

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة مولاي الطاهر، سعيدة
Université MOULAY Tahar, Saida



كلية العلوم

Faculté des Sciences

قسم البيولوجيا

Département de Biologie

Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master

En Sciences biologiques

Spécialité : Biochimie

Thème

***Etude comparative de qualité physico-chimique
De quelques eaux embouteillées commercialisée dans
la wilaya de Saida***

Présenté par :

- ALLOU FATIMA
- MILOUDI FATMA ZOHRA

Devant le jury composé de :

Présidente	Mme. CHALANE Fatiha	MCA Université UMTS
Examinateur	Mr. AMMAM Abd El Kader	MCA Université UMTS
Rapporteur	Mme. HADJADJ Hassina	MCB Université UMTS

Année universitaire 2021/2022

REMERCIEMENTS

*Je remercie à tout instant mon dieu (Allah) qui m'a donné de l'espoir
et de l'énergie pour finir ce modeste travail.*

J'aimerais bien exprimer mon profond respect et ma reconnaissance à

***Mme HADJADJ Hassina**, Maitre de conférence classe B à*

l'Université de Saida, qui m'a encadré et de me guider pendant

l'élaboration de ce travail, je le remercie chaleureusement pour ses

précieux conseils, sa disponibilité et ses qualités humaines.

*De même volonté, J'adresse mes remerciements à **Mme. CHALANE***

***Fatiha**, maitre de conférence classe A à l'Université de Saida, qui m'a*

fait l'honneur d'accepter de présider le jury du mémoire.

*Nous remercions vivement **Mr. AMMAM Abdelkader**, maitre de*

conférence classe A, à l'Université de Saida, d'avoir accepté

d'examiner notre travail. Je voudrais remercier aussi sans exception

toute personne qui a contribué à la réalisation de ce travail.



Je dédie cet humble travail

À ma mère

*Aucune dédicace ne saurait
exprimer mon grand respect*

*Mon amour éternel et ma
reconnaissance pour les sacrifices
qu'elle m'a consentis pour mon
éducation qui a fait de moi ce que
je suis aujourd'hui.*

À mon père

*L'épaule solide, l'œil attentif,
compréhensif et la personne la plus
digne de mon estime et de mon
respect.*

À toutes mes amies

*Particulièrement : Fatima Halimi,
Fatima Taibi et Aya, pour leur
fidèle amitié et les bons moments
passés ensemble.*

À mon cher binôme

Fatma Miloudi, ma sœur de cœur.

FATIMA ALLOU



Je dédie ce travail :

A ma mère

Dieu a pitié de ça, pour ses encouragements et ses sacrifices.

A mon père

Pour son affection et la confiance qu'il m'accordé.

A

Ma encadreur HADJADJ Hassina.

A

Tous les membres de ma famille et la famille LABANNE.

A

Mes amies les plus chers surtout mon binôme Fatima.

FATMA MILOUDI

Résumé

Etant donné que l'eau minérale est l'une des sources d'eaux que les gens demandent le plus souvent. Et compte tenu de la consommation accrue de ces eaux, il était nécessaire de discuter de la qualité et du respect des normes Algériennes et Internationales.

Le présent travail consiste à effectuer une caractérisation physico-chimique de cinq marques d'eaux embouteillées sélectionnées au marché de la Wilaya de Saida à savoir : Saida, Sfid, Messreghine, Lalla Khadîdja et Nestlé, et d'évaluer les paramètres qui déterminent la qualité de l'eau à savoir : le pH, conductivité, turbidité, résidus secs, les minéraux essentiels (calcium, magnésium, potassium, sodium, sulfate, chlore) et les éléments indicateurs de pollution (nitrates, nitrites).

Notre étude est basée sur une comparaison des paramètres étudiés avec les normes définies par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) et les Normes Algériennes.

Les résultats obtenus ont permis de classer les cinq marques d'eaux étudiées, selon leurs minéralisations globale, leurs compositions physico-chimiques et selon leurs duretés.

L'interprétation de ces analyses a indiqué que les trois marques d'eaux : Lalla Khadîdja, Nestlé et Mesreghine, sont des eaux faiblement minéralisées et moyennement dures, qui sont conseillées aux personnes en bonne santé, aux enfants et nourissants,

Les deux marques d'eaux : Saida et Sfid sont des eaux très dures qui sont conseillées aux sportifs et personnes qui ont des carences en sels minéraux.

Enfin, les cinq eaux analysées sont avérées des eaux de bonnes qualités physico-chimiques et conformes aux exigences de potabilité nationales et internationales.

Mots clés : eaux embouteillées- eaux minérales- paramètres physico-chimiques - dureté- minéralisation.

Summary

Since mineral water is one of the most frequently requested water sources. And given the increased consumption of these waters, it was necessary to discuss the quality and compliance with Algerian and international standards.

The present work consists in carrying out a physico-chemical characterization of five brands of bottled waters selected at the market of the Wilaya of Saida namely: Saida, Sfid, Messregline, Lalla Khadîdja and Nestlé, and to evaluate the parameters which determine the quality water, namely: pH, conductivity, turbidity, dry residues, essential minerals (calcium, magnesium, potassium, sodium, sulphate, chlorine) and pollution indicator elements (nitrates, nitrites).

Our study is based on a comparison of the parameters studied with the standards defined by the World Health Organization (WHO) and the Algerian standards.

The results obtained made it possible to classify the five brands of water studied, according to their overall mineralization, their physico-chemical compositions and according to their hardness.

The interpretation of these analyzes indicated that the three brands of water: Lalla Khadîdja, Nestlé and Mesregline, are weakly mineralized and moderately hard waters, which are recommended for people in good health, children and nourishing people,

The two brands of water: Saida and Sfid are very hard waters which are recommended for athletes and people who have mineral salt deficiencies.

Finally, the five waters analyzed proved to be waters of good physico-chemical quality and compliant with national and international potability requirements.

Keywords: bottled waters - mineral waters - physico-chemical parameters - hardness - mineralization.

ملخص

نظرًا لأن المياه المعدنية هي أحد مصادر المياه التي يطلبها الناس كثيرًا. ونظرًا لزيادة استهلاك هذه المياه ، كان من الضروري مناقشة الجودة والامتثال للمواصفات الجزائرية والدولية.

يتمثل العمل الحالي في إجراء توصيف فيزيائي-كيميائي لخمسة أصناف من المياه المعبأة المختارة في سوق ولاية سعيدة هي: سعيدة ، سفيد ، مسرعين ، لالة خديجة ونيسلي ، وتقييم المعايير التي تحدد جودة المياه. ا وهي: الأس الهيدروجيني ، التوصيل ، التعكر ، البقايا الجافة ، المعادن الأساسية (الكالسيوم ، المغنيسيوم ، البوتاسيوم ، الصوديوم ، الكبريتات ، الكلور) وعناصر مؤشر التلوث (النترات ، النتريت).

تعتمد دراستنا على مقارنة المعايير المدروسة مع المعايير المحددة من قبل منظمة الصحة العالمية (WHO) والمعايير الجزائرية.

أتاحت النتائج التي تم الحصول عليها تصنيف العلامات التجارية الخمسة للمياه التي تمت دراستها ، وفقًا لتمعدنها الكلي ، والتركيبات الفيزيائية والكيميائية الخاصة بها وصلابتها.

أشار تفسير هذه التحليلات إلى أن الأنواع الثلاثة من المياه: لالة خديجة ونيسلي و مسرعين ، هي مياه ضعيفة التمعدن وعسرة معتدلة ، ويوصى بها للأشخاص الذين يتمتعون بصحة جيدة ، والأطفال و المغذيين ،

النوعان من المياه: سعيدة وسفيد هما مياه عسرة للغاية ينصح بها الرياضيون والأشخاص الذين يعانون من نقص الأملاح المعدنية.

أخيرًا ، أثبتت المياه الخمسة التي تم تحليلها أنها مياه ذات جودة فيزيائية وكيميائية جيدة ومتوافقة مع متطلبات الصلاحية الوطنية والدولية.

الكلمات المفتاحية: المياه المعبأة - المياه المعدنية - المقاييس الفيزيائية - الكيميائية - الصلابة - التمعدن.

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS

RESUME

SUMMARY

LISTE DES ABREVIATIONS

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES FIGURES

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

INTRODCTION.....01

CHAPITRE 1 : GENERALITES SUR L'EAU

1-Généralite sur l'eaux 03

2-Composiion de l'eaux..... 03

3-importance de l'eaux pour la santé publique04

4-Autres rôles de l'eaux.....05

5-Cycle de l'eaux.....05

6-Répartition de l'eaux sur la terre.....07

7-Ressources en eau.....08

8-Caractéristique des eaux de source et souterraines.....09

9-Les norme de potabilité.....12

10-Eaux destinée à la consommation humaine.....13

11-Traitement des eaux destinées à la consommation humaine14

12-Les paramètres de contrôles des eaux de consommation.....16

13-Pollution hydrique.....25

CHAPITRE 2 : LES EAUX EMBOUTRILEES

1-Definition26

2- Histoire des eaux embouteillées en Algérie.....27

3- Les eaux embouteillées.....28

3-1-Les eaux minérales naturelles.....29

3-1-1-Originé et composition chimique de l'eau minérale.....30

3-1-2- Caractéristique de l'eau minérale naturelle.....	30
3-1-3- Classification des eaux minérale naturelle.....	31
3-2- Les eaux de source.....	32
3-2-1- Classification des eaux de source.....	33
4- Qualités de l'eau minérale.....	34
4-1- Qualité organoleptique.....	34
4-2- Qualité physico-chimique.....	34
5- Les sels minéraux présents dans l'eaux minérale.....	38
6- Les substances indésirables	40
7- Les substances toxique.....	42
8- Les paramètres microbiologique.....	43
8-1- Les germes totaux.....	43
8-2- Coliformes totaux.....	43
8-3- Coliformes fécaux.....	43
8-4- Streptocoques fécaux.....	43
8-5- Clostridium sulfito-réducteurs.....	44
9- Bienfaits des eaux minérales étudiées partir de leur composition chimique.....	44
10- Processus générales d'embouteillages de l'eau minérale.....	46
10-1- Captage de l'eau minérale naturelle.....	46
10-2- L'acheminement.....	48
10-3- Soufflage.....	48
10-4- Insoufflage.....	48
10-5- Remplissage.....	48
10-6- Bouchage.....	48
10-7- Etiquetage et marquage.....	49
10-8- Fardelage.....	49
11- Norme mondiale.....	49
12- Norma Algériennes.....	50

CHAPITRE 03 : MATERIELS ET METHODE

1-Objectif	51
2-Echantillonnage.....	51
3-Matériels utilisé.....	52
4-Les produits chimiques utilisées.....	54
5-Echantillonnages des eaux minérales embouteillées en Algérie.....	56
6-Méthodes utilisées pour la détermination des paramètres physique.....	57
6-1-Détermination de la température.....	57
6-2-Détermination du PH.....	57
6-3-Détermination de conductivité.....	57
6-4-Détermination de la dureté.....	58
7-Méthodes utilisées pour la détermination des paramètres chimique.....	58
7-1-Détermination du calcium.....	58
7-2-Détermination du magnésium.....	59
7-3-Dosage du potassium.....	60
7-4-Dosage du sodium.....	60
7-5-Détermination du chlorure.....	61
7-6-Détermination du bicarbonate.....	62
7-7-Dosage du nitrate.....	63
7-8-Dosage du nitrite.....	64
7-9-Dosage du sulfate.....	64
7-10-Détermination des résidus secs.....	65

CHAPITRE 04 :RESULTAT ET DISCUSSION

1-Présentation globale des résultat.....	66
2-Résultats et discussion des paramètres physiques de l'eau minérale.....	67
2-1-PH.....	67
2-2-Turbidité.....	68
2-3-Conductivité électrique.....	68
2-4-Dureté totale.....	69

3-Résultats et discussion des paramètres chimiques de l'eau minérale.....	70
3-1-Les cations.....	70
3-1-1-Calcium.....	70
3-1-2-Magnésium.....	71
3-1-3-Sodium.....	72
3-1-4-Potassium.....	73
3-2-Les anions.....	74
3-2-1-Chlorures.....	74
3-2-2-Bicarbonates.....	75
3-2-3-Nitrates.....	76
3-2-4-Nitrites.....	77
3-2-5-Sulfates.....	78
3-2-6-Résidus sec.....	80
CONCLUSION	83
REFERANCES BIBIOGRAPHIQUE.....	85
ANNEXES	

Listes des abréviations :

CO₂ : dioxyde de carbone

NO₂ : dioxyde d'azote

N²O : protoxyde d'azote

SO² : dioxyde de soufre

UV : ultra-violet

OMS : organisation mondiale de la santé

Pb : Plomb

Hg : Mercure

Cd : Cadmium

Fe : Fer

Zn : Zinc

Cu : Cuivre

NTU : Unité de turbidité néphélogométrique

CaCO₃ : Carbonates de calcium

TH : Titre hydrotimétrique

EMN : Eau minérale naturelle

ES : Eau de source

Ca : Calcium

Mg : Magnesium

SO⁴: Sulfate

Cl : Chlore

F : Fluor

Cr : Chrome

K : Potassium

Al : Aluminium

Mn : Manganèse

Ag : Argent.

NO³ : Nitrates.

NO² : Nitrites.

NH⁴ : Ammonium.

PH : Potentiel hydrogène.

TA : Titre alcalimétrique.

TAC : Titre alcalimétrique complet.

EDTA : Éthylènediaminetétraacétique.

TAF : Titre en acides forts.

HPLC : Chromatographie liquide à haute performance.

CFA : Analyse en flux continu.

KMnO₄ : Permanganate de potassium.

KCl : Chlorures de potassium.

JORA : Le Journal officiel de la République algérienne.

RS : Résidus sec

TH : Titre hydrotimétrique

HACCP : Hazard Analysis Critical Control Point

NTU : Unité Néphélométrie

Liste de tableau

Tableau 1 :Caractéristiques d'eaux de surface et souterraines.....	10
Tableau 2 :Avantages et inconvénients des eaux superficielles et des eaux souterraines.....	11
Tableau 3 :Grille normative pour estimer la qualité de l'eau en Algérie.....	12
Tableau 4 : Classification des eaux selon la température.....	16
Tableau 5 : Classification des eaux selon leurs pH.	17
Tableau 6 : Classification des eaux selon leur conductivité.....	18
Tableau 7 : Détermination de la minéralisation à partir de la conductivité.....	18
Tableau 8 : La potabilité en fonction des résidus secs.....	19
Tableau 9 : Classification de l'eau selon la dureté totale.....	20
Tableau 10 : Classification des eaux minérales en fonction de la minéralisation.....	31
Tableau 11 : Classification des eaux minérales selon la composition ionique.....	31
Tableau 12 :comparaison entre différentes types d'eaux.....	33
Tableau 13 :Classification des eaux minérales selon la conductivité.....	35
Tableau 14 :Relation entre dureté de l'eau minérale naturelle et la concentration équivalente en CaCO_3	37
Tableau 15 :la potabilité en fonction des résidus sec.....	37
Tableau 16 : les concentrations maximal admissible des substances toxiques dans l'eau.....	42
Tableau 17 : verrerie utilisés pour réaliser l'analyse physico-chimique des eaux collectées, ainsi que leurs photos.....	52
Tableau 18 :Les appareils utilisés pour réaliser l'analyse physico-chimique des eaux collectées, ainsi que leurs photos.	53
Tableau 19 :LesProduits chimiques utilisés pour réaliser l'analyse physico-chimique des eaux collectées, ainsi que leurs photos.	54
Tableau 20 : Les échantillonnées utilisés.....	56
Tableau 21 : Résultats de l'analyse des paramètres physiques des eaux minérales collectées.....	66
Tableau 22 : Résultats de l'analyse des paramètres chimiques des eaux minérales collectées.....	66

Listes des figures

Figure 01 : Structure de la molécule d'eau.....	03
Figure 02 : Cycle externe de l'eau.....	07
Figure 03 : Les différentes marques d'eaux minérales collectées.	57
Figure 04 : virage de l'indicateur coloré lors du dosage de la dureté calcique par une solution d'EDTA (originale, 2022)	59
Figure 05 : changement de la coloration de l'échantillon analysé lors du dosage des chlorures (originale, 2022).	62
Figure 06 : Résultats de l'analyse du pH des eaux minérales.	67
Figure 07 : Les teneurs en turbidité des eaux minérales étudiées.	68
Figure 08 : Les teneurs en conductivité des eaux minérales étudiées.	69
Figure 09 : Dureté des eaux minérales étudiées.	70
Figure 10 : Les Teneurs en calcium des eaux minérales étudiées.....	71
Figure 11 : Les teneurs en magnésium des eaux minérales étudiées.	72
Figure 12 : les teneurs en sodium des eaux minérales étudiées.	73
Figure 13 : les teneurs en potassium des eaux minérales étudiées.	74
Figure 14 : les teneurs en chlorures des eaux minérales étudiées.	75
Figure 15 : les teneurs en bicarbonates des eaux minérales étudiées.	76
Figure 16 : les teneurs en nitrates des eaux minérales étudiées.	77
Figure 17 : les teneurs en nitrites des eaux minérales étudiées.	78
Figure 18 : les teneurs en sulfates des eaux minérales étudiées.	79
Figure 19 : les teneurs en résidu sec des eaux minérales étudiées.	80

INTRODUCTION

Introduction générale

L'eau minérale est devenue très populaire pour étancher la soif et comme complément alimentaire (minéral). Il y a seulement 15 à 20 ans, l'eau dans une bouteille en plastique n'était pas un élément récurrent sur les listes d'achat de nombreux consommateurs. Aujourd'hui, des milliards de litres d'eau sont vendus dans tous les types d'emballages et de conteneurs (**AL RAYES et al., 2015**).

