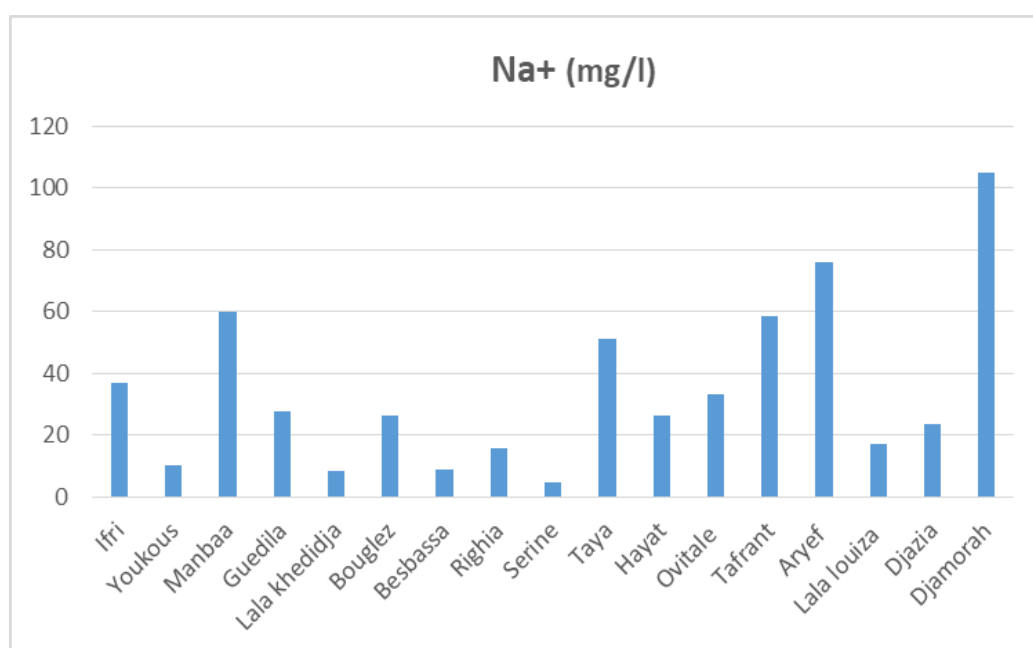


Figure 37 : Résultats de la teneur en sodium
(Mabrouki, 2026)

Les résultats obtenus pour le sodium montrent que :

- Pour les eaux minérales naturelles, les concentrations varient de 8,43 mg/l (Lala Khedidja) à 59,97 mg/l (Manbaa).
- Pour les eaux de source, les concentrations s'étendent de 4,80 mg/l (Serine) à 105,11 mg/l (Djemorah).

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 analysée.

Ces résultats sont, globalement, en accord avec ceux rapportés dans d'autres études nationales. Ainsi, (Bouhali et al., 2020), ont relevé des teneurs, variant entre 5 mg/l et 63,4 mg/l. Ces données confirment la cohérence globale des observations et indiquent une bonne qualité des eaux analysées pour ce paramètre.

3.2.7 Le calcium

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

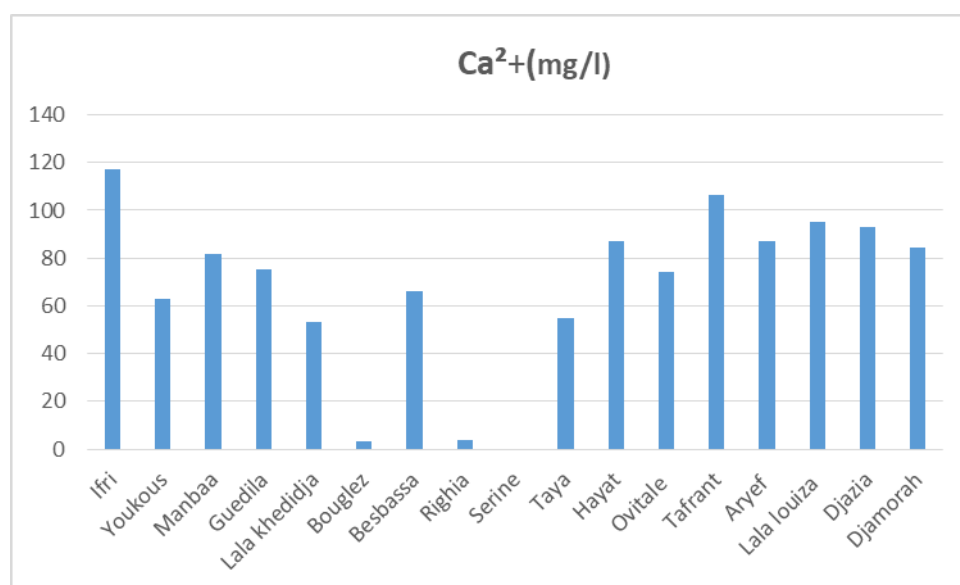


Figure 38 : Résultats de la teneur en calcium (Mabrouki, 2026)

Les résultats obtenus pour le calcium montrent que :

- Pour les eaux minérales naturelles, les concentrations varient de 53 mg/l (Lala khedidja) à 117,08 mg/l (Ifri).
- Pour les eaux de source, les concentrations s'étendent de 0 mg/l (Serine) à 106,4 mg/l (Tafrant).

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 analysée.

Nos résultats sont, globalement, en accord avec ceux rapportés dans l'étude de (Bouhali et al., 2020), qui indique des teneurs en calcium, variant entre 30 mg/l et 143 mg/l et restant dans les

limites réglementaires. En revanche, l'étude de Aguagnia et Ounaissia (2013), corrobore partiellement ces observations, avec des concentrations comprises entre 8,2 mg/l et 776,6 mg/l, où certaines valeurs dépassent largement la limite de la référence adoptée dans notre étude.