Durant la période post indépendance de l'Algérie, l'intérêt pour l'eau minérale naturelle s'est manifesté à travers l'évolution du secteur industriel et en particulier celui du conditionnement de l'eau embouteillée. Cette évolution est passée par trois périodes qui sont : l'industrialisation, la restructuration, la phase de libéralisation et d'adaptation à l'économie du marché (**HAZZAB, 2011**).

L'Algérie dispose actuellement de 42 unités de fabrication des eaux minérales à travers le pays avec une concentration dans le centre notamment dans la wilaya de Bejaia (**METAOUI, 2018**).

L'eau de source et l'eau minérale sont définies par trois critères majeurs : absence de tout traitement ou d'addition de produits chimiques, la pureté naturelle à la source et donc l'absence de tout polluant d'origine humaine et enfin une composition minérale de l'eau minérale définie, parfaitement stable et garantie en toutes les saisons de l'année, et pour l'eau de source une composition minérale pas nécessairement stable. (**ABEDERRAHMANI L & BOUABBA N. ,2018**).

Actuellement, presque toutes les catégories sociales et à tous âge consomment de l'eau minérale. Le taux de consommation de l'eau minérale était de 0.5 litre par habitant en 2003. En 2012, le taux a atteint 23.7 litres par habitant et en 2018 c'est 54.2 litres par habitant (**METAOUI, 2018**).Dont Elles font l'objet de centaines de contrôles quotidiens qui garantissent leur qualité et leur pureté (**GUILLERIN, 2018**).

Une bouteille d'eau minérale naturelle, grâce à sa composition stable, à une étiquette qui reprend les informations, quant à sa composition minérale ; celle-ci contient les renseignements utiles, et doit être conforme au produit contenu dans la bouteille (**HURET, 2018**).

Introduction générale

L'objectif de notre travail consiste à faire l'analyse physico-chimique des eaux minérales et des eaux de sources embouteillées commercialisées à Saida.

Ce travail est répartie trois chapitres qui sont :

Le premier chapitre : une partie théorique consacrée a introduite des notions de base de l'eau potable puis s'approfondir au niveau de l'eau minérale naturelle et l'eau de source, en s'intéressant à leurs différents critères et à leurs règlementations strict qui les entoure et enfin leurs catégories et leurs classifications.

Le deuxième chapitre sera consacré pour décrire le matériel et les méthodes utilisés pour effectuer les analyses physico-chimiques des 5 marques d'eau embouteillés sélectionnés du marché .

Le troisième chapitre sera réservé à l'interprétation et la discussion des résultats qui seront comparés d'une part aux normes Algériennes depuis 11 mars 2011 et les normes OMS 2006.

CHAPITRE I

GENERALITES SUR L'EAU

1.Introduction

La planète terre est formée de 72% d'eau, le volume global de l'eau sur terre est estimé à 1,4 milliard de Km^3 . Ce dernier n'évolue pas, il s'évapore puis retombe sur terre sous forme de pluie, ruisselle, alimentant ainsi les rivières, les océans ou les nappes souterraines avant de s'évaporer à nouveau et de recommencer le cycle (Ambroise et *al.*, 2015).

Selon VALIRON (1990), moins de 3% des eaux de la planète sont douces (non salées). L'eau pure, ne contenant que des molécules H_2O , n'existe qu'à l'état gazeux, sous forme de vapeur d'eau. A l'état liquide, l'eau est un puissant solvant qui dissout facilement les éléments avec lesquels elle est en contact. Les éléments dissouts par l'eau sont :

- gaz présents dans l'atmosphère (gaz carbonique, oxygène...).
- matières provenant des sols, dissoutes lors du ruissellement (calcium, magnésium, potassium, sulfates ...).
- particules d'argile en suspension.
- végétaux décomposés.
- métaux corrodés lors du transit dans des canalisations (Valiron, 1990).

Au contact des sols et des roches, l'eau se charge ainsi de sels minéraux et d'oligoéléments. Sa composition peut fortement varier d'une région à l'autre : elle sera très chargée en calcium dans une région calcaire ou au contraire pauvre en calcium dans les régions granitiques (Ambroise et *al.*, 2015).

2. Composition de l'eau:

L'eau, substance liquide et naturelle incolore, inodore, et sans saveur, de Ph neutre dont les molécules sont composées d'un atome d'oxygène et deux atomes d'hydrogène (H_2O). (Figure1)

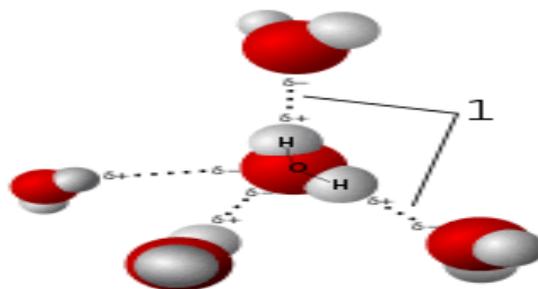


Figure 1: Structure de la molécule d'eau

C'est un excellent solvant qui garde la trace de tous les éléments avec lesquels elle a été au contact. L'eau contient les éléments suivants :

- **des gaz** : Oxygène dissous, gaz carbonique qui jouent un rôle important dans l'action de l'eau sur les matériaux.

-des acides et des bases partiellement ou complètement dissociés en:

• **ions positifs (cations)** : calcium, magnésium, sodium, potassium, hydrogène.

• **ions négatifs (anions)** : bicarbonates, sulfates, nitrates, chlorures, hydroxyde (**Viland M et al, 2001**).

-des matières en suspension : Sont des matières colloïdales, insolubles, d'origine minérale ou organique. Ces particules en suspension existent naturellement dans l'eau, comme le limon, l'argile, les matières organiques et inorganiques en particules fines, le plancton et d'autres microorganismes. Ces particules donnent à l'eau sa turbidité et constituent un support où s'adsorbent les bactéries et virus(**Viland M et al, 2001**)

-Des matières organiques dissoutes (MOD): Les matières solides totales dissoutes comprennent des sels inorganiques (principalement calcium, magnésium, potassium, sodium, bicarbonates, chlorures et sulfates) et de petites quantités de matières organiques qui sont dissoutes dans l'eau. Elle joue un rôle prépondérant dans le cycle du carbone et intervient dans de nombreuses réactions physiques, chimiques ou biologiques ainsi que dans le transport et la transformation des contaminants. Les concentrations de MOD dans l'eau varient considérablement selon les régions géologiques en raison des différences de solubilité des minéraux (**OMS,2017**)

-des microorganismes: Ils constituent le phytoplancton et le zooplancton (algues, bactéries, protozoaires, crustacés) (**Viland M et al, 2001**).

3. Importance de l'eau pour la santé publique:

L'eau est une matière première exceptionnelle puisqu'elle est essentielle à toute forme de vie, qu'elle soit humaine, animale ou végétale. Elle a toujours été considérée comme une ressource largement disponible et renouvelée(**Uwamungu J,Jiang Y, 2010**). L'eau est d'une importance biologique et économique capitale, l'hydrosphère est le fondement de la vie et des équilibres écologique .L'eau est à la fois un aliment, une matière première industrielle,

énergétique, et agricole, et un moyen de transport. Ses usages sont donc multiples mais s'agissant de santé humaine, ils sont dominés par l'agriculture et l'aquaculture, l'industrie et l'artisanat, les loisirs aquatiques dont la baignade et surtout la fourniture collective ou individuelle d'eau potable, utilisable à des fins alimentaires (eaux de boisson, cuisine) mais aussi domestiques et d'hygiène (Festy B et al, 2003).

4. Autres rôles de l'eau:

4.a. Rôle de construction:

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

4.b. Rôle chimique:

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

4.c. Rôle de transport:

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

4.d. Rôle de thermorégulation:

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

5. Cycle de l'eau:

L'eau, seul élément sur terre existant en permanence sous trois formes physiques : liquide à l'état normal, gazeuse en vapeur et solide en glace, où elle évolue dans un système à circuit fermé, dans lequel elle passe des masses océaniques vers l'atmosphère, de l'atmosphère vers les masses continentales, puis des masses continentales vers les océans (Blanco D, et al 2013).

Le cycle de l'eau se définit comme la circulation générale de l'eau, en circuit fermé et avec changements d'état, entre les réservoirs de l'hydrosphère - océan, atmosphère, surface et sous-sol des terres émergées.

L'eau est partout présente autour de nous et constitue un des éléments fondamentaux de notre planète. Elle circule sans arrêt sur la Terre, s'évapore des océans et y revient sous forme de pluie.

5.a. Evaporation et Transpiration:

C'est un transfert lent et incessant de particules d'eau de l'état liquide à l'état gazeux, passant de la surface du globe vers l'atmosphère, ce qui nécessite un réchauffement suffisant de la surface de l'eau fourni par l'énergie solaire (**Assouline S et al,2007**).

L'évaporation des plans d'eau et la transpiration des végétaux -via les stomates- constituent les principales sources de vapeur d'eau (**ASSOULINE S et al, 2007; MUSY A et al,2011**).

5.b. Condensation et Précipitation:

La vapeur d'eau ainsi formée se condense en gouttelettes (**Blanco D et al,2013**) dont le poids croissant déclenche les précipitations (pluie, neige ...). Au cours de la chute, les gouttes d'eau se chargent en polluants atmosphériques (CO₂, NO₂, N₂O, SO₂), dont la mise en solution génère parfois des pluies acides. Ces dernières amplifient les conséquences néfastes sur le sol par solubilisation des métaux lourds (**Blanco D et al,2013**).

5.c. Interception:

Au cours de son trajet, une partie des précipitations est interceptée et retenue par des obstacles (couverture végétale, toits des constructions...) qui s'évapore à nouveau ou rejoint le sol de façon différée (**Anctil F et al, 2012, Assouline S et al,2007**).

5.d. Infiltration, percolation et ruissellement:

Une fraction des eaux météoriques s'infiltré dans le sol sous l'effet de la gravité terrestre, où elle sera soit reprise en partie par les plantes (**Blanco D et al,2013**), soit accumulée dans le sous-sol pour recharger les nappes souterraines, c'est la percolation (**Assouline S et al,2007;Musty A et al, 2011**).

La fraction qui ne s'infiltré pas, ruisselle en surface et approvisionne directement lacs et rivières qui s'écoulent vers les océans, lieu d'évaporation et le cycle continu (**Assouline S et al, 2007**).

Au cours de son trajet, l'eau interagit avec les constituants organiques et minéraux du sol qu'elle entraîne avec elle de par son fort pouvoir solvant, sa composition sera donc modifiée (Olivaux Y,2010).

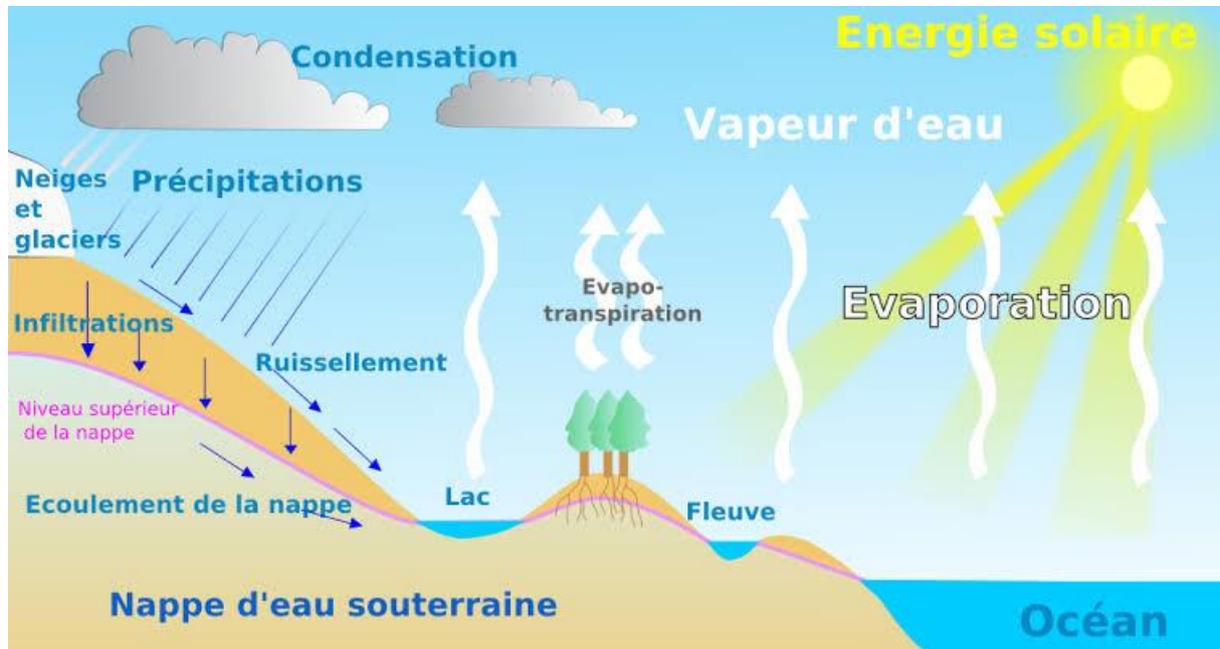


Figure 2: Cycle externe de l'eau (Anonyme, 2013).

6.Répartition de l'eau sur la terre:

Les océans et les mers occupent 71 % de la surface du globe et représentent 1350 millions de km³ d'eau salée. 29 millions de km³ d'eau se retrouvent sous forme de glace dans les glaciers et les calottes glaciaires. L'eau douce, à la surface de la terre et dans le sol, représente 8,6 millions de km³. L'eau atmosphérique sous forme de vapeur d'eau est évaluée à 13 000 km³. Les besoins pour l'homme sont de 4000 à 5000 km³/ an. Pour son utilisation, l'homme aura trois possibilités :

- recueillir l'eau météorique (pluie) ; mais pour la consommation humaine, cette eau présente des inconvénients dus à sa composition et à son manque de potabilité en raison essentiellement de son mode de collecte et de stockage.
- prélever l'eau superficielle qui, elle aussi, nécessitera d'être purifiée (traitée) pour être bue.
- prélever dans la réserve d'eau souterraine. Ces eaux au cours de leur infiltration dans le sol se sont purifiées. En général, plus ces eaux sont profondes, plus elles sont claires et bonnes à la consommation (Viland M et al, 2001).

7. Ressources en eau:

La ressource en eau, liée à la situation hydrique, géographique et démographique des pays, représente des enjeux multiples et interdépendants :

la santé publique et l'autonomie alimentaire, la compétitivité économique et l'arbitrage des différents usages, les paramètres géopolitiques et financiers et enfin, la préservation de l'environnement (**Roiganante F,2007**).L'approvisionnement en eau pour la population peut se faire à partir de deux sources aux caractéristiques bien différentes :

7.a. Eaux superficielles:

Les eaux superficielles ou eaux de surface (lacs, rivières, barrages, etc.) sont très largement utilisées aujourd'hui, car ce sont les seules capables de fournir des quantités considérables pour des consommations diverses. Mais elles sont inévitablement sujettes à contamination par des eaux de ruissellement et des résiduaires. Elles peuvent véhiculer des microorganismes et des polluants chimiques, d'où la nécessité d'un traitement adapté avant leur utilisation (**Festy B et al,2003**).

7.b. Eaux souterraines

Les eaux qui ne sont ni ré évaporées, ni retournées à la mer par ruissellement s'infiltrent dans le sol et le sous-sol et s'y accumulent pour constituer les eaux souterraines. Ces infiltrations varient en fonction de la porosité et de la structure géologique des sols.

La pénétration et la rétention des eaux dans le sol dépendent des caractéristiques des terrains en cause et notamment de leur structure qui peut permettre la formation de réservoirs aquifères appelés nappes (**Danielopol, 1997**).

L'alimentation en eau potable est assurée pour l'essentiel par des nappes d'eau souterraine.

-Nappe active (ou nappe libre)

C'est une nappe due à la succession d'une couche imperméable surmontée d'une roche magasin. La nappe est alimentée directement par l'infiltration des eaux de ruissellement (**Favreaw et al, 2000**). L'altitude à laquelle s'établit le sommet de la nappe s'appelle le niveau piézométrique (**Conrad et al, 1975**).

-Nappe captive

Les nappes captives, en général très profondes, sont, par leur nature, toujours situées sous un toit imperméable. Elles bénéficient donc d'une très bonne protection naturelle (**Schoeller, 1972**).

-Nappe alluviale

L'alternance de phases de creusement a donné naissance à quatre ensembles de terrasses principales :

- la très haute terrasse (80-100 m) est la plus ancienne. Elle est constituée de sable, de cailloux siliceux et d'argile .
- la haute terrasse (55 m) est formée de cailloutis, roches granitiques et calcaire .
- la moyenne terrasse (30-35 m) .
- la basse terrasse (12-15 m), qui est la plus récente, domine de quelques mètres les alluvions modernes. Elle est constituée de dépôts de granulométrie hétérogène : sables, galets, graviers (**Guglielmi et Prieur, 1997**).

-Nappe phréatique

C'est la première nappe rencontrée lors du creusement d'un puit, proche du sol, a tendance à suivre les variations de pluviosité, dont la surface piézométrique est peu profonde. L'inconvénient de cette nappe est qu'elle est quasi totalement polluée, sur tout le territoire, par les pesticides, engrais... elle fournit donc une eau non potable (**Bamba et al, 2000**).

8-Caractéristiques des eaux de surface et souterraines

L'eau à l'état naturel, superficielle ou souterraine, n'est jamais « pure » ; c'est un milieu vivant qui se charge très rapidement de divers éléments en contact des milieux qu'elle traverse et sur les quels elle ruisselle (**Bamba et al, 2000**).

Le tableau 1 résume les différentes caractéristiques d'eau de surface et souterraines.

Tableau 1 : Caractéristiques d'eaux de surface et souterraines (**Kettab, 2001**).

Caractéristique	Eaux de surface	Eaux souterraines
Température	Variable suivant saison.	Relativement constante.
Turbidité	Variable parfois élevée .	Faible ou nulle.
Couleur	Liée surtout au MES sauf dans les eaux très douces et acides.	Liée surtout aux matières en solution (acides humique).
Minéralisation globale	Variable en fonction des terrains, des précipitations.	Sensiblement constante en générale nettement plus élevée que les eaux de surface de la même région.
Fe ²⁺ et Mn ²⁺	Généralement absent, sauf en profondeur des pièces d'eaux en état d'eutrophisation.	Généralement présente.
CO ₂ agressif	Généralement absent.	Souvent présent en grande quantité.
O ₂ dissous	Le plus souvent au voisinage de la saturation. Absent dans le lac d'eaux très polluées.	Absent la plupart du temps.
H ₂ S	Généralement présent.	Souvent présent.
NH ₄	Présent seulement dans les eaux polluées.	Présent fréquemment sans être un indice systématique de pollution bactérienne.
Nitrates, Nitrites	Peu abondant en général.	Teneur souvent élevée.
Silice	Peu abondant en général.	Teneur souvent élevée.
Micropolluant minéraux et organique	Présent dans les eaux de pays développées, mais susceptible de disparaître rapidement après suppression de la source.	Généralement absente, mais une pollution accidentelle subsiste beaucoup plus longtemps.
Éléments vivants	Bactéries (dont certaines pathogènes), virus, plancton (animal et végétal).	Bactéries fréquents.

Le tableau 2 représente les avantages et les inconvénients des eaux superficielles et des eaux souterraines.

Tableau 2 : Avantages et inconvénients des eaux superficielles et des eaux souterraines (Bamba et al, 2000 ; Schriver-Mazzuoli, 2012).

Caractères	Eaux superficielles	Eaux souterraines
Répartition dans l'espace	Ressource concentrée dans les rivières et les lacs, impliquant dans certains cas des adductions importantes, mais permettant des prises de fort débit en un seul site.	Ressource extensive facilitant les captages sur les lieux d'utilisation donc minimisant les couts d'adduction.
Disponibilité dans le temps	Variable saisonnièrement et d'une année à une autre en fonction des aléas climatiques.	Reserve naturelle ne nécessitant pas de régularisation et un débit peu variable offrant une ressource plus résistante que l'eau de surface
Vulnérabilité a la pollution	Très sensible aux rejets polluants dans l'ensemble du bassin versant, en amont du point de captage introduisant de nouveaux facteurs de variations de la qualité rendant le traitement encore plus difficile. Les pollutions accidentelles peuvent rendre pendant une certaine période (quelques jours), la ressource inutilisable.	Certaines eaux souterraines sont totalement protégées des risques de pollution. d'autres sont plus vulnérables à la pollution, sans l'être autant que les eaux de surface, et doivent faire l'objet de mesures de protection .lorsque cette eau est polluée, sa capacité de régénération est très lente .le traitement ou l'abondons de la ressource s'impose.
Cout	Les études d'évaluation de la ressource sont moins couteuses, mais plus longues.	Les études d'évaluation précise de la ressource sont plus couteuses.

9-Les normes de potabilité:

Selon l'organisation mondiale de la santé l'O.M.S (1972), l'eau destinée à la consommation urbaine ne doit contenir ni substances chimiques, ni germes nocifs pour la santé. En outre, elle doit être aussi agréable à boire. Afin de définir précisément une eau potable, des normes ont été établies qui fixent notamment les teneurs limites à ne pas dépasser pour un certain nombre de substances nocives et susceptibles d'être présentes dans l'eau. Le fait qu'une eau soit conforme aux normes, c'est-à-dire potable, ne signifie donc pas qu'elle ne contienne aucune matière polluante, mais que leur concentration a été jugée suffisamment faible pour ne pas mettre en danger la santé du consommateur.

Le tableau 3 représente la grille normative de la qualité de l'eau en Algérie.

Tableau 3 : Grille normative pour estimer la qualité de l'eau en Algérie (OMS, 1972).

		Bonne	Moyenne	Mauvaise	Très mauvaise
Physico- Chimique	PH	6.5-8.5	6.5-8.5	>6,<9	>5,<9
	T°C	25	25-30	30-35	>35
	Minéralisation mg/l	300-1000	1000-1200	1200-1600	>1600
	Ca ²⁺ mg/l	40-100	100-200	200-300	>300
	Mg ²⁺ mg/l	30	30-100	100-150	>150
	Na+ mg/l	10-100	100-200	200-500	>500
	Chlorures mg/l	10-150	150-300	300-500	>500
	Sulfates mg/l	50-200	200-300	300-400	>400
Organique	O ₂ dissous %	>100	100-50	50-30	>30
	Matières organique	5	5-10	10-15	>15
Composés Azotés	Ammonium mg/l	0-0.01	0.01-0.1	0.1-3	>3
	Nitrites mg/l	0-0.01	0.01-0.1	0.1-3	>3
	Nitrate mg/l	0-10	10-20	20-40	>40
Composés phosphorés	Phosphate mg/l	0-0.01	0.01-0.1	0.1-3	>3

Éléments toxique et indésirables	Fe mg/l	0-0.5	0.5-1	1-2	>2
	Mg mg/l	0-0.1	1-0.3	0.3-1	>1
	Cr mg/l	0	0-0.05	0.05-0.5	>0.5
	Cu mg/l	0-0.02	0.02-0.5	0.05-1	>1
	Zn mg/l	0	0-0.5	0.5-1	>1
	Cd mg/l	0	0	0-0.01	>0.01
	Pb mg/l	0	0	0-0.05	>0.05
	F- mg/l	0	0-0.8	0.8-1.5	>1.5
	CN -mg/l	0	0	0-0.02	>0.2
	Phénols mg/l	0.001-0.002	0.002-0.02	0.02-1	>1

10. Eaux destinée à la consommation humaine (EDCH) :

Les principaux types d'eaux destinées à la consommation humaine sont celles fournies par un réseau de distribution et les eaux en bouteille (**JORA, 2005**).

a. Eau du robinet:

L'eau du robinet est une eau potable produite à partir de l'eau prélevée par un captage dans une nappe souterraine (puits, forages, sources) ou dans une ressource superficielle (rivières, lacs, barrages, ruisseaux). Elle est distribuée directement chez le consommateur. Selon la qualité de l'eau prélevée, après divers traitements, elle est maintenue potable grâce à l'ajout de chlore qui rendre l'eau potable. La qualité de l'eau du robinet est très règlementée et soumise à de nombreux contrôles sanitaires. Sa consommation est donc sûre(**ARSA, 2015**).

b. Eaux embouteillées:

Il existe une très grande diversité de qualités d'eaux qui sont commercialisées en bouteille. Cependant, sur le plan réglementaire, il n'en existe que deux catégories.

a. Les eaux de source (ES):

Une eau d'origine exclusivement souterraine, apte à la consommation humaine microbiologiquement saine et protégée contre les risques de pollution, sans traitement ni adjonction autres que ceux autorisés pour cette eau (**JORA, 2004**). Elle répond aux mêmes exigences de qualité physicochimique et radiologique que l'eau de robinet. Les seules traitements autorisés par la réglementation (séparation des constituants naturellement

présents, la désinfection de l'eau est interdite) (OMS, 2015). L'eau de source se distingue de l'eau minérale naturelle par le fait qu'elle doit être conforme à la norme de l'eau potable, qu'elle n'a pas d'obligation d'avoir une composition minérale constante et caractéristique, et qu'elle ne prétend pas avoir d'effet bénéfique pour la santé (Gerard G et al, 2014).

b. Les eaux minérales naturelles (EMN):

Sont des eaux à l'état naturel d'origine souterraine, microbiologiquement saines. Elles se distinguent nettement des autres eaux destinées à la consommation humaine par leurs natures caractérisées par la pureté, et par la teneur spécifique en sels minéraux, oligoéléments ou autres constituants, et ces compositions physico-chimiques stables. Ces caractéristiques sont appréciées sur les plans géologique, hydrogéologique, physique, chimique, physicochimique, microbiologique et pharmacologique (Labadi A et al, 2016). Ces eaux minérales naturelles constituent un cas particulier car leurs qualités thérapeutiques favorables à la santé humaine ont été reconnues par l'Académie nationale de médecine ; Qui sont autorisées concernant la teneur parfois élevée en sels minéraux (Chocat B et al, 2015).

L'eau minérale naturelle n'est soumise à aucun traitement sauf dans le cas d'interventions autorisées par la réglementation (séparation des ingrédients d'origine naturelle, la purification de l'eau est interdite). En effet, l'eau se distingue par sa présence à des concentrations différentes selon les régions, c'est pourquoi on trouve de l'eau à haute valeur minérale par rapport à l'autre, ces propriétés sont des véritables médicaments à consommer avec modération reconnus par l'Académie Nationale de Médecine (OMS, 2015).

11. Traitement des eaux destinées à la consommation humaine (eau de robinet) :

11.1. Prétraitements:

a- physiques: Les prétraitements physiques tels que le dégrillage, tamisage, dessablage et dégraissage permettent d'extraire de l'eau brute la plus grande quantité possible d'éléments dont la nature ou la dimension constituerait une gêne pour les traitements ultérieurs (Degremont SA et al, 2005; Desjandins R, 1997).

b- chimiques: Si la charge organique est très importante ou s'il y a de l'ammoniac, du fer ou du manganèse en solution, la peroxydation facilite leur élimination lors de la phase de clarification. Cette étape peut se faire avec du chlore, chloramines, dioxyde de chlore, ozone

,permanganate de potassium ou de l'oxygène (**Degremont SA et al,2005; Legube B, 2015; Graindorge J, Landot E, 2014**).

11.2. La clarification:

La clarification est une étape indispensable pour les eaux de surface. Elle consiste à éliminer la MES, dissoute et colloïdale et générer une eau limpide (**Olivaux Y,2010; Graindorge J, Landot E, 2014; Ala L, 2016**):

Coagulation-floculation :

à l'aide de produit coagulant –floculant permettant l'agrégation en flocons de la MES (**Graindorge J et al,2014**).

Décantation-flottation :

en fonction de la densité, les flocons formés se déposent au fond du bassin de décantation ou remontent en surface(**Graindorge J et al,2014**).

Filtration :

permet la rétention des particules solides en suspension en faisant passer l'eau à travers un milieu poreux (filtre à sable, membrane ou charbon actif) (**Graindorge J et al ,2014**).

11.3. L'affinage:

A pour objectif l'élimination de la matière organique, de certains micropolluants et l'amélioration de la qualité organoleptique par le biais d'une oxydation, adsorption ou biodégradation (**Olivaux Y, 2010; Degremont SA et al, 2005;Graindorge J et al ,2014**).

11.4. La désinfection:

Est une étape incontournable dans la production d'eau potable quelque soit la filière de traitement utilisée. Elle assure la destruction des germes pathogènes et la majorité des germes banals, ce qui la différencie de la stérilisation (**Degremont SA et al,2005; Legube B, 2015**).

Elle peut se faire par des procédés chimiques (chlore et dérivés ,ozone) ou par des procédés physiques (irradiation UV) (**ORL, 2015; Roignant F, 2007; OMS, 2015**).

12. Les paramètres de contrôle des eaux de consommation :

12.1 Les paramètres physico-chimiques :

12.1.1. La température :

La température est un facteur aggravant sur le plan physicochimique en accélérant les cinétiques de réactions (Popoff G, 1991). Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique et dans la détermination du pH (Rodier J, 2009). Une température élevée favorise la croissance des micro-organismes, peut accentuer le goût, l'odeur et la couleur. Par contre une température inférieure à 10 °C ralentit les réactions chimiques dans les différents traitements des eaux. (Rodier J, 2009). La température est mesurée sur le terrain en même temps que celle de l'air à l'aide d'un thermomètre (PARMO G, 1981), ou une thermo sonde (Ganjous D, 1995). La température optimale d'une eau d'alimentation se situe entre 9°C et 12°C (Perlemutee L, 1990), température de confort, désaltère la soif. Selon leurs températures, les eaux naturelles sont classées comme dans le tableau 02 (Denhove, 1990)

Tableau 4 : Classification des eaux selon la température

Température (°C)	Types d'eau
T < 20	Minéral, Source
20 < T < 30	Méso thermale
30 < T < 50 T > 50 Hyper	Thermale
T > 50	Hyper thermale

12.1.2. Le potentiel d'hydrogène « pH » :

Le potentiel hydrogène (pH) correspond à la concentration d'ions hydrogène (H⁺). Il mesure l'acidité ou alcalinité d'une eau, ou plus exactement le cologarithme décimal de cette concentration (mol/L) (Rodier J, 2009). naturelle pure est neutre. (Rodier J, 2009) C'est le paramètre le plus important de la qualité de l'eau, il doit être surveillé au cours de toute opération de traitement (Lefevre J, 1991). Un pH inférieur à 7 peut conduire à la corrosion du ciment ou des métaux des canalisations, avec entrainement des éléments indésirables comme le plomb et le cuivre. (Rodier J, 2009). Un pH élevé conduit à des dépôts de tartre dans les circuits de distributions. Au-dessus de pH 8, il y a une diminution progressive de

l'efficacité de la décontamination bactérienne par le chlore. Par ailleurs la chloration diminue le pH (**Rodier J,2009**).

Les exemples tableau 5 montrent que le pH des eaux naturelles varie suivant l'origine de l'eau:

Tableau 5 : Classification des eaux selon leurs pH.

Types d'eau d'origine différente	Ph
Eau des sols alcalins	9 – 10
Eaux minérales sulfurées sodiques	8-10
Eaux de mer	7,8 - 8,35
Eaux fluviales	7,0
Eaux minérales bicarbonatées sodiques	6,3 - 6,4
Eaux de pluie	6,0
Eaux de marées stagnantes	4,0

12.1.3. La conductivité électrique :

La conductivité électrique de l'eau représente la propriété d'une solution de conduire le courant électrique, en fonction de la quantité de ions présents dans l'eau. C'est la conductance spécifique d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1cm carré de surface et séparées l'une de l'autre de 1cm (**Rodier J,2009**). La mesure de la conductivité permet d'évaluer rapidement mais approximativement la minéralisation globale (**Rodier J,2009**). Toute eau est plus ou moins conductrice du courant électrique. Cette conductivité est liée à la présence des ions et augmente avec la température et la concentration en sels dissous (**Coin, 1981**). C'est un courant ionique.

La réglementation algérienne propose une conductivité maximale de l'eau à 20°C de 2800µS/cm. L'unité de conductivité est le Siemens par mètre (S/m), pour les eaux l'unité de conductivité est le micro-Siemens par centimètre (µS/cm) (**Rodier J,2009**).

Tableau 6 : Classification des eaux selon leur conductivité.

Conductivité électrique	Minéralisation
Si la conductivité < 100	Minéralisation très faible
100 < Conductivité < 200	Minéralisation faible
200 < Conductivité < 330	Minéralisation moyenne
330 < Conductivité < 660	Minéralisation moyenne accentuée
Si la conductivité > 1000	Minéralisation excessive

12.1.4. La minéralisation globale :

La minéralisation globale correspond à la concentration en sels minéraux dissous (**Degrement G, 2005**). C'est la quantité de sels minéraux contenu dans l'eau, elle est estimée à partir de la mesure de la conductivité (**Mercier J,2000**). Elle est en fonction de la géologie des terrains traversés. D'une façon générale, elle est plus élevée dans les eaux souterraines que dans les eaux superficielles (**Rodier J,2009**). Les eaux très minéralisées, du fait de leur teneur en sels dissous, semblent bien contribuer à l'homéostasie de l'homme et surtout de l'enfant; cependant, elles peuvent poser des problèmes endocriniens très complexes (**Rodier J,2009**).

Tableau 7 : Détermination de la minéralisation à partir de la conductivité (**Rodier J,2009**).

Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Minéralisation
Conductivité < 50	1,365079 x Conductivité à 20°C
50 < Conductivité < 166	0,947658 x Conductivité à 20°C
166 < Conductivité < 333	0,769574 x Conductivité à 20°C
333 < Conductivité < 833	0,71592 x Conductivité à 20°C
833 < Conductivité < 1000	0,758544 x Conductivité à 20°C
Conductivité > 1000	1000 0,850432 x Conductivité à 20°C

12.1.5. Résidu sec:

Dans leur parcours naturel, au contact des sols et des roches, les eaux minérales se chargent en sels minéraux et oligo-éléments à l'abri de toute pollution. Pour savoir si une eau est peu ou fortement minéralisée, il suffit de regarder son "résidu sec". Le résidu sec représente le poids total des sels dissous et les matières organiques dissoutes restant après évaporation de l'eau soumise à l'analyse (**Rodier J,2009**). Une eau dont la teneur en RS (résidu sec) est

extrêmement faible peut être aussi inacceptable en raison de son goût plat et insipide (who,1994).

Tableau 8 : La potabilité en fonction des résidus secs (Rodier J, 2009) .

Résidu sec (mg/L)	Potabilité
RS<500	Bonne
500<RS<1000	Passable
3000<RS<4000	Mauvaise

12.1.6. Matières organiques dissoutes :

Dans les eaux naturelles, elles représentent plusieurs familles de composés parmi lesquelles on peut citer des acides humiques, des acides carboxyliques et les acides hydrates de carbone. Elles sont caractérisables globalement par l'oxydabilité au permanganate ou le carbone organique total (Codex S,1981). Elles constituent une source nutritive essentielle pour la prolifération bactérienne. Ces matières réagissent avec le chlore et affectent le goût et l'odeur (Jean J,2002). On distingue deux origines de ces matières : les matières organiques acides d'origine animale et les matières organiques basiques d'origines végétales (Codex S,1981).

12.1.7. Matières en suspensions :

Elles représentent les matières qui ne sont ni à l'état soluble ni à l'état colloïdal, donc retenues par un filtre. Les matières en suspension, qui comportent des matières organiques et minérales, constituent un paramètre important qui marque bien le degré de pollution de l'eau (Satinm et al,1999). La présence des matières en suspension augmente la turbidité de l'eau et diminue sa transparence (Rodier J,2009).

Une eau potable ne doit pas contenir de matière en suspension décantable. Pour une eau qui contient des suspensions à des teneurs de quelques milligrammes par litre, ne pose pas de problèmes majeurs (Degrement G,2005).

12.1.8. Dureté totale ou titre hydrotimétrique:

C'est une qualité particulière de l'eau due à la présence des bicarbonates, de chlorures et de sulfates de calcium et de magnésium, détectée principalement par le fait qu'elle empêche plus ou moins l'eau savonneuse de mousser (Marcel F,1986). Elle est mesurée par la somme des

concentrations en degré de calcium et de magnésium et s'exprime par le titre hydrométrique (TH) (WHO, 1994).

L'unité du titre hydrométrique est le milliéquivalent par litre (ou le degré français °F).

- **La dureté calcique** : correspond à la somme des concentrations des sels de calcium (Rodier J, 2009).
- **La dureté magnésienne** : correspond à la somme des concentrations des sels de magnésium (Rodier J, 2009).
- **La dureté carbonatée** : appelée aussi la dureté temporaire, correspond à la teneur en carbonates et bicarbonates de Ca et Mg , on parle du TAC (MI BMB A, Marinaldo Da, 2013).
- **La dureté non carbonatée** : appelée aussi dureté permanente, représente la dureté qui persiste après ébullition de l'eau, elle correspond à la teneur en sulfates et chlorures de Ca et de Mg, elle est égale à TH-TAC (Rodier J, 2009).
- **La dureté totale** : ou titre hydrotimétrique TH, correspond à la somme des concentrations des sels calciques et magnésiens (Rodier J, 2009).

En fonction de leur dureté totale, les eaux peuvent être classées suivant les indicateurs du tableau 09.

Tableau 9 : Classification de l'eau selon la dureté totale (Berne et Cor, 2005).

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

12.1.9. Alcalinité :

Il n'est pas facile de faire distinguer l'alcalinité d'une eau et le pH, c'est deux notions sont très différentes bien que liées. Le pH est une mesure de l'intensité et l'alcalinité est une mesure de la capacité à absorber de protons H⁺ (Defranceschi M, 1996). Le titre alcalimétrique ou TA mesure la teneur de l'eau en ions hydroxyles « OH⁻ » Le titre

alcalimétrique complète ou TAC correspond à la teneur de l'eau en alcalins libres carbonates et hydrogencarbonates (**Berne F *etal*,2000**).

12.1.10. Sels minéraux dissous :

Les sels minéraux dissous sont soit des ions positifs (cations) soit des ions négatifs (anions). Un ion est un atome ou groupement d'atomes (molécules) qui a gagné ou perdu un ou plusieurs électrons.

12.1.10.1. Les cations (les ions positifs) :

➤ Ions magnésium Mg^{2+} :

Élément le plus répandu dans la nature, il constitue environ 2,1% de l'écorce terrestre (**Rodier J, 2009**). Origine naturelle (dissolution des roches: magnésites, basaltes, argiles); en eau douce, les concentrations en magnésium sont inférieures au calcium (**Genjous D, 1995**).

La dureté magnésienne de l'eau représente ordinairement le tiers de la dureté totale. Le magnésium en excès donne une saveur amère à l'eau (**Frank J *etal*,1984**).

➤ Ions calcium Ca^{2+} :

Le calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates. Composant majeur de la dureté de l'eau, le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables. Le calcium est un régulateur cardiaque et améliore l'endormissement. Il est présent dans le corps humain à raison de 1,6% du poids corporel. L'apport journalier recommandé est de 1 200 à 1 500 mg puis 800 à 1000 mg après l'âge de 25 ans. Le calcium ne peut en aucun cas poser des problèmes de potabilité (**GANJOUS D, 1995**).

L'eau potable de bonne qualité renferme de 100 à 140 mg/L de calcium (**Rodier J, 2009**).

➤ Ions sodium Na^+ :

C'est un métal alcalin. Son origine peut être :

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

Les eaux trop riches en sodium deviennent saumâtre et prennent un goût désagréable et ne peuvent pas être consommées (**Bouziati H, 2000**).

➤ **Ion potassium K^+ :**

C'est un métal alcalin mou, d'aspect blanc métallique, légèrement bleuté, que l'on trouve naturellement lié à d'autres éléments dans l'eau de mer et dans de nombreux minéraux. Le potassium est étroitement attaché au sodium à tel point qu'il est rarement analysé comme un constituant à part dans les analyses de l'eau. Le potassium règle la teneur en eau à l'intérieur des cellules (**Mercier J, 2000**). Sa présence à peu près constante dans les eaux naturelles ne dépasse pas habituellement 10 à 15mg/L (**Rodier J, 2009**).

➤ **Ion fer Fe^{2+} :**

Le fer se classe en 4ème rang des éléments de la croûte terrestre. Ce métal à l'état ferreux est assez soluble dans l'eau. Le corps d'un homme adulte en renferme environ 4 g et celui d'une femme 2,5 g. L'essentiel se concentre dans les globules rouges et les muscles. Il y a aussi des réserves dans le foie. (**Rodier J, 2009**).

➤ **Ion ammonium NH_4^+ :**

C'est un cation qui provient de la dissolution de l'ammoniac (NH_3) dans l'eau (**Who, 1994**). L'ammonium n'a pas un effet appréciable sur la santé du consommateur mais sa présence dans les eaux est un indicateur de pollution. Dans les eaux profondes, sa présence peut également être due aux conditions réductrices régnant dans une nappe. Il doit être éliminé dans les eaux de consommation car c'est un élément qui peut permettre à certaines bactéries de proliférer dans les réseaux de distribution (**Jean J, 2002**). Il est important d'éliminer l'ammonium avant l'introduction de l'eau dans le réseau parce que l'ammonium réagit avec le chlore pour produire des chloramines qui sont des désinfectants moins efficaces et peuvent provoquer des goûts désagréables (**Paquin J et al, 1992**).

12.1.10.2. Les anions :

➤ **Ion carbonate et hydrogénocarbonate CO_3^{2-} et HCO_3^- :**

Les carbonates sont des minéraux que l'on trouve en abondance à la surface de la Terre. L'ion hydrogénocarbonate (bicarbonate) est le principal constituant alcalin de la plupart des eaux

courantes. Sa présence dans l'eau est due à l'action des bactéries qui fournissent du CO_2 à partir des minéraux contenant des carbonates (**Rodier J, 2009**).

➤ **Ion chlorure Cl^- :**

Les chlorures sont des anions inorganiques importants contenus en concentrations variables dans les eaux naturelles, généralement sous forme de sels de sodium (NaCl) et de potassium (KCl) et de calcium (CaCl_2). Les chlorures participent à la conductibilité électrique de l'eau. La concentration maximale admissible de chlorures, dans l'eau destinée à la consommation humaine est de 200 à 500 mg/L (**Rodier J, 2009**). Son inconvénient, est la saveur désagréable qu'il communique à l'eau à partir de 250 mg/L surtout lorsqu'il s'agit de chlorure de sodium (**Anonyme, 1997**).

➤ **Ion sulfate SO_4^{2-} :**

Le sulfate qui se dissout dans l'eau provient de certains minéraux en particulier du gypse, où apparaît à partir de l'oxydation de minéraux sulfureux. La limite supérieure admise dans l'eau potable est 250 mg/l (**Kemmer F, 1984**)

L'ion sulfate est l'un des anions les moins toxiques toutefois des concentrations élevées peuvent avoir un effet purgatif ou entraîner une déshydratation et une irritation gastro-intestinale. (**Mebarki S, 2010**).

Le sulfate qui se dissout dans l'eau provient de certains minéraux en particulier du gypse, où apparaît à partir de l'oxydation de minéraux sulfureux. La limite supérieure admise dans l'eau potable est 250 mg/L (**Frank J et al, 1984**).

➤ **Ion nitrate NO_3^- et nitrite NO_2^- :**

Les nitrites et nitrates sont des ions présents de façon naturelle dans l'environnement, ils sont le résultat d'une nitrification de l'ion ammonium (NH_4^+) (**Gaujour D, 1995**). La présence d'un excès de nitrates dissous dans l'eau est un indice de pollution d'origines agricoles (engrais), urbaine (**Bontoux J, 1993**). Ils sont extrêmement solubles; ils pénètrent le sol et les eaux souterraines où se déversent dans les cours d'eau par ruissellement. Ils constituent une des causes majeures de la dégradation des eaux à long terme. Les nitrites sont formés par dégradation de la matière azotée mais ils sont rapidement transformés en nitrates dans les sources d'eau potable (**Lepeltier S, 2005**). Chez les nourrissons, la réduction du nitrate en

nitrite peut provoquer une maladie de méthémoglobinémie (inaptitude du sang à transporter l'oxygène) (Gaujoue D, 1995).

12.2. Les paramètres organoleptiques :

Dans l'idéal, l'eau potable doit être claire, incolore, insipide, inodore et doit avoir une saveur faible et agréable.

12.2.1. La couleur :

Une eau naturelle, même une fois traitée n'est jamais rigoureusement incolore (si on la compare, par exemple à une eau distillée). La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution, elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration (Rodier J, 2009). La couleur est fortement influencée par la présence de fer et d'autres métaux, soit sous forme d'impuretés naturelles, soit sous forme de produits de corrosions. Elle peut aussi résulter d'une contamination par des effluents industriels et être le premier signe d'une situation dangereuse (Who, 1994). La couleur se mesure en comparant l'échantillon à examiner avec des tubes témoins dont la coloration est obtenue à partir d'une solution composée de chlorure platinico-potassique et de chlorure cobalteux dissout dans de l'acide chlorhydrique (Dupant A, 1986).

12.2.2. L'odeur :

Toute odeur est un signe de pollution ou de présence de matières organiques en décomposition. L'odeur peut être définie comme :

- ✓ L'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles.
- ✓ La qualité de cette sensation particulière est provoquée par chacune de ces substances (Rodier J, 2009). Une eau destinée à l'alimentation doit être inodore (Rodier J, 2009). En effet, toute odeur est un signe de pollution ou de la présence de matières organiques en décomposition, dont le sens olfactif peut seul, dans une seule mesure les déceler (Rodier J, 2009).

12.2.3. Goût et saveur :

Le goût peut être défini comme l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçue lors de la boisson est dans la bouche. L'eau potable ne

devrait pas avoir un goût (**Gamrasmi M, 1986**). Les tests de l'odeur ne constituent pas une mesure mais une appréciation, et ceux-ci ont donc un caractère personnel (**Dupont A, 1986**). La saveur peut être définie comme l'ensemble des sensations perçues à la suite de la stimulation par principaux corps pouvant donner à l'eau une saveur désagréables qui sont le fer et le manganèse, le chlore actif, le phénol et le chlorophénol, la saveur se développe avec l'augmentation de la température (**Dupont A, 1986**).

12.2.4. La turbidité :

La mesure de la turbidité permet de préciser les informations visuelles sur l'eau. La turbidité de l'eau a pour origine la présence de matières en suspension (argile, limons particules fibreuses ou organique, micro-organismes....). La turbidité est la mesure de l'aspect plus ou moins trouble de l'eau, c'est l'inverse de la limpidité (**Alpha et al ,1998**). La mesure de la turbidité permet de préciser les informations visuelles sur l'eau (**Gerard, 2000**). La turbidité se mesure en unité néphelométrique (**Lanteigne J, 2004**). La turbidité élevée de l'eau révèle la précipitation de fer, aluminium ou manganèse due à une oxydation dans le réseau (**Jean J, 2002**). La turbidité se mesure sur le terrain à l'aide d'un turbidimètre, et pour intérêt dans le contrôle de l'épuration des eaux brutes (**Rodier J, 2009**).

13. Pollution hydrique:

La pollution hydrique constitue la part qualitative des problèmes de l'eau, même les pays qui échappent à la rareté de l'eau sont confrontés à la pollution .Elle a été définie en1993 par l'OMS comme suit :

« Un cours d'eau est considéré comme étant pollué lorsque la composition ou l'état des eaux sont directement ou indirectement modifiés du fait de l'activité de l'homme dans une mesure telle que celles-ci se prêtent moins facilement à toutes les utilisations auxquelles elles pourraient servir à leur état naturel ou à certaines d'entre elles. » (**Vilagines R ,2010**).

Dans certains cas, la pollution peut être naturelle .En fonction de la nature des terrains qu'elle traverse, l'eau se charge parfois en éléments qui atteignent des teneurs inhabituelles rendant inexploitable la ressource (**Olivaux Y,2010;ORL, 2015**).

Dans le monde, 2 milliards de personnes utilisent des points d'eau contaminés par des matières fécales à l'origine de maladies comme la diarrhée, la dysenterie, le choléra, la typhoïde et la poliomyélite (**OMS, 2019**)

CHAPITRE II

LES EAUX

EMBOUTEILLEES

1. Définition:

L'eau potable en bouteille/conditionnée est définie selon le codex alimentaires comme suit :

« eau dont sont remplis des récipients hermétiquement clos, de compositions, formes et capacités diverses, saine et convenant à la consommation directe sans traitement supplémentaire. L'eau potable en bouteille est considérée comme un aliment. Les termes « de boisson » ou « potable » sont utilisés de façon interchangeable en relation avec l'eau (Fao W,2007).

La réglementation Algérienne au sens du texte réglementaire N° 45 prévoit le conditionnement de deux types d'eau seulement : les eaux minérales naturelles et les eaux de source (Hazzab A,2011; Ala A et al,2007). En France, sur le plan réglementaire, les eaux embouteillées appartiennent à trois catégories différentes ; en plus de l'EMN et de l'ES, il y a l'eau rendue potable par traitement qui se définit comme suit (Euzen A,2013; Vilagines R,2010) : C'est une eau d'origine superficielle ou souterraine rendue potable par traitement et fait l'objet des mêmes traitements que l'eau du robinet .Elle doit satisfaire les mêmes exigences de qualité microbiologique que les EMN et les ES ,et les mêmes exigences de qualité physicochimique et radiologique que l'eau du robinet (Euzen A,2013; Chappe P et al,2019). Les eaux rendues potables par traitement sont mises en vente sous l'une des dénominations de vente suivantes (Vilagines R, 2010) :

- ✓ « Eau rendue potable par traitements »
- ✓ « Eau rendue potable par traitements et avec adjonction de gaz carbonique »

qui désigne toute eau rendue potable par traitements, conditionnée, qui a été rendue effervescente par addition de gaz carbonique

Les étiquettes de l'eau rendue potable par traitement ne doivent pas créer confusion dans l'esprit du consommateur avec une EMN ou avec une ES, notamment par l'indication de propriétés favorables à la santé.

En Algérie, ce type d'eau n'existe pas .En France, il est peu commercialisé et ne présente que 3% des eaux embouteillées en Europe.