3.2.8 Le magnésium

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

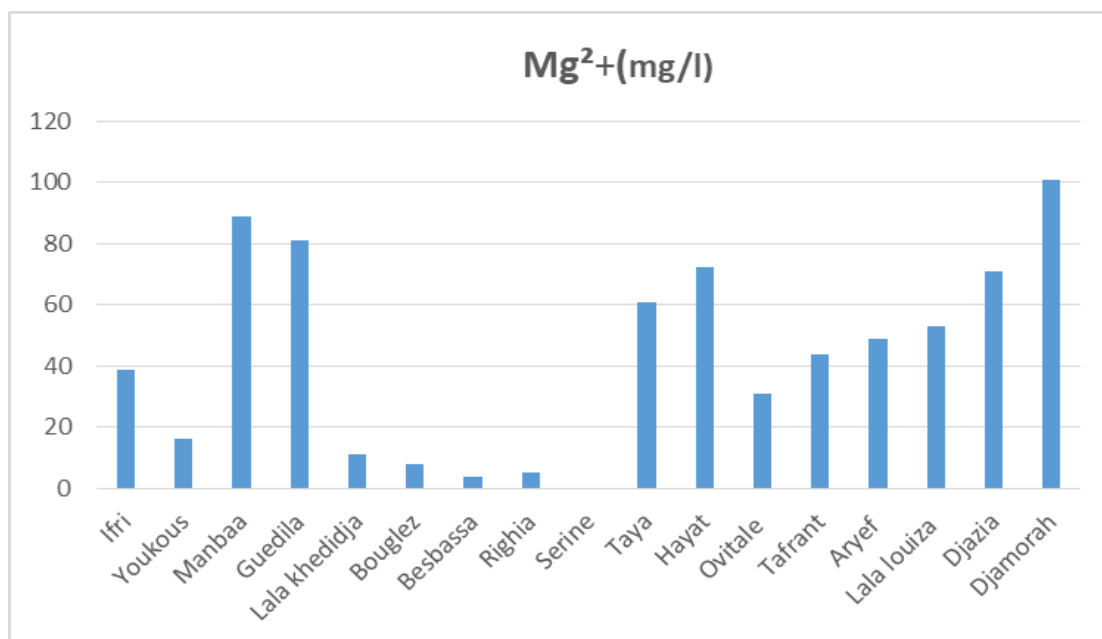


Figure 39 : Résultats de la teneur en magnésium
(Mabrouki, 2026)

Les résultats obtenus pour le magnésium montrent que :

- Pour les eaux minérales naturelles, les concentrations varient de 11,32 mg/l (Lala khedidja) à 89,05 mg/l (Manbaa).
- Pour les eaux de source, les concentrations s'étendent de 0 mg/l (Serine) à 100,73 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 analysée.

Ces résultats sont globalement en accord avec ceux rapportés dans la littérature. En effet, (Bouhali et al., 2020), a relevé des teneurs, variant entre 5,5 mg/l et 75 mg/l, traduisant une bonne cohérence avec nos résultats. De même, Aguagnia et Ounaissia (2013), ont rapporté des concentrations comprises entre 24,81 mg/l et 213,31 mg/l, montrant un accord partiel, certaines

valeurs étant supérieures à celles obtenues dans la présente étude.

3.2.9 Le potentiel hydrogène (pH)

Les résultats de l'étude sont représentés graphiquement par l'histogramme suivant (Figure 40) :

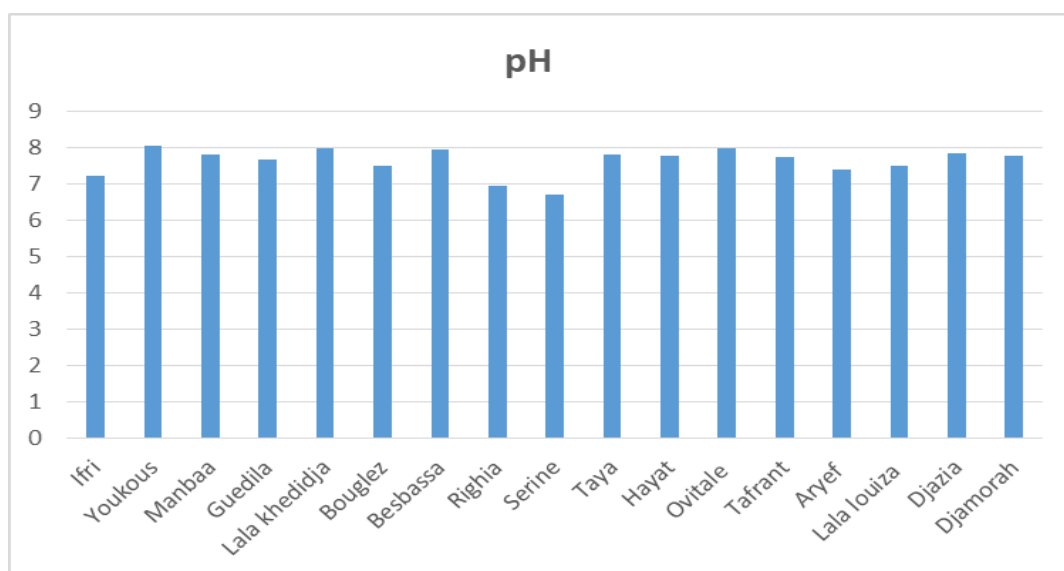


Figure 40 : Résultats de l'analyse du pH
(Mabrouki, 2026)

- Pour les eaux minérales naturelles, le pH varie entre 7,23 (Ifri) et 8,06 (Youkous).
- Pour les eaux de source, il oscille entre 6,70 (Serine) et 7,97 (Ovitale).

Dans l'ensemble, les valeurs mesurées pour les deux types d'eaux conditionnées s'inscrivent dans la page réglementaire fixée par le JORA, 2006, soit un pH = 6,5 - 8,5.

Ces résultats sont globalement en accord avec ceux rapportés dans la littérature. En effet, (Bouhali et al., 2020), ont relevé des valeurs variant entre 6,9 et 7,77, traduisant une bonne cohérence avec nos résultats. De même, Aguagnia et Ounaissia (2013) ont rapporté des valeurs comprises entre 6,44 et 7,66.