2. Histoire des eaux embouteillées en Algérie:

Une grande importance a été attribuée aux différentes eaux minérales naturelles et eaux de source en Algérie dès le début de la période de la colonisation. Pas moins de quarante-huit espèces d'eaux froides et chaudes naturelles ferrugineuses, acidulées, salines et sulfureuses ont fait l'objet d'une présentation valorisante parlant de leurs différentes qualités ainsi que leurs vertus lors de l'exposition universelle qui a eu lieu à Paris en 1855 avant que quelques années plus tard, une étude de caractérisation physico-chimique de plus de soixante sources déjà répertoriées à travers le pays a été présentée par Hanriot et complétée par la suite par Guigue selon une étude publiée il y'a plus d'un siècle (**Chocat B,2015**).

Une nette régression du taux de consommation des eaux conditionnées par habitant a été observée lors du début de la période post indépendance de l'Algérie. Les raisons de cette régression sont à rechercher notamment dans la culture et la nature socioéconomique de la société Algérienne elle-même ainsi la prise en compte des différentes orientations politiques industrielles menées par l'État de l'époque (**Vilagines R,2010;Hazzeb A,2011**).

Le marché Algérien n'a pas toujours été tel qu'il est aujourd'hui, le secteur industriel de conditionnement des eaux embouteillées en Algérie s'est construit en plusieurs étapes:

✓ La première phase:

est celle de l'industrialisation : marquée par la présence dominante de l'état dans "le dispositif d'accompagnement ,de l'investissement, dans la mise en place de l'appareil industriel et aussi dans la gestion et la production."(**Vilagines R,2010;Hazzeb A,2011**).

Cette phase a été aussi marquée par la nationalisation du secteur industriel et la création des premières structures de production des eaux minérales embouteillées dont les plus célèbres : Saida, Mouzaia, Batna et Benharoun qui étaient au nombre de quatre à se partager le monopole entre elles (**Vilagines R,2010,Hazzeb A,2011**). Une société nationale des eaux embouteillées a vu le jour en 1966 afin de régler et mettre en œuvre le caractère de monopolisation par le secteur public, de l'exploitation de la gestion et de la commercialisation des eaux minérales et de source suivant

(Ordonnance no 66-220, 1966) en appliquant un processus de planification qui répond conformément aux choix des orientations politiques industrielles de l'époque caractérisées plutôt par une régulation administrative (**Vilagines R,2010,Hazzeb A,2011**).

✓ La deuxième phase:

celle de la "la restructuration" a été marquée par un vrai renforcement des capacités de production des eaux embouteillées.

Au début des années 1980 l'économie de l'Algérie commence à être restructurée. Cette restructuration a touché également le secteur industriel des eaux embouteillées dans le cadre des réformes économiques suite au décret relatif à la restructuration des entreprises (Décret no 80-242 du 4 septembre 1980) ce qui a donné naissance à trois entreprises régionales issues de la société nationale mère en 1983 dans l'Algérois, Batna et Saida. Cette restructuration a engendré également la mise en place de plusieurs unités de production des eaux conditionnées toujours sous le sceau du secteur public. Il s'agit notamment de l'unité d'El Golia dans la région de Ghardaia (1978), de l'unité de Mostaganem (1984), de celle de Hammamet dans la région de Tebessa (1986) et de celle de Djemorah dans la région de Biskra (1986).

✓ La troisième phase:

celle de la libération à partir des années 1990 a été marquée par un changement radical des orientations de la politique économique de l'Algérie aboutissant à la privatisation d'un grand nombre d'unités composant le tissu industriel de l'eau conditionnée en Algérie. En parallèle la mise en place des mesures réglementaires pour favoriser l'investissement a permis l'implantation d'un grand nombre d'unité d'exploitation des eaux minérales et de source donnant lieu au boom que l'on connaît aujourd'hui dans l'industrie de l'eau embouteillée .

3- Eaux embouteillées:

Il existe une très grande diversité de qualités d'eaux qui sont commercialisées en bouteille. Cependant, sur le plan réglementaire, il n'en existe que deux catégories.

- Les eaux de source font partie de cette catégorie.

- Les eaux minérales naturelles (EMN) : Il s'agit d'eau de source présentant une efficacité thérapeutique reconnue par l'Académie nationale de Médecine (**Cardot C,2009**).

3-1. Les eaux minérales naturelles

les eaux minérales naturelles sont définies comme étant des eaux microbiologiquement saines. Elles se distinguent nettement des autres eaux destinées à la consommation humaine par leurs natures caractérisées par la pureté, et par la teneur spécifique en sels minéraux, et de composition stable dans le temps. Ces caractéristiques sont appréciées sur les plans géologique, hydrogéologique, physique, chimique, physicochimique, microbiologique et pharmacologique. Ces eaux minérales naturelles peuvent posséder des propriétés thérapeutiques favorables à la santé humaine (**Hazzab 2011**) .

L'eau minérale naturelle est une eau exclusivement d'origine souterraine, captée soit à une source, soit par forage. Définie en tant que telle par la réglementation, elle est utilisée pour l'embouteillage et/ou le thermalisme. Pure, protégée géologiquement et présentant une composition minérale parfaitement stable, elle ne fait l'objet d'aucun traitement chimique ni désinfection avant son embouteillage ou son utilisation thermique. Ces eaux appartiennent, par définition, à des aquifères à forte inertie, en général profonds, carbogazeux dans certains cas. Bien protégés des contaminations superficielles par leur couverture géologique et, le cas échéant, également par des politiques de protection dédiées, ces aquifères se situent en général dans des régions peu soumises aux pressions anthropiques (agriculture intensive, industrie, urbanisation...). Ils y contribuent de manière notable au développement économique local. (**Anonyme**)

Une eau minérale naturelle (selon le décret 89-369 du 6 juin 1989) est « une eau possédant un ensemble de caractéristiques qui sont de nature à lui apporter ses propriétés favorables à la santé ... Elle témoigne, dans le cadre des fluctuations naturelles connues, d'une stabilité de ses caractéristiques essentielles, notamment de composition et de température à l'émergence, qui n'est pas affectée par le débit de l'eau prélevée » (**Encarta 2009**).

3.1.1. Origine et composition chimique de l'eau minérale

Selon CONSTANT et HAWILI (2011), l'eau minérale provient d'une nappe ou d'un gisement souterrain exploité à partir d'une ou plusieurs émergences. Elle contient des substances dissoutes nommées des sels minéraux qui se retrouvent dans l'eau sous forme d'ions. Ces derniers sont : Les ions constitutifs ou originaux (HCO_3^+ , OH^-), les ions principaux (Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^-) et les ions secondaires (Na^+ , K^+ , Fe^{2+} et, NO_3^- , SiO_3^{2-} , Mn^{2+} , Cu^{2+} etc....).

Par contre certaines eaux minérales naturelles contiennent aussi des gaz dissous (Constant et Hawili, 2011).

3.1.2. Caractéristiques de l'eau minérale naturelle:

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

- sa teneur en certains sels minéraux, les proportions relatives de ses sels et la présence d'oligo-éléments ou d'autres constituants
- elle provient directement de nappes souterraines par des émergences naturelles ou forées pour lesquelles toutes les précautions devraient être prises afin d'éviter toute pollution ou influence extérieure sur ses propriétés physiques et chimiques (Jean, 2008).
- elle est captée dans des conditions qui garantissent la pureté microbiologique et la composition chimique de ses constituants essentiels (Arrete, 2000) .
- elle est conditionnée à proximité de l'émergence de la source avec des précautions d'hygiène particulières (Jean, 2008).
- elle n'est soumise à aucun traitement .
- elle se différencie de l'eau de source par la stabilité de sa composition minérale (Arrete, 2000).

Selon CONSTANT et HAWILI (2011), ces caractéristiques doivent être appréciées sur les plans géologique, hydrogéologique, physique, chimique, microbiologique et si

nécessaire, pharmacologique, physiologique et clinique, conformément à certaines dispositions du code de la santé publique.

3.1.3. Classification des eaux minérales naturelles

Trois types de classification des EMN sont considérés :

- ✓ La première basée sur la pesée du résidu sec ; le taux de minéraux recueillis après évaporation de 1L d'eau à une température de 180°C. (Hazzab A,2019; Petraccia L,2006)

Tableau 10 : Classification des eaux minérales en fonction de la minéralisation

Mentions	Critères
Très faiblement minéralisée	<50 mg/L
Oligominérale ou faiblement minéralisée	50 < résidu sec < 500 mg/L
Moyennement minéralisée	500 < résidu sec < 1500 mg/L
Riche en sels minéraux	> 1500 mg/L

- ✓ La deuxième classification tient compte de la teneur des constituants ioniques (concentration de Ca, Mg, Cl, SO₄...) (Hazzab A,2011;Directive 2009)

Tableau 11 : Classification des eaux minérales selon la composition ionique (Hazzab A,2019;Directive 2009).

Mentions	Critères
Bicarbonatée	La teneur en bicarbonate est supérieure à 600 mg/L
Sulfatée	La teneur en sulfates est supérieure à 200 mg/L
Chlorurée	La teneur en chlorure est supérieure à 200 mg/L
Calcique	La teneur en calcium est supérieure à 150 mg/L
Magnésienne	La teneur en magnésium est supérieure à 50 mg/L
Fluorée	La teneur en fluor est supérieure à 1 mg/L
Ferrugineuse	La teneur en fer bivalent est supérieure à 1 mg/L

- ✓ La troisième classification citée dans le décret exécutif du journal officiel Algérien N°45 correspondant au 18 juillet 2004

- **Eau minérale naturelle non gazeuse**

L'eau minérale naturelle non gazeuse est une EMN qui, à l'état naturel et après traitement autorisé, et conditionnement, ne contient pas de gaz carbonique libre en proportion supérieure à la quantité nécessaire pour maintenir dissout les sels hydrogénocarbonates présents dans l'eau (**JORA, 2004**).

- **Eau minérale naturelle naturellement gazeuse**

L'eau minérale naturelle naturellement gazeuse est une EMN dont la teneur en gaz carbonique est la même qu'à l'émergence. Il s'agit du gaz carbonique spontanément et visiblement dégagé dans des conditions normales de température et de pression (**OMS, 2006**).

- **Eau minérale naturelle dé gazéifiée**

L'eau minérale naturelle dé gazéifiée est une eau minérale naturelle dont la teneur en gaz carbonique, n'est pas la même qu'à l'émergence et qui ne dégage pas visiblement et spontanément de gaz carbonique dans des conditions normales de température et de pression (**OMS, 2006**).

- **Eau minérale naturelle renforcée au gaz carbonique de la source**

Désigne une eau minérale naturelle dont la teneur en gaz carbonique, après traitement éventuel conforme à la norme autorisée et conditionnement, est supérieure à sa teneur en gaz carbonique à l'émergence c'est-à-dire rendue effervescente par l'addition de gaz carbonique d'une autre origine que la nappe ou le gisement dont elle provient (**Fricke, 2003**).

3.2 Les eaux de source :

Une eau de source (selon le décret 89-369 du 6 juin 1989 relatif aux eaux minérales naturelles et aux eaux potables pré-emballées) est « une eau d'origine souterraine microbiologiquement saine et protégée contre les risques de pollution, apte à la consommation humaine sans traitement ni adjonction autres, qu'une séparation des

éléments instables et d'une sédimentation des matières en suspension par décantation ou filtration et (ou) d'une incorporation de gaz carbonique ... ». Elle doit être autorisée par arrêté préfectoral (**Encarta,2009**). D'après Marty (2006) L'eau de source désigne une simple eau naturelle, le plus souvent d'origine profonde et dont la qualité physico-chimique et microbiologique doit respecter sans traitement les critères de potabilité des eaux destinées à la consommation humaine. (**Marsil Y,1995**)

3.2.1. Classification des eaux de source

Citée dans le décret exécutif du joradp N°45 correspondant au 18 juillet 2004

a) Eau de source :

Introduite au lieu de son émergence, telle qu'elle sort du sol, sous réserve des traitements éventuels autorisés conformément à la réglementation Algérienne, dans des récipients de livraison au consommateur ou dans des canalisations l'amenant directement dans ces récipients.

b) Eau de source gazéifiée :

L'eau de source gazéifiée désigne une eau de source qui, sous réserve des traitements éventuels autorisés, est rendue effervescente par addition de gaz carbonique.

Tableau 12 : comparaison entre différents types d'eaux (Csem, 2008).

	Eaux de robinet	Eaux de source	Eaux minérales naturelle
Origine	Multiplés : lacs, rivières, nappes, phréatique,etc.	Souterraine	Souterraine
Protection naturelle	/	Obligatoire	Obligatoire
Traitement chimiques	Traitement 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 la santé	/	/	Effet favorable à la sante, reconnu par l'Académie de médecin

4. Qualités de l'eau minérale:**4.1. Qualité organoleptique:**

Les qualités organoleptiques caractérisent l'unicité de chaque eau minérale, elles font aujourd'hui l'objet d'expériences gustatives inspirées de l'œnologie (**Rodier, 1996**).

➤ Couleur

C'est une nuisance d'ordre esthétique, une eau minérale ne doit pas présenter de couleur, cependant cette coloration peut être d'origine naturelle (présence de fer et de manganèse dans les eaux profondes) (**Maiga, 2005**).

➤ Gout et odeur

Une eau minérale doit être inodore, c'est l'équilibre entre les minéraux, leur concentration respective qui lui confère une saveur et un goût particulier et unique (**Henry, 1991**).

4.2. Qualité physico-chimique**➤ Température**

Il est important de connaître la température de l'eau minérale, car elle joue un rôle important dans la solubilité des sels, la conductivité électrique et sur le pH (**Adil et al, 2014**).

Selon CELERIER et FABY (2002), la température de l'eau minérale dépend d'une série de facteurs qui sont :

- la situation géographique.
- la saison.
- la profondeur (la température des profondeurs est généralement plus faible qu'en surface).
- le volume de l'eau (plus le volume est élevé moins importantes sont les variations de température).

➤ Potentiel hydrogène

Le pH mesure l'acidité ou l'alcalinité d'une eau minérale et caractérise la concentration en ions hydronium (H^+) de cette dernière. La nature géologique des terrains que traverse l'eau minérale conditionne son pH, il est acide (<7) en région granitique et basique (>7) en région calcaire (**Ezzaouaq, 1991**).

Selon les normes Algérienne de 2006, le pH doit être compris entre 6.5 et 8.5 (**Arrete, 2006**).

➤ Conductivité électrique

La conductivité mesure la capacité de l'eau minérale à conduire le courant entre deux électrodes, la mesure de cette dernière permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous.

L'unité de mesure de la conductivité est siemens/cm (s/cm) (**Henry, 1991**).

La norme Algérienne de 2006 fixe la limite supérieure de la conductivité de l'eau minérale à 2800 $\mu S/cm$ à 20°C (**Arrete, 2006**).

Le tableau 13 ci-dessous représente la classification des eaux minérale selon la conductivité.

Tableau 13 : Classification des eaux minérales selon la conductivité (**Ferry, 2012**).

Type d'eaux	Conductivité ($\mu S/Cm$)
Eau douce peu minéralisée	100 à 200
Eau de minéralisation moyenne	250 à 500
Eau dure très minéralisée	1000 à 2800

➤ Alcalinité de l'eau (TA- TAC)

Selon LEGUBE et al.(2009) les eaux minérales naturelles ont le plus souvent un pH supérieur à 4.5 elles sont donc alcalines, par convention : l'alcalinité totale d'une eau est mesurée par la quantité d'acide nécessaire pour abaisser son pH jusqu'à cette valeur.

Dans les eaux minérales naturelles, l'alcalinité résulte généralement de la présence d'hydrogencarbonates, carbonates et hydroxydes, ce qui permet de considérer deux types d'alcalinité qui correspondent à deux bornes de pH : le Titre alcalimétrique et le Titre alcalimétrique complet.

- titre alcalimétrique (TA): est une mesure des bases fortes (carbonates et alcalis), elle est titrée en présence de phénol phtaléine comme indicateur coloré. Cette alcalinité est nulle pour une eau dont le pH est compris entre 4.5 et 8.3.
- titre alcalimétrique complet (TAC) est une mesure des bases fortes et des bases faibles (bicarbonates), elle est titrée en présence d'hélianthine au pH de 4.5, ce qui revient à déterminer les ions HCO_3^- , CO_3^{2-} , OH^- .

Dans les eaux minérales naturelles, l'alcalinité, exprimée en mg/l de HCO_3^- , varie de 10 à 350mg/l.

- **Dureté totale (TH)**

La dureté totale ou titre hydrotimétrique (TH) d'une eau minérale naturelle a un caractère naturel lié au lessivage des terrains traversés et correspond à la quantité de calcium et magnésium (**Legube et al, 2009**).

Selon les normes algériennes de 2006, la dureté doit être comprise entre 10 ° HF et 50° HF, la dureté idéale de l'eau minérale est environ de 25° HF (**Arrete, 2006**).

Le tableau 14 ci-dessous représente la relation entre la dureté de l'eau minérale naturelle et la concentration en CaCO_3 .

Tableau 14 : Relation entre dureté de l'eau minérale naturelle et la concentration équivalente en CaCO₃(Arrete, 2006).

Dureté de l'eau	Concentration en °HF
Eau minérale douce	0 à 5
Eau minérale moyennement douce	10 à 15
Eau minérale dure	15 à 35
Eau minérale très dure	> 35

- **Résidu sec**

La détermination du résidu sec d'une eau minérale naturelle permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes et en suspension, non volatiles, obtenues après une évaporation à 180°C d'eau minérale. Une eau minérale dont la teneur en résidu sec est extrêmement faible peut être inacceptable à la consommation en raison de son goût plat et insipide.

Le tableau 15 représente la potabilité des eaux minérale en fonction des résidus secs (Rodier, 2005).

Tableau 15 : la potabilité en fonction des résidus sec (Rodier, 2005).

Résidu sec (mg/l)	Potabilité
RS < 500	Bonne
500 < RS < 1000	Passable
3000 < RS < 4000	Mauvaise

5. Les sels minéraux présents dans l'eau minérale

- **Calcium (Ca²⁺)**

Le calcium est un métal alcalino-terreux c'est un composant majeur de la dureté totale de l'eau minérale naturelle, celle-ci se charge en ions calcium quant elle traverse des terrains calcaires (**Fardellone, 2015**).

Le calcium intervient dans la construction des os et des dents dont il assure la croissance, la solidité, et l'entretien. Il intervient aussi dans la coagulation sanguine, la contraction musculaire et le rythme cardiaque normal. Il joue aussi un rôle dans l'activation de certains enzymes et la prévention de l'hypertension (**Vernejoul, 2015**). Selon la norme algérienne de 2006, la concentration en calcium des eaux minérale naturelle doit être comprise entre 75 à 200mg/l (**Arrete, 2006**).

- **Magnésium (Mg²⁺)**

Le magnésium est l'un des éléments les plus répandus dans la nature. Sa teneur dépend de la composition des roches sédimentaire rencontrées. Selon FARDELLONE (2015), Le magnésium permet de diminuer la fatigue, le stress et l'anxiété.

Selon la réglementation algérienne, les eaux de bonne qualité renferment 30mg/l de magnésium, les eaux de mauvaise qualité dépassent les 150mg/l (**Arrete, 2006**).

- **Sodium (Na⁺)**

Le sodium est un sel minéral présent à des teneurs variables dans les eaux minérales (**Washington, 2005**). Il a pour rôle de maintenir l'hydratation équilibrée du corps humain, favorise l'effort sportif et limite l'apparition des crampes musculaires. Son excès, avec le chlorure de sodium (Na Cl) favorise l'hypertension artérielle (**Glillerin, 2018**).

La réglementation algérienne de 2006 fixe la concentration en sodium des eaux minérales naturelles à 200mg/l, ainsi celles qui dépassent les 500mg/l deviennent saumâtres avec un goût désagréable ne pouvant être consommées (**Arrete, 2006**).

- **Potassium (K⁺)**

Le potassium est un élément principalement présent dans les roches ignées (dont les roches volcaniques) et les argiles. Il assure le bon fonctionnement du système nerveux, des reins et des glandes surrénales qui régulent le stress et la production d'énergie.

Il est généralement peu concentré dans les eaux minérales naturelles. Généralement sa concentration ne dépasse pas 10mg/l (**Washington, 2005**).

La réglementation algérienne fixe la concentration en potassium à 20 mg/l (**Arrete, 2006**).

- **Chlorures (Cl⁻)**

Les chlorures sont des anions inorganiques importants présents à des concentrations variables dans les eaux minérales. Cela est lié principalement à la nature des terrains traversés. Cependant les eaux minérales provenant des régions granitiques sont pauvres en chlore alors que les eaux minérales des régions sédimentaires en contiennent d'avantage. Le chlore est indispensable à l'équilibre hydrique de l'organisme, avec le sodium (Na Cl) et le potassium (K Cl). Il participe à une bonne répartition de l'eau minérale dans le corps et contribue aussi à équilibrer le pH dans l'organisme (**Makhouh et al, 2011**).

La norme algérienne fixe la teneur en chlorure des eaux minérales naturelles à 500mg/l au-delà de cette valeur le chlorure communiqué à l'eau minérale une saveur désagréable.

- **Sulfates (SO₄²⁻)**

Les sulfates sont des sels d'acide sulfurique combinés à des ions métalliques. L'eau minérale contient naturellement ces derniers par dissolution du gypse avec une concentration très variable. L'ion sulfate est l'un des anions les moins toxiques et représente la source majeure de soufre, un composant essentiel de nombreuses protéines de la peau des angles, des cheveux et des hormones comme l'insuline. Par ailleurs, les sulfates accélèrent le transit intestinal (**Dupont, 2015**).

La norme algérienne fixe la teneur des eaux en sulfates entre 200 et 400 mg /l (Arrete, 2006).

- **Phosphates (PO_3^{4-})**

Les phosphates comprennent le phosphore organique et le phosphore inorganique qui lui-même, inclus les ortho-phosphates et les poly-phosphates. Ces derniers dégradent les qualités organoleptiques de l'eau minérale (odeur, saveur, turbidité, couleur) (Maiga, 2005).

La norme de potabilité algérienne fixe la teneur des eaux en phosphates entre 0.01 à 3 mg/l (Arrete, 2006).

- **Bicarbonates**

Ils font partie de nombreuses substances minérales (au même titre que le calcium, magnésium ou encore sodium), naturellement présentes dans l'eau minérale naturelle qui peut contenir des quantités plus au moins élevées en bicarbonate en fonction des types de sols qu'elle traverse (infiltration) ou sur lesquels elle s'écoule (ruissellement) (Bataille et al, 2016). Sans effet nocif pour la santé, les bicarbonates ne sont soumis à aucune norme légale.

6. Les substances indésirables

- **Ammonium (NH_4^+)**

L'azote ammoniacal dans l'eau minérale naturelle traduit habituellement un processus de dégradation incomplet de la matière organique, il se transforme assez rapidement en nitrates et nitrites par oxydation (Belghity et al, 2010).

L'ammonium n'a pas d'effet appréciable sur la santé du consommateur, mais sa présence dans les eaux minérale naturelle peut être due aux conditions réductrices régnant dans une nappe. Il doit donc être éliminé (Foulon, 2015).

La norme algérienne de 2006 fixe la teneur maximale en ammonium à 0.5 mg/l (Arrete, 2006).

- **Nitrates (NO_3^-)**

Les nitrates sont des composés d'azote et d'oxygène. Ils ne sont pas dangereux pour la santé mais c'est leur transformation en nitrites dans l'appareil digestif qui est problématique, donnant des nitrosamines toxiques et réputées cancérigènes (OMS, 1980).

La norme algérienne de 2006 fixe la teneur maximale en nitrates à 50 mg/l (Arrete, 2006).

- **Nitrites (NO_2^-)**

Les nitrites sont naturellement à de très faibles concentrations dans les eaux minérales. Cela est lié à leurs forme instable et au fait que l'ion nitrite est une forme intermédiaire entre l'ion ammonium et l'ion nitrate.

Les nitrites sont dangereux pour la santé car ils peuvent provoquer une réduction de l'hémoglobine du sang (qui est alors incapable de transporter l'oxygène) notamment chez les jeunes enfants. Ce symptôme se nomme la méthémoglobinémie ou cyanose de nourrisson (OMS, 1980).

La norme algérienne de 2006 fixe la teneur maximal en nitrites des eaux minérales à 0.02mg/l.

- **Fer (Fe) et manganèse (Mg)**

Ce sont des impuretés minérales sans effets appréciables sur la santé. Une concentration excessive de ces métaux affecte les paramètres organoleptiques (couleur et gout désagréable) de l'eau minérale (Achour et al, 2017).

La norme algérienne de 2006 fixe la teneur maximal en fer à 0.3mg/l et de manganèse à 0.1mg/l (Arrete, 2006).

- **Fluor (F^-)**

La présence des fluores dans l'eau minérale provient souvent de la dissolution des roches, il n'existe pas à l'état libre mais sous forme de fluorures en association rapide avec d'autres éléments.

La concentration élevée en fluor peut causer : des désordres neurologiques, des taches sur l'émail des dents, des dommages sur la thyroïde et même des tumeurs (**Bannoud et Darwiche, 2006**).

La norme algérienne de 2006 fixe la teneur maximale en fluors dans l'eau minérale à 5mg/l (**Arrete, 2006**).

7. Les substances toxiques

Ce sont des substances ayant des effets très néfastes sur la santé, présentes dans l'eau minérale au-delà du seuil maximum elles inhibent la croissance et deviennent toxiques (**Guemaz, 2006**).

Le tableau suivant donne les concentrations maximales admissibles des substances toxiques, selon les normes Algérienne de 2006.

Tableau 16 : les concentrations maximal admissible des substances toxiques dans l'eau minérale (**Arrete, 2006**).

Elément	Norme(mg/l)
Antimoine (Sb)	0.005
Arsenic (As)	0.05
Baryum (Ba)	1
Borates (Bo ₃)	5
Cadmium (Cd)	0.003
Chrome (Cr)	0.05
Cuivre (Cu)	1
Cyanures (Cn)	0.07
Plomb (Pb)	0.01
Mercure (Hg)	0.001
Nickel (Ni)	0.02
Sélénium (Se)	0.05

8. Les paramètres microbiologiques

D'après Rejseck (2002) les bactéries recherchées seront utilisées comme indicatrice soit de pollution, soit d'efficacité de traitement de l'eau destinée à la consommation humaine.

8.1. Les germes totaux

Microorganismes vérifiables, toute bactérie aérobie, levure ou moisissure, capable de former des colonies dans le milieu spécifié (**Rejseck, 2002**). Elle permet ainsi une appréciation globale de la salubrité générale d'une eau, sans toutefois déterminer les sources de contamination (**Ayad et Kahoul, 2017**).

8.2. Coliformes totaux

Le groupe des coliformes totaux comprend toutes les bactéries aérobies et anaérobies facultatives, gram négatives, non sporulées, cytochrome oxydase négative en forme de bâtonnets, qui font fermenter le lactose avec dégagement de gaz en moins de 48h à 35°C. La majorité des bactéries coliformes appartiennent au genre *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* et *Entérobactérie* (**Rejseck, 2002**).

8.3. Coliformes fécaux

Ce sont des bacilles Gram négatifs, aérobie, anaérobie facultatifs, Oxydase négative. Les coliformes fécaux, ou coliformes thermotolérants, sont un sous-groupe des coliformes totaux ont la capacité de fermenter le lactose à une température de 44,5 °C. L'espèce la plus habituellement associée à ce groupe bactérien est *l'Escherichia coli* (**Ayad et Kahoul, 2017**).

L'OMS (2011) a recommandé que les bactéries coliformes fécales ne doit pas être détectable dans un échantillon de 100 ml d'eau (**Oyelude et Ahenkorah., 2012**).

8.4. Streptocoques fécaux

Bactérie Gram positif, sphérique à ovoïde, formant des chainettes, non sporulées, catalase négative, possédant l'antigène de groupe D, cultivant en anaérobiose à 44 °C, et à pH 9.6 (**Rejseck, 2002**).

8.5. Clostridium sulfito-réducteurs

Les Clostridium sulfito-réducteurs sont souvent considérés comme des témoins de pollution fécale. La forme spore, beaucoup plus résistante que les formes végétatives des coliformes fécaux et des *streptocoques fécaux* (Rodier, 2009).

9. Bienfaits des eaux minérales étudiées à partir de leur composition chimique

Après plusieurs classifications des eaux minérales en fonction de leur composition chimique on a pu classer les eaux étudiées en combinant la composition chimique avec les effets thérapeutiques de chaque élément chimique.

La composition minérale de l'eau minérale naturelle peut varier fortement d'une marque d'eau minérale à l'autre, Les consommateurs peuvent choisir des eaux ayant une teneur minérale spécifique (par exemple teneur en calcium, magnésium, bicarbonates, fluor ou eau pauvre en sodium), selon leurs goûts ou certains besoins nutritionnels (Toul O, Boulenouar K ;2018).

➤ Consommation de l'eau minérale pour les Nourrissons

Une eau minérale peut être utilisée pour l'alimentation des nourrissons doit être :

- faiblement minéralisée ; moins de 500 mg/L (le système rénal étant encore immature).
- faible teneur en calcium, magnésium, sulfates et fluor.
- quantité de nitrate ne doit pas dépasser 10 mg/L. Pour l'hydratation des bébés de moins d'un an, il faut rechercher la mention dans l'étiquette : « Convient à l'alimentation du nourrisson » qui permettant une consommation sans risque sanitaire (MEMN 2019).

➤ Eau pendant la grossesse et Allaitement

La femme enceinte porte 7 à 10 litres d'eau supplémentaires. Le besoin en eau augmente lors de la grossesse et de l'allaitement : la prise d'eau quotidienne doit être supérieure à 1 500 mL.

Une eau minérale utilisée pour l'alimentation pendant la grossesse et l'allaitement doit être :

- Teneur en calcium supérieure à 100 mg
- Teneur en magnésium supérieure à 40 mg

Particulièrement au cours du troisième trimestre de la grossesse et durant l'allaitement pour éviter la fatigue (**Gerard G ; Philippe H 2014**).

➤ **Eau pour un enfant**

Chez les enfants qui présentent des difficultés à prendre des laitages ou qui ne les apprécient pas, il est possible d'utiliser des eaux riches en calcium et en magnésium.

Le calcium de ces eaux a une biodisponibilité similaire à celle du calcium du lait pour compléter leurs apports journaliers en cet élément (**Gerard G ; Philippe H 2014**).

➤ **Eau pour un sportif**

Dans le cadre d'une activité sportive, même modérée, il faut s'assurer de boire avant, pendant et après l'effort.

En cas d'exercice sportif intense et prolongé, la transpiration est accrue, entraînant une perte d'eau et éventuellement de sodium.

C'est pourquoi, il convient de préférer une eau minérale naturelle :

- riche en minéraux, bicarbonatée (> 600 mg/litre)
- haute teneur sodique (> 200 mg/l) car l'activité sportive intense ou prolongée occasionne également une possible perte de sodium .

➤ **Eau pour un régime**

Chez les personnes souhaitant maintenir leur poids ou perdre du poids, une hydratation sans aucun apport calorique est essentielle : la consommation d'eau est donc à privilégier par rapport à d'autres boissons.

Les personnes suivant un régime amaigrissant peuvent parfois s'exposer à des apports insuffisants en magnésium et en calcium.

Dans ce cas, il peut être recommandé de consommer des eaux minérales naturelles :

- magnésiennes (>50 mg/L)

- calciques (> 150 mg/L)

Pour contribuer à la bonne couverture de leurs besoins quotidiens. Si vous suivez un régime pauvre en sel, privilégiez les eaux à faible teneur en sodium (**ANDI 2015**)

Les adultes suivant un régime hyposodique, il faut privilégier des eaux minérales contenant moins de 20 mg de sodium par litre.

10.Processus générales d’embouteillages de l’eau minérale

Les eaux minérales naturelles destinées à être emballées doivent respecter toutes les normes (à savoir les normes chimiques, microbiologiques, physiques) établies par l'autorité officielle ayant juridiction.

Chaque étape est contrôlée et tous les soins sont apportés pour garantir la conservation de la pureté originelle de l’EMN (**Al rayes et al, 2015**).

10.1.Captage de l'eau minérale naturelle

❖ Extraction

L'extraction (captages de sources, puits ordinaires ou forés) devrait être effectuée en fonction des conditions hydrogéologiques, ou, s'il y a un pompage en réduisant le débit, de manière qu'aucune autre eau que celle désignée comme eau minérale naturelle ne parvienne à la zone de captage (**CAC/RCD, 1985**).

L'eau minérale naturelle sortant du captage ou pompée devrait être protégée de telle manière qu'elle ne puisse être polluée par des causes naturelles ou des actes de négligence ou de malveillance. Ainsi les installations de captage devraient être gérées de manière à éviter l’entrée de toute autre eau, comme les eaux d’infiltrations d'eau de surface, elle devrait également être gérée selon les règles d'hygiène pour éviter toute contamination naturelle ou humaine (**CAC/RCD, 1985**).

❖ Protection de la zone d’extraction

Tout équipement servant à l'extraction de l'eau minérale naturelle et tout réservoir devrait être conçu et entretenu afin d'éviter toute contamination de l'eau et de préserver ses qualités d'origine. Les tuyaux, pompes, et autres éventuels dispositifs entrant en contact avec l'eau minérale naturelle et utiliser pour l'extraction, devraient

être constitués de matériaux inertes afin d'assurer que les qualités originelles de l'eau minérale naturelle ne puissent être modifiées (CAC/RCD, 1985).

❖ **Exploitation des eaux minérales naturelles et mesures de surveillance**

L'état de la qualité de l'eau minérale naturelle, des zones d'extraction et des périmètres de protection doivent être contrôlés périodiquement. Ainsi l'enregistrement automatique des paramètres typiques de l'eau permet de contrôler la constance des propriétés chimiques et physiques de cette dernière.

Dans l'éventualité du dépassement des limites des critères établies, les mesures correctives nécessaires seront appliquées immédiatement et feront l'objet d'un compte-rendu (Arrete, 2007).