3.2.10 La conductivité électrique

Les résultats de l'étude sont représentés graphiquement par l'histogramme suivant (Figure 41) :

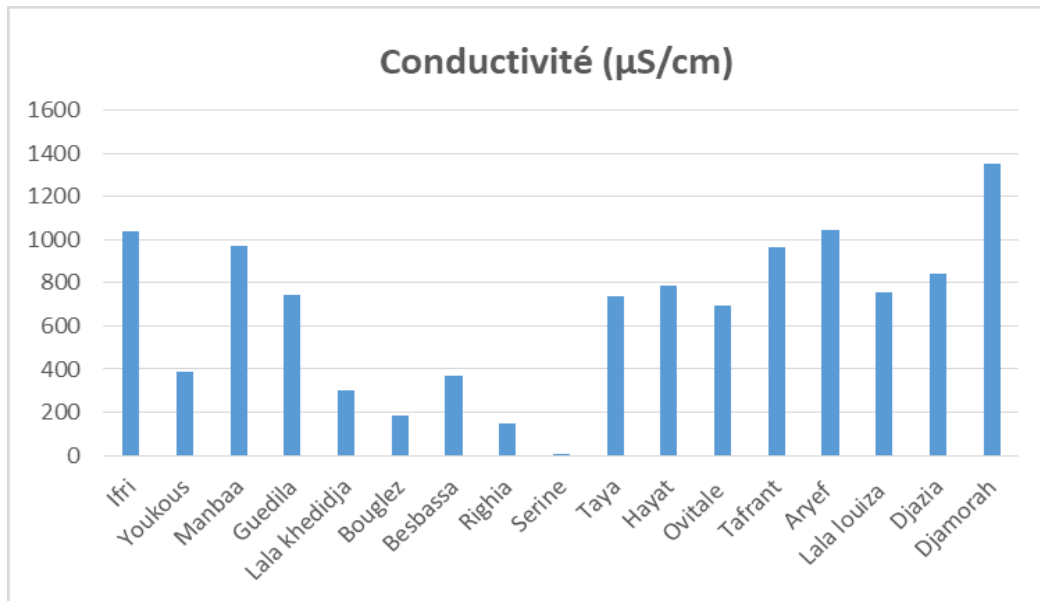


Figure 41 : Résultats de l'analyse de la conductivité
(Mabrouki, 2026)

La conductivité électrique de l'eau, qui mesure sa teneur en ions dissous et sa capacité à conduire le courant, varie selon la concentration et la mobilité des ions, ainsi que la température.

- Pour les eaux minérales naturelles, les valeurs varient de 302 µS/cm (Lala Khedidja) à 1041 µS/cm (Ifri)
- Pour les eaux de source, elles s'étendent de 5,45 µS/cm (Serine) et 1349 µS/cm (Djemorah)

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

3.2.11 Le titre Alcalimétrique Complet (TAC)

Les résultats de l'étude sont représentés graphiquement par l'histogramme suivant (Figure 42) :

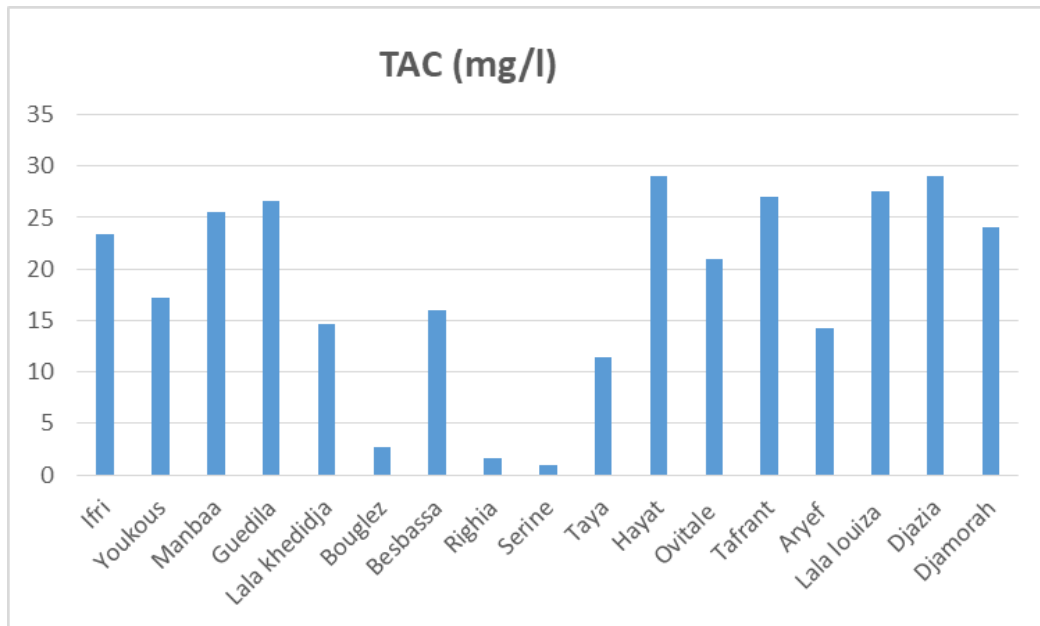


Figure 42 : Résultats de l'analyse du TAC
(Mabrouki, 2026)

Le Titre Alcalimétrique Complet (TAC) mesure la concentration en carbonates et bicarbonates dissous dans l'eau, évaluant ainsi son pouvoir tampon.

Selon les résultats obtenus :

- Pour les eaux minérales naturelles, les valeurs du TAC sont comprise entre 14,60 mg/l (Lala Khedidja) et 26,60 mg/l (Guedila)
- Pour les eaux de source, les valeurs du TAC, varient de mg/l (Serine) et 29 mg/l (Hayat) (Djazia).

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

3.2.12 Le titre Hydrotimétrique

Les résultats de l'étude sont représentés graphiquement par l'histogramme suivant (Figure 43) :

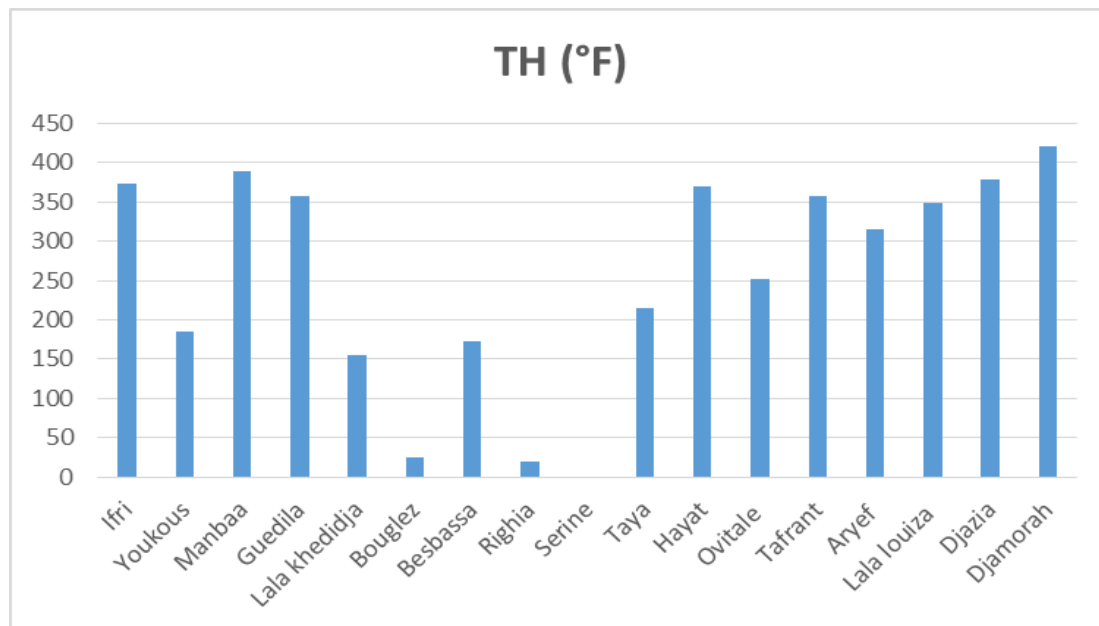


Figure 43 : Résultats de l'analyse du TH
(Mabrouki, 2026)

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

- Pour les eaux minérales naturelles, les valeurs de TH s'échelonnent entre 155,80 °F (Lala Khedidja) et 389,50 °F (Manbaa).
- Pour les eaux de source, les valeurs de TH entre 0 °F (Serine) et 420 °F (Djemorah).

Selon le (JORA, 2006), l'ensemble de ces résultats se situe très en dessous de seuil maximal, établi par la réglementation algérienne et compris entre 100 et 500 mg/l de CaCO_3 (Ou 1°F = 10 mg/l de CaCO_3).

3.2.13 Le titre alcalimétrique (TA)

Les résultats montrent un TA nul pour tous les échantillons des deux types d'eaux étudiés, en raison d'un pH inférieur à 8,6.

A cette valeur, les eaux analysées ne contiennent pas de carbonates (CO_3^{2-}), conformément à la législation en vigueur.

3.3 Classification selon la composition ionique

L'eau minérale naturelle ou l'eau de source possède une balance ionique, car sa composition est un équilibre parfait entre les charges négatives (anions) et les charges positives (cations) qui la constituent.

Ainsi, l'eau minérale (eau minérale naturelle et eau de source) peut avoir des qualifications spécifiques, dès qu'un ion dépasse un seuil précis (Afssa, 2008).

Ces eaux peuvent, donc, être classées en des familles, selon la prédominance des cations ou des anions, ce qui permet d'attribuer, à ces eaux, un faciès chimique et des propriétés spécifiques, pouvant être bénéfiques pour la santé des consommateurs

Sur la base des normes algériennes, la classification des eaux embouteillées de notre étude, sur la base de leur composition ionique, est la suivante :

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

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

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

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

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

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

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

Serine (4,80 mg/l), Lala Khedidja (8,43 mg/l), Besbassa (8,75 mg/l), Youkous (10,05 mg/l) et Lala Louiza (17,29 mg/l).

❖ **L'eau calcique ($\text{Ca}^{2+} > 200 \text{ mg/l}$)**

Toutes les marques d'eaux en bouteilles étudiées ne sont pas calciques, car leur teneur en calcium sont inférieures à 150 mg/l.

❖ **L'eau magnésienne ($\text{Mg}^{2+} > 50 \text{ mg/l}$)**

Les eaux magnésiques sont : Manbaa (89,05 mg/l), Guedila (81,18 mg/l), Taya (60,92 mg/l), Hayat (72,57 mg/l), Lala Louiza (53,14 mg/l), Djazia (70,89 mg/l) et Djemorah (100,73 mg/l).

3.4 Classification selon la dureté ou titre hydrotimétrique (TH)

Sur la base de ce critère, les résultats nous ont permis de répartir les 17 marques d'eaux embouteillées, en les classés suivantes :

Tableau 25 : Classification des eaux selon la dureté
(Mabrouki, 2026)

Classes	Critères (Rodier, 2009)	Marques d'eaux analysées
	TH (dureté) (°F)	
Eau très douce	0 à 6	Serine
Eau douce	6 à 15	
Eau moyennement dur	15 à 30	Righia et Bouglez
Eau dure	30 et plus	Ifri, Youkous, Manbaa, Guedila, Lala Khedidja, Besbassa, Taya, Hayat, Ovitale, Tafrant, Aryef, Lala Louiza, Djazia, Djemorah

Conclusion

Conclusion

L'eau, élément indispensable à la vie humaine, constitue un aliment consommé pour satisfaire les besoins nutritionnels. Quel que soit sa source eau du réseau de distribution ou eau en bouteille, elle doit faire l'objet d'un contrôle qualité rigoureux afin de respecter les spécifications et normes fixées par les autorités gouvernementales, qui représentent la seule garantie de son aptitude à la consommation humaine.