❖ **Traitements de l'eau minérale**

Les traitements autorisés pour l'eau minérale naturelle sont les mêmes que pour les eaux de source embouteillées. L'eau minérale naturelle ne peut faire l'objet d'aucun traitement ou adjonction autres que :

- la séparation des éléments instables et la sédimentation des matières en suspension par décantation ou filtration.

- l'incorporation de gaz carbonique ou la dégazéification (JORA, 2005).

- L'élimination de gaz carbonique libre par des procédés exclusivement physiques.

- La séparation des composés du fer, du manganèse, du soufre et de l'arsenic, à l'aide d'air enrichi en ozone.

- La séparation de constituants indésirables. Ces traitements ou adjonctions ne doivent pas modifier la composition de l'eau minérale naturelle dans ses constituants essentiels ni avoir pour but de modifier les caractéristiques microbiologiques de l'eau minérale ou de l'eau de source. Elles doivent être fixées par un arrêté conjoint des ministres chargés des ressources en eau, de la santé, du commerce et de la normalisation (Fur M, 2004).

Les eaux minérales naturelles ne peuvent recevoir de traitements autres que ceux autorisés par la Norme Codex (CODEX-STAN 108-1981).

Lorsque cela s'avère nécessaire, une liste restrictive de traitement physique de séparation d'éléments instables (par exemple le fer, qui peut s'oxyder) ou indésirables (par exemple le manganèse) est autorisée sans avoir pour effet de modifier la composition de l'eau dans ses constituants essentiels (**Constant et Hawili, 2011**).

L'élimination, l'incorporation ou le renforcement par le gaz de la source selon les procédés exclusivement physiques sont autorisés. Les traitements ou adjonction de gaz carbonique ne doivent pas modifier la composition de l'eau minérale naturelle dans ses constituants essentiels ni avoir pour but de modifier les caractéristiques microbiologiques de l'eau (**Arrete, 2007**).

Tout traitement auquel sont soumises les eaux minérales peut être source de contamination. Par conséquent, les traitements homologués et faisant partie du processus, doivent respecter les principes de l'HACCP (**Arrete, 2007**).

10.2.L'acheminement

L'eau est ensuite acheminée de la source à l'usine d'embouteillage dans des conduits d'eau

10.3.Soufflage

Une résine PET est étirée et soufflée dans des moules pour prendre la forme des futures bouteilles, adaptée à chaque marque

10.4.Insoufflage

Avant le remplissage, chaque bouteille plastique est rincée par injection d'air stérile et acheminée en univers contrôlés pour son remplissage et son bouchage

10.5.Remplissage

L'eau est acheminée dans les bouteilles par soutireuses.

10.6.Bouchage

Un bouchon est vissé sur la bouteille d'eau aussitôt son remplissage achevé, pour éliminer tout risque de contamination et garantir une étanchéité totale de la bouteille.

10.7. Etiquetage et marquage

Fabriquée sur place, l'étiquète est placée directement sur la bouteille d'eau. Un marquage au laser permet d'y inscrire la date de durabilité minimum (DDM) de l'eau et le numéro du lot auquel elle appartient afin d'en assurer la traçabilité (AL RAYES et al., 2015).

10.8. Fardelage

Les bouteilles sont regroupées par 6 ou 8 sous un film d'emballage en PET et stockées dans un endroit aéré, et expédiées en palettes après l'autorisation du laboratoire (CAC/RCD, 1985).

11. Normes mondiales :

En juillet 2010, l'Assemblée générale des Nations Unies notait avec une vive préoccupation que près de 900 millions de personnes n'ont pas accès à l'eau potable. Elle relevait aussi avec inquiétude que près de 1,5 million d'enfants âgés de moins de 5 ans meurent chaque année du fait de maladies véhiculées par l'eau et de l'absence de services d'assainissement. En outre,

elle reconnaissait que l'accès équitable à l'eau potable et à un système d'assainissement faisait partie intégrante de la réalisation de tous les Droits de l'Homme.

L'eau doit être surveillée régulièrement par des analyses chimique et microbiologique pour s'assurer qu'elle est potable, pour évaluer les effets des activités humaines sur la qualité des eaux et pour unes et évaluer également leur vulnérabilité à la pollution.

En 2011, l'OMS a publié la quatrième édition des recommandations pour la qualité de l'eau potable. Il s'appuie sur plus de 50 ans de recommandations de l'OMS sur la qualité de l'eau de boisson, qui ont commencé avec la publication des premières normes internationales dans ce domaine en 1958.

L'OMS a identifié 62 critères sanitaires, tels que des critères physiques, chimiques, microbiologiques et sensoriels. Elle a démontré les caractéristiques de l'eau naturelle et a mis au point un ensemble de spécifications relatives à l'eau de boisson.

Le tableau (voir annexe 1) rassemble les valeurs limites fixées par L'OMS relatives aux paramètres et éléments étudiés dans notre travail de recherche.

12. Normes Algériennes :

L'Organisation mondiale de la Santé (OMS) publie, régulièrement, des Directives de qualité pour l'eau de boisson, dont de nombreux pays s'inspirent pour élaborer leurs propres normes nationales. Ces Directives représentent une appréciation scientifique des risques sanitaires associés aux substances biologiques et chimiques de l'eau de boisson et de l'efficacité des mesures déployées pour y remédier. L'OMS recommande aux autorités nationales de prendre en considération les aspects sociaux, économiques et environnementaux en procédant à une évaluation comparative des risques et des avantages lorsqu'ils adaptent ces Directives aux Normes nationales.

Les normes de qualité de l'eau destinée à la consommation humaine et leurs valeurs maximales en Algérie, comme requis, sont précisés dans le décret exécutif n ° 11-125 du 22 mars 2011, tel que modifié et complété par le décret exécutif n ° 14-96 du 4 mars 2014 (publié au Journal officiel n ° 13 de 9 mars 2014).

CHAPITRE III
MATERIEL ET METHODES

1. Objectif

L'objectif de notre travail est d'évaluer la qualité des eaux embouteillés de quelques marques déposées au marché de la wilaya de Saida , à travers la détermination et la caractérisation de leurs compositions physico-chimiques.

2. Echantillonnage

Nos échantillons d'eaux sont achetés d'une supérette au centre-ville de la Wilaya de Saida de quelques marques d'eau embouteilles dont on cite :Saida Sfid,Nestlé, Lalla Khedidja Messerghine.

Les échantillons achetés doivent être manipulés de manière à ce que leurs compositions physico-chimiques ne soient pas modifiées au cours des étapes (transport, stockage, manipulation,) et toutes les précautions possibles doivent être prises afin d'éviter sa contamination ou un changement de composition.

Les analyses physico-chimiques de nos échantillons d'eaux ont été effectuées au niveau de laboratoire de l'ADE Unité Saida en mois mars 2022.

3. Matériels utilisés:

Le tableau 17 présente les verreries et leurs photos de chaque verrerie que nous avons utilisée.

Tableau 17 : verrerie utilisés pour réaliser l'analyse physico-chimique des eaux collectées

Nom	Verrerie
Béchers en verre de différents volumes	
Pipette graduée avec poire de différents volumes	
Boîte de pétrie	
Capsule en porcelaine	
Fiole jaugée	
Eprouvette graduée	

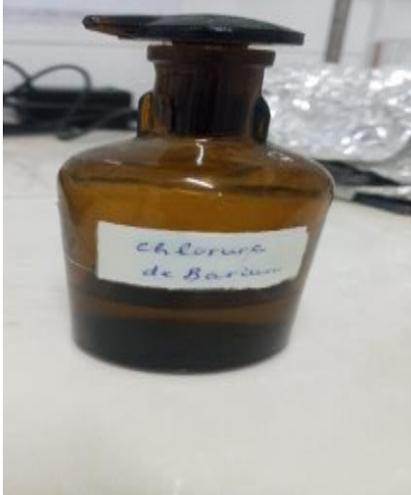
Le tableau 18 présente la liste des appareils utilisés pour réaliser l'analyse physico-chimique des eaux collectées et la photo de chaque appareil.

Tableau 18: Les appareils utilisés pour réaliser l'analyse physico-chimique des eaux collectées, ainsi que leurs photos.

Nom	Appareils
Turbidimétrie	
Spectre photomètre	
Multi paramètre (PH, T°, Salinité, Conductivité)	
Photo mètre à flamme	
Balance analytique	
Etuve	
Multi paramètre HACH	

4. Les Produits chimiques utilisés:

Tableau 19: Les Produits chimiques utilisés pour réaliser l'analyse physico-chimique des eaux collectées, ainsi que leurs photos.

Nom	Produit
Chlorure de Barium	
Solution stabilisation	
Sulfuric Acid 98% Analytical reagent	
Potassium 1g/l et Sodium 1g/l	

Tartrate de Na ⁺ double et de K ⁺	
L'hydroxyde de sodium(NaOH) 30 %	
Réactif Mixe	
S.K2CrO4 100g /l	
S Ag NO3_0,02mol/l	
Acide éthylène Diamine Tétra Acétique	
NET	

PA Panreado	
S. Tampon 9.5-10	
NH ₃ Free Ammonia	
Colorée et Dichorée	

5. Échantillonnage des eaux minérales embouteillées

Nous avons marqués 6 marques d'eau minérale les plus consommées et utilisées à Saida.

Le tableau 20, représentent les différentes marques d'eau minérale échantillonnées, ainsi que les sources et les numéros que nous leur avons attribués afin de faciliter leurs identifications.

Tableau 20: Les échantillonnées utilisées

N°	Échantillonnées	Sources
1	Saida	Saida
2	Sfid	Saida
3	Messerghine	Oran
4	Lalla Khedidja	Tizi Ouzou
5	Néslé	Blida



Figure 03 : les différentes marques d'eaux minérales collectées

6. Méthodes utilisées pour la détermination des paramètres physique:

6.1. Détermination de la température (NF EN 27888)

La température est mesurée par une méthode électrochimique à l'aide d'un appareil multi paramètre de type AD1020 , elle est exprimée en degré Celsius (°C).

6.2. Détermination du pH (NFT 90-008)

Le pH mesure la concentration en ions H^+ de l'eau à analyser par la méthode électrochimique à l'aide d'un appareil multi paramètres de typeAD1020.

6.3. Détermination de Conductivité (Rodier, 2009).

Nous avons mesuré la conductivité par méthode électrochimique à l'aide d'un appareil multi paramètres de typeA1020, le résultat est donné directement en micro-siemens par centimètre ($\mu S/cm$).

D'une façon générale, opérer avec de la verrerie rigoureusement propre et rincée, avant usage, avec de l'eau distillée.

-Rincer plusieurs fois la cellule à conductivité, d'abord avec de l'eau distillée puis en la plongeant dans un récipient contenant de l'eau à examiner.

-faire la mesure dans un deuxième récipient en prenant soin que les électrodes de platine soient complètement immergées.

-Agiter le liquide (barreau magnétique) afin que la concentration ionique entre les électrodes soit identique à celle du liquide ambiant.

6.4. Dureté ou titre hydrotimétrique (TH) (Rodier, 2009).

Correspond à la somme des concentrations en cations de Calcium et Magnésium à l'exception des alcalins

7. Méthodes utilisées pour la détermination des paramètres chimiques :

7.1. Détermination du calcium

➤ Principe

Titration des ions calcium avec une solution aqueuse de l'EDTA à un pH compris entre 12 et 13. L'indicateur utilisé est calcon carboxylique, qui forme un complexe rose avec le calcium. Lors du titrage, l'EDTA réagit avec les ions calcium, l'indicateur vire alors de la couleur rose à la couleur violet.

➤ Mode opératoire

- Introduire 5 ml d'eau à analyser avec 45ml d'eau distillée dans une fiole de 100 ml.
- Ajouter 2-3 ml NaOH (2N) et 0.2 g de calcon carboxylique et 100g NaCl.
- En maintenant une agitation, verser la solution d'EDTA rapidement au début puis goutte à goutte lorsque la solution commence à virer au rose.

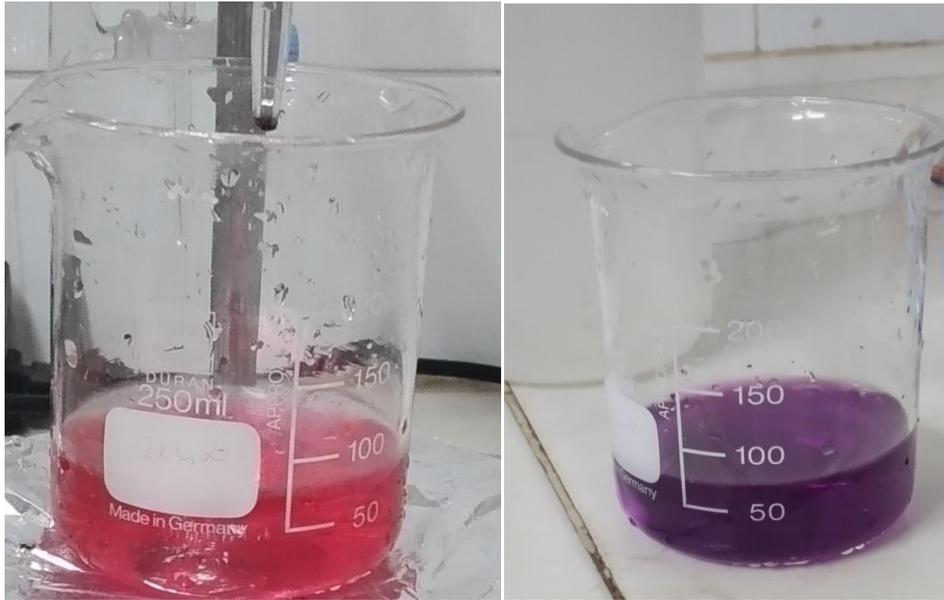


Figure 04 : virage de l'indicateur coloré lors du dosage de la dureté calcique par une solution d'EDTA (originale, 2022).

7.2. Détermination du magnésium

➤ principe

Titration molaire des ions calcium et magnésium avec une solution de sel de sodium de l'acide éthylène diamine tétra acétique (EDTA) à pH 10, Le noir d'érichrome, qui donne une couleur rouge foncé ou violette, est utilisé comme indicateur.

➤ Mode opératoire

-Introduire 5 ml d'eau à analyser avec 45ml d'eau distillée dans une fiole de 100 ml .

-Ajouter 4ml de solution tampon; -Ajouter 4 goutte de NET.

-En maintenant une agitation, verser la solution d'EDTA rapidement au début puis goutte à goutte lorsque la solution commence à virer au violet.

-Vérifier le changement de couleur vers le violet bleuet que la coloration ne change plus par l'addition d'une goutte supplémentaire d'EDTA.

➤ Expression des résultats

$[Ca^{2+}] = (V-B) \times 1000 \times N/A \times D$ $[Ca^{2+} + Mg^{2+}] = (V-B) \times 1000 \times N/A \times D$ $[Mg^{2+}] = [Ca^{2+} + Mg^{2+}] - [Ca^{2+}]$ D'où:

V : Volume d'EDTA utilisé pour la titration d'échantillon

B : volume d'EDTA utilisé pour la titration de témoin

N : Normalité d'EDTA (0.01N)

A : prise d'essai (50ml)

D : Dilution ($\times 10$)

7.3. Dosage du potassium

Le potassium a été dosé selon la méthode Aubert (1978) décrété au- dessous.

➤ La solution mère

Chlorure de potassium (1000 ppm) : dans une fiole jaugée de 1000 ml dissoudre 1.90 g de chlorure de potassium (kcl) dans 500ml d'eau distillée et ajuster le volume avec l'eau distillée et homogénéiser.

➤ Les solutions filles

Dans une fiole jaugée de 100 ml diluer respectivement 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5, 3 et 3.5 ml de la solution mère (kcl) avec l'eau distillée, ces solution contiennent respectivement 5, 10, 15, 20, 25, 30 et 35 ppm.

-Ajuster le volume avec l'eau distillée et homogénéiser.

- Passer les échantillons au spectrophotomètre à flamme.

-Lecture des résultats.

7.4. Dosage du sodium Aubert (1978)

➤ La solution mère

Chlorure de sodium (1000 ppm): dans une fiole jaugée de 1000 ml dissoudre 2.54 g de chlorure de sodium (NaCl) dans 500 ml d'eau distillée et ajuster le volume avec l'eau distillée et homogénéiser.

➤ **Les solutions filles**

-Dans une fiole jaugée de 100 ml diluer respectivement 1, 2, 4, 6, 8 et 10ml de la solution mère

(NaCl) avec l'eau distillée, ces solutions contiennent respectivement 10, 20, 40, 60 et 100 ppm.

-Ajuster le volume avec l'eau distillée et homogénéiser.

-Passer les échantillons au spectrophotomètre à flamme.

-Lecture des résultats.

7.5. Détermination du chlorure (ISO 9297)

➤ **Principe**

Réaction des ions chlorure avec des ions argent pour former du chlorure d'argent insoluble qui est précipité quantitativement.

Addition d'un petit excès d'ion argent et formation du chromate d'argent brun-rouge avec des ions chromates qui ont été ajoutés comme indicateur. Cette réaction est utilisée pour l'indication du virage.

➤ **Préparation des solutions**

•Chromate de potassium (5%): diluer 5g de K_2CrO_4 dans 100 ml d'eau distillée.