En Algérie, l'exploitation, la mise en bouteille et la distribution des eaux minérales naturelles ou de source assurent l'accès à l'eau potable face à l'accroissement démographique constant. Ce secteur florissant du marché algérien voit les firmes propriétaires de marques multiples promouvoir les vertus nutritionnelles, voire curatives, de leurs produits, qui requièrent d'être affirmées, par une preuve scientifique solide. Alignée sur les exigences réglementaires applicables à tout produit alimentaire, l'eau se doit de respecter un ensemble de normes qualitatives.

Ce travail modeste porte sur l'analyse physico-chimique d'échantillons choisis de deux types d'eaux embouteillées (eaux minérales naturelles et eaux de source), dont les résultats débouchent sur les conclusions suivantes :

Globalement, les résultats obtenus suite à l'analyse de l'ensemble des paramètres physicochimiques de routine analysés, dans les 17 échantillons, respectent les critères de qualité définis par le JORA de 2006 et le JORA de 2015.

Toutes les valeurs mesurées sont inférieures aux limites maximales fixées par la réglementation en vigueur. Par conséquent, on peut conclure, sous réserve, que les 17 échantillons étudiés sont conformes aux normes algériennes, relatives aux eaux minérales naturelles et aux eaux de source.

La comparaison des résultats obtenus avec les valeurs mentionnées dans l'étiquetage, pour chacune des marques d'eau analysée, a montré des écarts significatifs, pour certains paramètres, notamment les chlorures, sulfates, les nitrites et les nitrates.

Ces écarts entre les valeurs peuvent être interprétés et tolérés, pour les eaux de source, dont la composition minérale n'est pas obligatoirement stable.

La variation de la composition minérale de ce type d'eau peut être influencée par divers facteurs : climatique (une forte pluviométrie peut conduire à la dilution rapide de la concentration des minéraux d'une source peu profonde), géologique (contact de l'eau avec les différents types de roches souterraines et qui se charge de minéraux entrant dans la composition de ces roches), hydrogéologique (l'eau qui stagne trop longtemps dans la nappe

souterraine à tendance à se charger davantage en minéraux), anthropique (activité de l'être humain à l'origine d'infiltration polluantes, modifiant la composition de l'eau de source).

Incohérence des résultats obtenus, pour les eaux minérales naturelles, dont la composition doit, obligatoirement, être stable dans le temps, mais peut varier de quelques milligrammes par litres, à quelques dizaines et même, exceptionnellement, quelques centaines de milligrammes par litres. (Afsaa, 2008)

Des écarts significatifs ont été rapportés, pour les mêmes paramètres sus-cités, entre nos résultats et les valeurs des étiquetages de toutes les marques d'eaux analysées, qui ne peuvent être tolérés.

Dans le même contexte, des travaux similaires ont été entrepris deux années auparavant et les résultats étaient très concrets, puisque les résultats des analyses étaient très proches des valeurs des étiquetages des marques d'eaux analysées (Reggami, 2024 ; Hannachi, 2025), dont certaines ont été reprises dans notre étude.

Après le dépouillement de nos résultats, on a constaté bien tard que certains réactifs utilisés avaient dépassé la date limite d'expiration (Annexe 3), ce qui pourrait expliquer l'incohérence de certains de nos résultats.

Finalement, nous informons que les résultats que nous avons obtenus ne sont pas exploitables et nous suggérons que toute cette étude soit refaite, ultérieurement, pour confirmer ou infirmer nos allégations.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- Afsaa (2008). Lignes directrices pour l'évaluation des eaux minérales naturelles au regard de la sécurité sanitaire. MAISONS-ALFORT-Cedex, p.23.
- Ahnon A.S., (2011). évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de surface dans les zones montagneuses du sud-ouest du TOGO : cas du canton de la vie, Master international, environnement eau et santé, université de lome, TOGO, 35p.
- Akatumbila, L., Mabilia, M., Lubini, A., Pwema, K., & Musibono, E. A. (2016). Contribution à l'évaluation de la qualité physico-chimique de l'eau : cas de la rivière urbaine Gombe de Kinshasa (République Démocratique du Congo). Larhyss Journal, (26), 7–29.
- Adjelane, M., & Bourebaa, K. (2018). Analyse physico-chimique et bactériologique des eaux d'alimentation de quelques réservoirs de la ville de Bejaia : cas du réservoir Egzib et réservoir central. Mémoire de Master, Université de Bejaia, Algérie.
- Aguagnia, K., & Ounaissia, W. (2013). Étude comparative de quelques sources minérales embouteillées en Algérie. Mémoire de Master en Biologie, option Qualité des Produits et Sécurité Alimentaire, Université 8 Mai 1945, Guelma, Algérie.
- Alberts, B., Johnson, A., Lewis, J., et al. (2015). Molecular Biology of the Cell (6th ed.). New York: Garland Science.
- ANSES. (2022). Calcium. <https://www.anses.fr/en/content/calcium>
- ANSES. (2025). Les références nutritionnelles en vitamines et minéraux. <https://www.anses.fr/fr/content/les-references-nutritionnelles-en-vitamines-et-mineraux>
- Atkins, P., & De Paula, J. (2010). Atkins' Physical Chemistry (9th ed.). Oxford: Oxford University Press.

- Baâlouj, O. (2016). La production de l'eau minérale à l'entreprise Youkous. Rapport de stage. Département de Génie de procédés. Ecole nationale polytechnique de Constantine.
- Beaulieu, P. (2019). L'eau potable : Sa définition, ses origines, ses critères de potabilité et ses traitements. Le Centre d'Information sur l'Eau.
- Belghiti, M.-L., Chahlaoui, A., Bengoumi, D., & EL Moustaine, R. (2013). Étude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappe plio-quaternaire dans la région de Meknès (Maroc). *Larhyss Journal*, (14), 21–36.
- Bernard, A. B. (2007). Référence citée pour les caractéristiques générales de l'eau (à vérifier dans la source d'origine avant insertion finale dans le mémoire).
- Bouhali, A., Charef, I., & Cheikh, K. (2020). Les eaux minérales naturelles embouteillées et commercialisées en Algérie : qualité et vertus thérapeutiques. Mémoire de Master en Sciences Alimentaires, option Qualité des Produits et Sécurité Alimentaire, Université 8 Mai 1945, Guelma, Algérie.
- Boudoukha, A., & Boumaza, B. (2018). Hydrogéochimie des eaux souterraines de la région des Aurès (Algérie) : origines naturelles et impacts anthropiques. *Revue des Sciences de l'Eau*, 31(2), 105.
- Bush, L. M., & Vazquez-Pertejo, M. T. (2025). Infections à entérocoques. MSD Manuals. <https://www.msdmanuals.com/fr/professional/maladies-infectieuses/cocci-gram-positifs/infections-%C3%A0-ent%C3%A9rocoques>
- Centre d'Information sur l'Eau (CIEAU) (2017). Le traitement de l'eau potable.
- Cheret, S. (2017). Les grandes catégories d'usage de l'eau dans l'industrie. (l. g. C l'industrie, Éd.)
- CIEAU. (s.d.). Le cycle de l'eau : le voyage de l'eau à travers la Terre. Centre d'information sur l'eau. <https://www.cieau.com/espace-enseignants-et-jeunes/les-enfants-et-si-on-en-apprenait-plus-sur-leau-du-robinet/cycle-de-leau/>

- Chang, R. (2005). Chemistry (8th ed.). New York: McGraw-Hill Companies, Inc.
<https://www.amazon.com/Chemistry-Eighth-Raymond-Chang/dp/0072512644>
- Codex Alimentarius, 2011. CODEX STAN 108-1981 : Norme Codex pour les eaux minérales naturelles. FAO/OMS, Rome.
- Coulibaly K. (2005) : Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau des puits de certains quartiers du district de Bamako. Thèse de doctorat en pharmacie, Université de Bamako, Mali. 69 p
- Daine, F. (2017, 15 juin). Chlore - Chlorure. Doctissimo.
<https://www.doctissimo.fr/nutrition/oligo-elements/chlore-chlorure>
- 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.
- Decrouy, A. (2023). Dégradation de l'environnement : définition, causes et conséquences. Projet Écolo.
- Decker, M., & Dosso, O. (2005–2006). Atelier santé-environnement : évaluation et gestion des risques sanitaires liés au dépassement de la limite de qualité du chrome dans l'eau de distribution. ENSP (École Nationale de la Santé Publique).
- Dovonou, F. E., Eninhou, F. S., Balogoun, C. K., Atchichoe, W. N., Mama, D., & Vandervaere, J.-P. (2023). Suivi des paramètres physico-chimiques de la rivière Agbado, exploitée pour l'approvisionnement en eau potable de la ville de Savalou au centre du Bénin. Journal of Applied Biosciences, 187, 19779–19791.
<https://www.m.elewa.org/journals/wp-content/uploads/2023/07/7.Dovonou.pdf>
- European Union. (2009). Directive 2009/54/EC of the European Parliament and of the Council on the exploitation and marketing of natural mineral waters. EUR-Lex.
<https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2009/54/oj>

- Farch S. (2017). Incidence des eaux embouteillées sur la dissolution de l'hydroxyapatite dentaire. Influence de différents paramètres. Thèse de doctorat. Université Djilali Liabes,
- Fondation Nationale de la Santé. (2013). Manuel pratique d'analyse de l'eau (4e éd.). Brasilia, Brésil.
- Frantzy, O. (2017). Étude de la qualité de l'eau destinée à la consommation humaine dans le sous-bassin versant de Ravine Diable (Anse-à-Veau). Mémoire de Master, Université de Liège, Belgique.
- Frick. M. et al. (2003). Classification of mineral water types and comparaison with drinking water standards. *Environmental Geology*. 17(2) : 554-563
- Gabet, S. (2004). Remobilisation d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) présents dans les sols contaminés à l'aide d'un tensioactif d'origine biologique. Thèse de doctorat, Université de Limoges, Faculté des Sciences et Techniques, France.
- Gazzah, M. (2022). e-Formation en médecine d'urgence. eFurgences.
<https://www.efurgences.net/memento/livre2022.pdf>
- Gbohaida V., Agbangnan D.C.P., Ngossanga M.B., Medoatinsa S.E., Dovonon L.F.C., Wotto D.V., Avlessi F., Sohounhloue D.C.K., 2016. Étude de la qualité physico-chimique de l'eau de boisson dans deux localités du Bénin : Cotonou et Dassa-Zoumè. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 10(1): 422-434. DOI: 10.4314/ijbcs.v10i1.32.
- 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.
- Graziati, G. (2024, 17 octobre). Résidu à sec de l'eau : définition et mesure. ProjetEcolo.
<https://www.projetecolo.com/residu-a-sec-de-l-eau-definition-et-mesure-2580.html>

Hamed, M., Guettache, A., & Bouamer, L. (2012). Étude des propriétés physicochimiques et bactériologiques de l'eau du barrage Djorf-Torba Bechar. Mémoire d'ingénieur d'État en Biologie, Université de Béchar.

Hamel, L. (2013). Étude physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source « Sidi Bouyashak » destinée à la consommation humaine de la population de Tlemcen. Mémoire de Master en Sciences des Aliments, Université Aboubekr Belkaid, Tlemcen.

Hannachi, A. (2025). Contribution à l'étude comparative des caractéristiques physicochimiques de quelques eaux embouteillées commercialisées dans la wilaya d'El-Tarf. Mémoire de Master académique. Faculté des sciences de la nature et de la vie. Université Chadli Bendjedid El-Tarf.

IBGE. (2005). Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface : cadre général. Les données de l'IBGE : L'eau à Bruxelles.

Illucs (2025). Le goût et l'odeur de l'eau. Laboratoire luxe,bourgeois de controle sanitaire

Joel, G. (2003). La qualité de l'eau potable : technique et responsabilités. Paris, 167 p.

JORA (2004). Décret exécutif n° 04-196 du 27 Joumada El Oula 1425, correspondant au 15 juillet 2004, relatif à l'exploitation et la protection des eaux minérales naturelles et des eaux de source. Journal Officiel de la République Algérienne n° 45 du 18 juillet 2004, p.8-16.

JORA (2006). Arrêté interministériel du 22 Dhou El Hidja 1426, correspondant au 22 janvier 2006, fixant les proportions d'éléments contenus dans les eaux minérales naturelles et les eaux de source, ainsi que les conditions de leur traitement ou les adjonctions autorisées. Ministère des ressources en eau. Journal Officiel de la République Algérienne n°27 du 26 avril 2006, p 9-12.

JORA (2015). Arrêté interministériel du 29 Dhou El Hidja 1435 correspondant au 23 octobre 2014, modifiant et complétant l'arrêté interministériel du 22 Dhou El Hidja 1426

- correspondant au 22 janvier 2006, fixant les proportions d'éléments contenus dans les eaux minérales naturelles et les eaux de source, ainsi que les conditions de leur traitement ou les adjonctions autorisées. Ministère des ressources en eau. Journal Officiel de la République algérienne n°03 du 27 janvier 2015, p 25-27.
- Julien, P. (2026, 22 janvier). Cycle de l'eau : parcours et fonctionnement expliqués.
- Khrida, G., Rhaïem, A., & Bouattour, A. (1997). Effet de la qualité des eaux sur l'expression du potentiel biotique du moustique dans la région de Ben Arous (sud Tunis).
- L'Eco News. (2014, 11 mars). Nestlé Water Algérie : de bonnes performances en 2013. <https://www.algerie360.com/lentreprise-a-realise-une-croissance-de-30-nestle-waters-algerie-de-bonnes-performances-en-2013/>
- Llucs (2025). Le goût et l'odeur de l'eau. Laboratoire luxembourgeois de contrôle sanitaire (consulté en ligne)
- Le Monde avec AFP. (2026, 7 avril). Cadmium : des dépistages seront bientôt remboursés en laboratoire de ville. Le Monde. https://www.lemonde.fr/societe/article/2026/04/07/cadmium-des-depistages-seront-bientot-rembourses-en-laboratoire-de-ville_6677930_3224.html
- Lewis, J. L., III., & Braunstein, G. D. (2025). Présentation du rôle du potassium dans l'organisme. MSD Manuals. <https://www.msdmanuals.com/fr/accueil/troubles-hormonaux-et-m%C3%A9taboliques/%C3%A9quilibre-%C3%A9lectrolytique/pr%C3%A9sentation-du-r%C3%B4le-du-potassium-dans-l-organisme>
- Longchamp, M. (2013). Étude biogéochimique du transfert du sélénium dans un système eau-plante-atmosphère : conséquences sur la physiologie du *Zea mays* subsp. *mays* (L.). HAL Open Science. <https://theses.hal.science/tel-00833227v>
- Ministère des Ressources en Eau. (2004). Décret exécutif n° 04-196 du 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. <https://www.joradp.dz/FTP/jo->

Mohammed, K., & Abdenour, A. (2013, juin). La filière boissons en Algérie. Synthèse PME II, Alger.

Ngalamulume, L. L., Katangala, J.-P. B., Kabamusu, G. T., Kapambu, R., Kalala, B. B., Mbanza, P., Lukadi, S., Bantukujika, F. B., Bakatubala, A. B., & Lusamba, A. N. (2021). Analyse microbiologique de l'eau de boisson de différentes sources consommées par la population de la Province du Kasai Central : cas de la Zone de Santé Rurale de Mutoto. *Revue de l'Infirmier Congolais*, ISSN 2520-0844.

OMS (2010). Boîte à outils d'évaluation des risques pour la santé humaine : Dangers chimiques. Programme International sur la Sécurité des Substances Chimiques (IPCS). Organisation Mondiale pour la santé.

OMS. (2017). Directives sur la qualité de l'eau de Boisson. Quatrième édition intégrant le premier additif. Organisation Mondiale de la Santé.

OMS. (2022). Guidelines for Drinking-water Quality. Fourth edition incorporating the first and second addenda. World Health Organization.

OMS (2024). Intoxication au plomb. Organisation Mondiale de la Santé (Consulté en ligne)

Reggami, K. (2024). Contribution à l'étude comparative des caractéristiques physicochimiques de quelques eaux embouteillées commercialisées dans la wilaya d'El-Tarf. Mémoire de Master académique. Faculté des sciences de la nature et de la vie. Université Chadli Bendjedid El-Tarf.

Rejsek, F. (2002). Analyse des eaux : aspects réglementaires et techniques. 360 p.

Rejsek, F. (2002). Analyse des eaux : aspects réglementaires et techniques. Biologie Technique CRDP d'Aquitaine, 358 p.

Rodier, J. (2005). L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, aux résiduaires, eaux de mer (9e éd.).

Paris : Dunod.

Rodier, J., Legube, B., & Merlet, N. (2009). L'analyse de l'eau (9e éd.). Paris : Dunod, pp 1135, 1579-1600.

Roustan, M. et Grasmick, A. (2017). Usages de l'eau pour l'industrie. CNRS Editions, Paris, p 170-171.

Saint Girons, B. (2021, 10 mai). Au-delà de l'eau H₂O et des préjugés scientifiques. Blog/article en ligne.

Schwartzman, J. A., Lebreton, F., Salamzade, R., Shea, T., Martin, M. J., Schaufler, K., Urhan, A., Abeel, T., Camargo, I. L. B. C., & Sgardoli, B. F. (2024). Global diversity of enterococci and description of 18 previously unknown species. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America.
<https://dspace.library.uu.nl/server/api/core/bitstreams/f6aa5478-8667-4b09-a612-1e5842b20813/content>

SAMAKE H. (2002). Analyse physico-chimique et bactériologique au L.N.S des eaux de consommation de la ville de Bamako durant la période 2000 et 2001, pp77

Société Suisse de Nutrition. (2022). Besoins hydriques et boissons. Savoir plus manger mieux, feuilles d'information, 1–6.

Trevisan, M., Di Guardo, A., & Balderacchi, M. (2009). An environmental indicator to drive sustainable pest management practices. Environmental Modelling & Software, 24(8), 994–1002. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364815208002442>

Tamungang, N. E. B., Biosengazeh, N. F., Alakeh, M. N., & Tameu, D. Y. (2016). Contrôle de la qualité des eaux domestiques dans le village Babessi au Nord-Ouest Cameroun. International Journal of Biological and Chemical Sciences, 10(1), 274-288.

Universitatea Tehnică a Moldovei. (2022). Conferința tehnico-științifică a studenților, masteranzilor și doctoranzilor (Vol. 2, pp. 574–577).

<https://repository.utm.md/bitstream/handle/5014/20923/Conf-TehStiint-UTM-StudMastDoct-2022-Vol-2-p574-577.pdf>

World Health Organization. (2022). Arsenic.

<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/arsenic>

World Health Organization. (2022). Guidelines for drinking-water quality. WHO.

<https://www.who.int>

World Health Organization. (2024). Lead poisoning and health.

<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>

Zouag, B., & Belhadj, Y. (2017). Analyse physico-chimique et bactériologique et parasitologique de l'eau de mer traitée par la station de dessalement de Souk Tleta (Tlemcen). Mémoire de Doctorat en Pharmacie, Université de Tlemcen, Algérie.

Annexes

Annexe 1

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
Résidus 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 1 (suite)

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
Mercure	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

Annexe 2

ANNEXE 1

CARACTERISTIQUES DE QUALITE DES EAUX MINERALES NATURELLES

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

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

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

Annexe 2 (suite)

ANNEXE II

**CARACTERISTIQUES DE QUALITE
DES EAUX DE SOURCE**

**CARACTERISTIQUES — UNITE —
CONCENTRATIONS**

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(SO ₄)	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

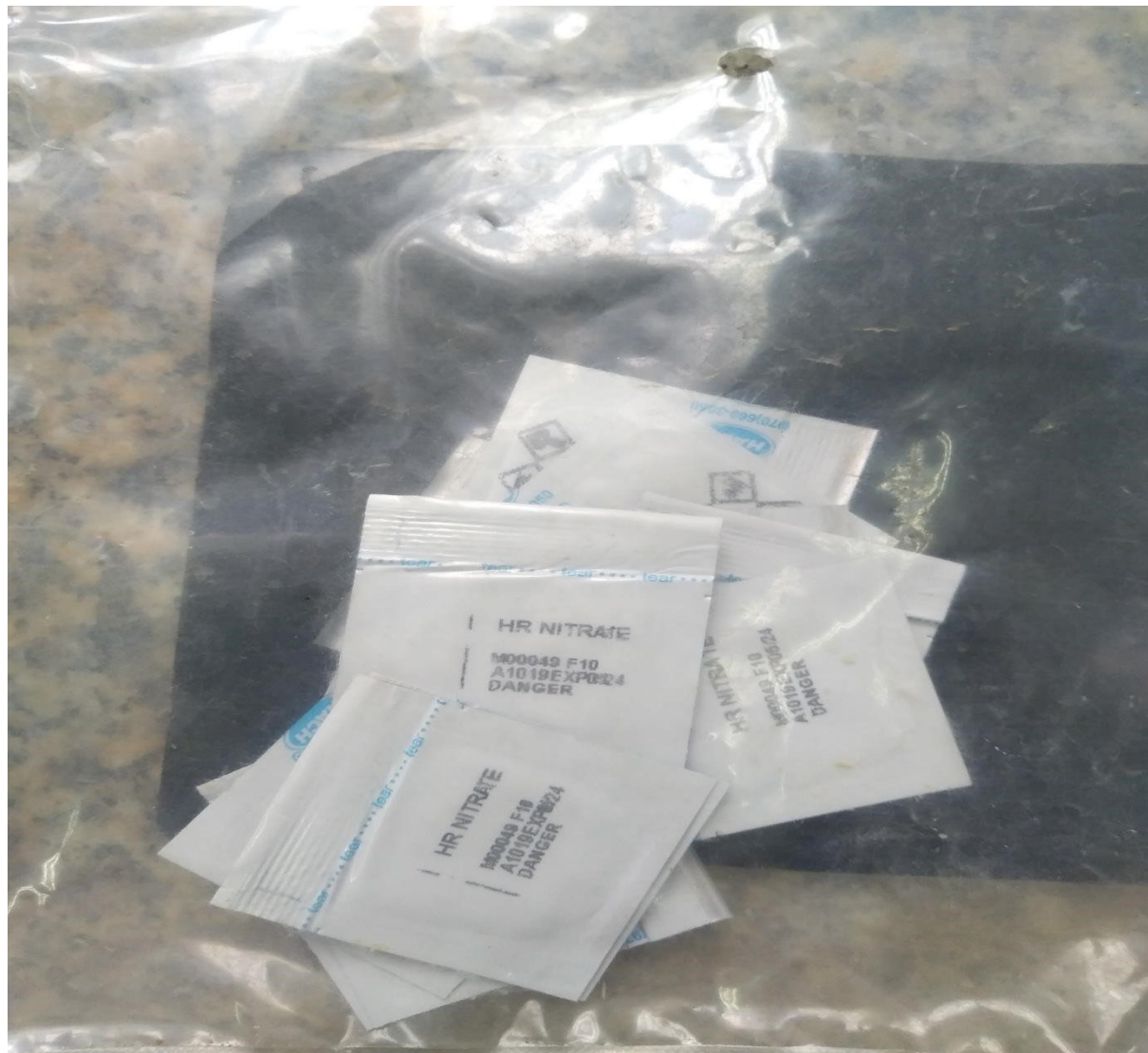
3- Caractéristiques concernant les substances indésirables

Nitrates	mg/l de NO ₃	maximum	50
Nitrites	mg/l de NO ₂	maximum	0,1
Ammonium	mg/l de NH ₄	maximum	0,5
Fluor	mg/l de F	maximum	2

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

Annexe 3

Réactif pour les nitrates (Exp 05/2024)



Réactif pour les nitrites (Exp 2022)



Réactif pour les sulfates (Exp 02/2025)