Ajouter des gouttes d' $AgNO_3$ (0.1N) puis agiter pendant 10 min.

•Nitrate d'argent (0.01N): diluer 17 g d' $AgNO_3$ dans 1 L d'eau distillée, agité pendant 5 à 10 min, puis couvrir avec un papier aluminium ou sachet noir contre la lumière.

➤ **Mode opératoire**

-Prendre 10 ml d'eau à analyser (1ml échantillon + 9ml eau distillée)

-Ajouter 2 gouttes de Chromates de potassium (10%)

-Titrer avec Nitrate d'argent (0.01N) jusqu'au virage la couleur brune.

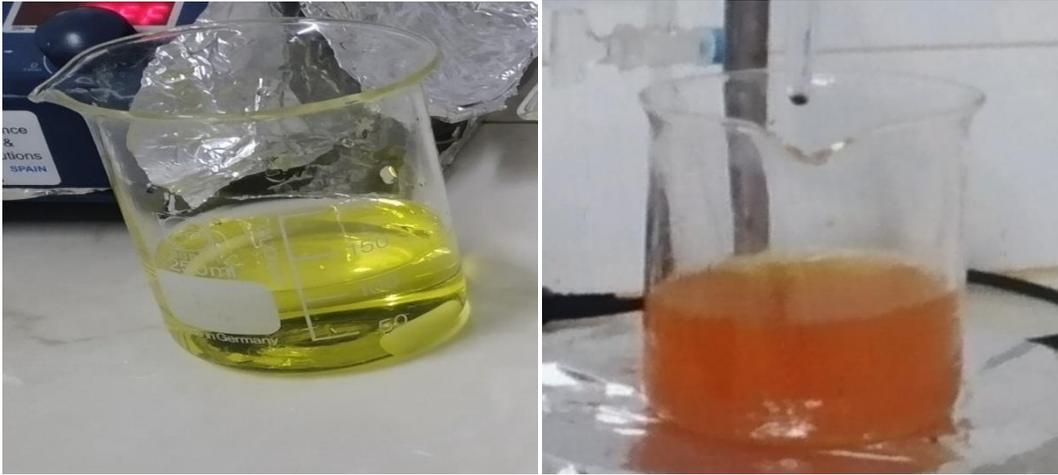


Figure05 : changement de la coloration de l'échantillon analysé lors du dosage des chlorures (originale, 2022).

➤ **Expression des résultats**

$$N (\text{AgNO}_3) = (10 \times N \times N \text{ NaCl}) / V (\text{AgNO}_3)$$

D'où :

$N \text{ AgNO}_3$: normalité de la solution AgNO_3

$V \text{ AgNO}_3$: volume d' AgNO_3 utilisé (ml)

$N \text{ NaCl}$: normalité de la solution de NaCl

$$[\text{Cl}^-] = (V (\text{AgNO}_3) \times N \times 1000 / A) \times D$$

D'où :

$V \text{ AgNO}_3$: Volume d' AgNO_3 nécessaire pour le dosage de l'échantillon.

N : Normalité de la solution d' AgNO_3

A : volume de prise d'essai

D : Dilution (*10)

7.6. Détermination du bicarbonate (NF T90-036)

➤ **Principe**

L'alcalinité d'une eau correspond à sa capacité à réagir avec les ions hydrogène (H^+) qui est due à la présence des ions hydrogénocarbonates (HCO_3^-), carbonate (CO_3^{2-}) et hydroxyde (OH^-).

➤ **Réactif**

Phénolphtaléine (1%): dissoudre 1g de Phénolphtaléine dans 100ml d'éthanol.

Méthyle orange (0.01%): dissoudre 0.01g dans 100ml d'eau distillée.

Acide sulfurique 0.05N: diluer 1.39ml d'acide sulfurique dans 1000ml d'eau distillée.

➤ **Mode opératoire**

-Prendre 20ml d'eau à analyser. Ajouter 3 gouttes de phénolphtaléine, S'il y a une coloration rose, il y a les carbonates. S'il n'y a pas une coloration de la solution; il y a les bicarbonates.

-Ajouter des gouttes (3-4 gouttes) de l'indicateur coloré méthyle et titrer avec l'acide sulfurique jusqu'à l'apparition de la coloration rouge brique.

➤ **Expression des résultats**

$$[HCO_3^-] = (X \cdot 0.05 \cdot 1000) / Y$$

D'où :

X : Volume de H_2SO_4 utilisé pour la titration

Y : Volume de la prise d'essai

7.7. Dosage du nitrate (Afnor T90-012)

➤ **Principe**

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

➤ **Mode opératoire**

-Prendre 10 ml d'eau à analyser.

-Ajouter 2 à 3 gouttes de NaOH à 30 %, et 1 ml de salicylate de sodium.

- Evaporer à sec au bain marie ou à l'étuve 75-88°C0
- Laisser refroidir.
- Reprendre le résidu avec 2 ml H₂SO₄, laisser reposer 10 min.
- Ajouter 15 ml d'eau distillée.
- Ajouter 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium puis passer au spectrophotomètre au 420 nm .

7.8. Dosage du nitrite (ISO 5667 F)

➤ Principe

Réaction des ions nitrites présents dans une prise d'essai, à pH 1,9 avec le réactif amino-4 benzène sulfonamide en présence d'aide ortho phosphorique pour former un sel diazoïque qui forme un complexe de coloration rose avec le dichlor-hydrate de N-(naphtyl-1) diamino-1,2 éthane (ajouter avec le réactif amino-4 benzène sulfonamide) mesurage de l'absorbance à 540 nm.

➤ Mode opératoire

- Dans une fiole prendre 50 ml d'échantillon à analyser.
- Ajouter 1 ml de réactif mixte et attendre 10 minutes.

D'où Réactif mixte :

Dissoudre 40 gr d' amino-4 benzène sulfonamide dans un mélange formé de 100 ml d'acide ortho phosphorique et de 500 ml d'eau. Ajouter 2 gr de dichlorhydrate de N-(naphtyl1) diamino-1,2 éthane, compléter le volume à 1000 ml avec de l'eau distillée.

- L'apparition de la coloration rose indique la présence de nitrite (NO₂⁻) en milligramme par litre (mg/l).
- Effectuer la lecture à 543 nm .

7.9. Dosage du sulfate (ISO 5667)

➤ Principe

Les ions sulfates sont précipités et passés à l'état de sulfate de baryum en présence de BaCl .

➤ **Mode opératoire**

- Prendre 20 ml d'eau à analyser puis compléter à 100 ml d'eau distillée.
- Ajouter 2 ml de chlorure de baryum et 5 ml de la solution stabilisante.
- Agiter énergiquement pendant 1 mn.
- Passer au spectrophotomètre à 420 nm.

7.10. Détermination des résidus secs (NA 6945)

➤ **Principe**

La détermination des résidus permet d'estimer la teneur en matières dissoutes et en suspension d'une eau.

➤ **Mode opératoire**

- Tarer une capsule préalablement lavée, rincée à l'eau distillée et desséchée (PV).
- Prélever 25 ml d'eau à analyser dans une fiole jaugée et déverser la dans la capsule.
- Porter cette dernière à l'étuve à 105° C pendant 24 h.
- Laisser refroidir pendant ¼ heure au dessiccateur.
- Peser immédiatement et rapidement.

➤ **Expression des résultats**

$$(M_2 - M_0) * 1000 / V$$

D'où:

V: Le volume, en millilitres, de la prise d'essai.

M₀: La masse, en milligramme de la capsule vide.

M₂: La masse en milligramme, de la capsule et de son contenu après étuvage à 175-185°C.

Etudes statistique

Pour les différents paramètres analysés nous avons utilisé le logiciel Microsoft Excel qui nous a permis de visualiser plus efficacement nos données et les intégrer dans des graphiques et dans des diagrammes.

CHAPITRE IV
RESULTATS ET DISCUSSION

1-Présentation Globale des résultats

Les résultats d'analyse physicochimique des eaux minérales et des eaux de sources testées sont donnés dans les tableaux : 21 et 22.

Tableau 21 : Résultats de l'analyse des paramètres physiques des eaux minérales collectées

Nomination	Saida	Sfid	Messerghine	Lalla khedidja	Néslé
Localisation	Saida	Saida	Oran	Tizi Ouzou	Blida
Région	Ouest	Ouest	Ouest	Centre	Centre
PH	7.66	7.61	7.66	7.57	7.50
Turbidité	0.104	0.47	0.44	0.30	0.19
conductivité	958	677	733	284	566
dureté	40	36	26	15	22,5

Tableau 22 : Résultats de l'analyse des paramètres chimiques des eaux minérales collectées

Source	Saida	Sfid	Messreghine	Lala Khadîdja	Nestlé
Calcium (Ca²⁺)	70,14	56,12	52,9	50,90	56,12
Magnésium(Mg²⁺)	51	12	38	7,14	18
Sodium(Na⁺)	60	46	51	5,5	31
Potassium(K⁺)	3,5	0,4	2	0,4	0,9
Chlorures(Cl⁻)	98,65	59	90	9,65	39,74
Bicarbonate(HCO₃⁻)	387	226,43	253,76	176,34	229
Nitrates (NO₃⁻)	8,93	3,8	7,53	1	3,54
Nitrites(NO₂⁻)	0,005	0,001	0,005	0,004	0,001
SulfatesSO₄²⁻	70	20	14	5	22
Résidus sec(RS)	515	430	280	135	301,10

2-Résultats et discussion des paramètres physiques de l'eau minérale

2-1-le Potentiel Hydrogène

C'est l'un des paramètres parmi les plus importants pour la qualité de l'eau. Il caractérise un grand nombre d'équilibre physicochimique et dépend de facteurs multiples, dont l'origine de l'eau. Le pH des eaux naturelles est lié à la nature des terrains traversés. (Rodier, 2009)

Le pH acide ou basique est dû à la nature des roches traversées (acide dans les roches granitiques, alcalin dans les roches calcaires).

La figure 03 présente les valeurs du pH des eaux minérales étudiées.

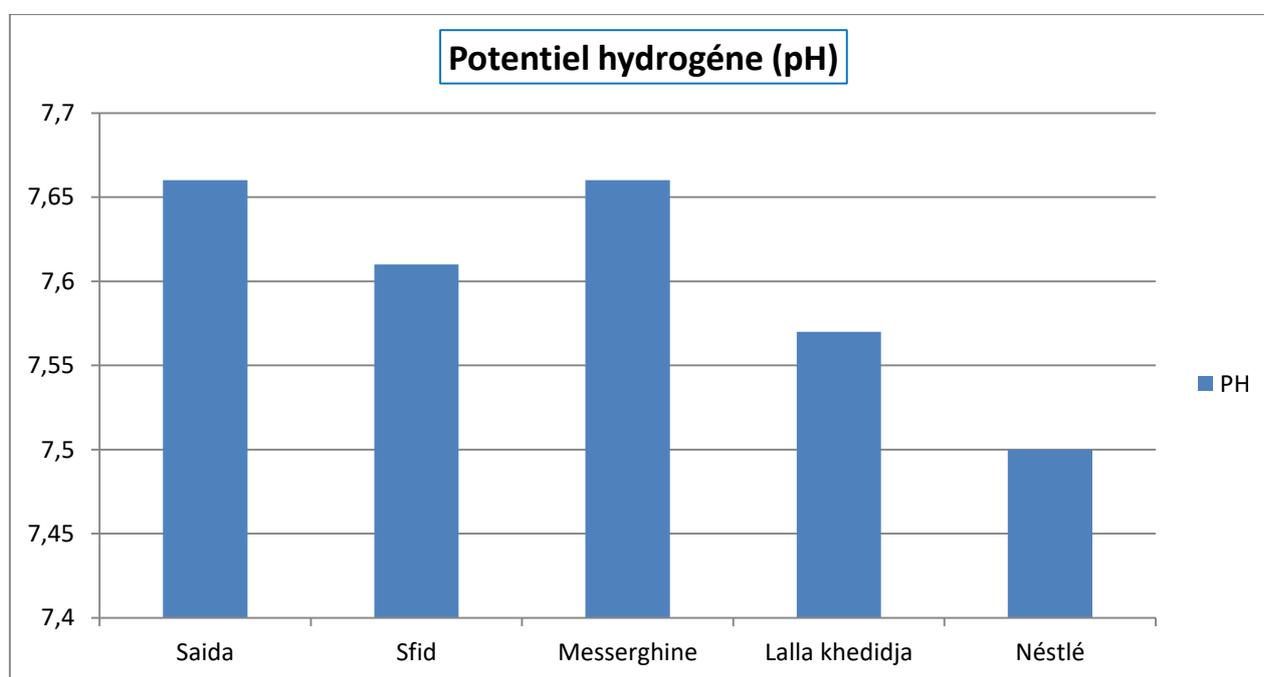


Figure 06 : Résultats de l'analyse du pH des eaux minérales.

Les données obtenues révèlent que le pH des eaux minérales est proche de la neutralité, leur pH moyen est de 7.60.

Le pH le plus bas est de 7.50 (Néstlé) et le pH le plus élevé est de 7.66 (Messerghine et Saida).

Selon **BOUHALI A et al(2020)**, la majorité des eaux minérales étudiées ont un pH supérieur à 7. Avec une conformité avec les autres résultats obtenus par **Hazzab (2011) et Sekiou et Kellil (2014)**

D'une façon générale, on constate que les eaux analysées sont conformes aux normes OMS 2006 et la norme algérienne de 22 mars 2011 ; dont le pH doit être compris entre 6,5 et 8,5.

2-2-Turbidité:

La turbidité d'une eau est causée par la présence des matières en suspension ou par des substances en solution comme les substances minérales (sable, argiles ou limons), des matières organiques (matières organiques morts ou des végétaux en décomposition, du plancton suspendu) ou d'autres matières microscopiques qui forment un obstacle au passage de la lumière dans l'eau (Rodier et al., 2005 ; Hade, 2007 ; Berradia et Serisser, 2019). Sa mesure permet de donner les informations visuelles sur l'eau.

La figure 04 présentes les teneurs en turbidité des eaux minérales.

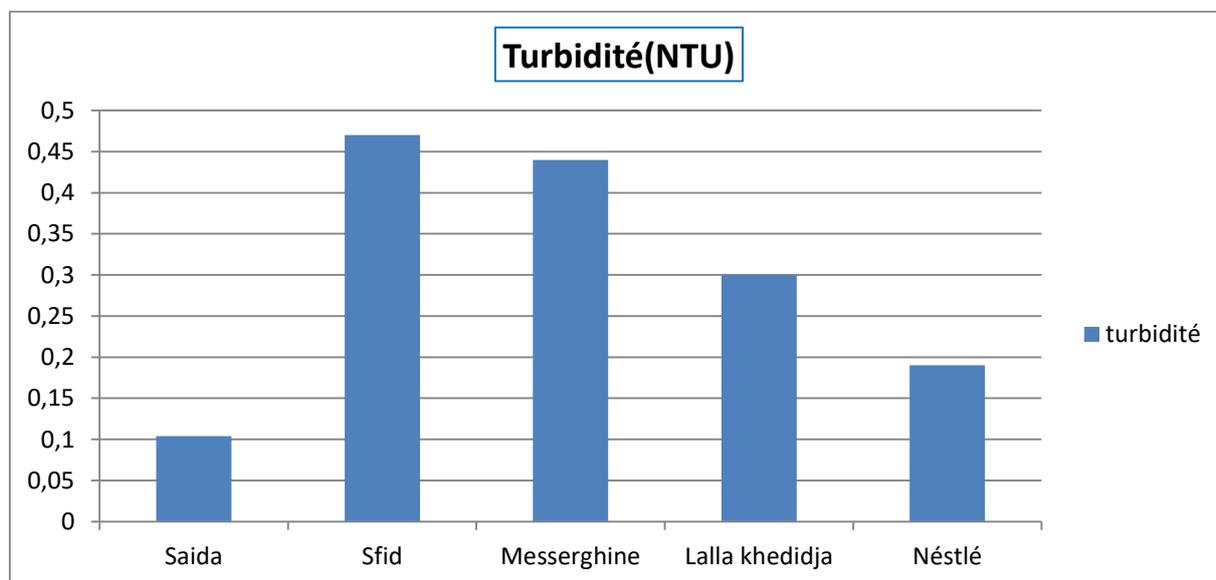


Figure07: les teneurs en turbidité des eaux minérales étudiées.

La teneur moyenne des eaux minérales étudiées en nitrates est de 0.3008NTU. Elle est comprise entre 0.104 NTU (Saida) et 0.47 NTU (Sfid).

Ces résultats sont conformes aux normes OMS 2006 et à la norme algérienne depuis 22 mars 2011. (JORA, 2011).

2-3- Conductivité électrique

Rodier et al. (2009), signalent que la variation de conductivité est induite par la présence dans le milieu d'ions qui sont mobiles dans un champ électrique. Cette mobilité dépend de la

nature des ions dissous et de leur concentration, tels que les ions de calcium (Ca^{2+}), de sodium (Na^+), de chlorures (Cl^-), des bicarbonates (HCO_3^-)...etc

La figure 05 présente les conductivités électriques à 20°C des eaux minérales analysées.

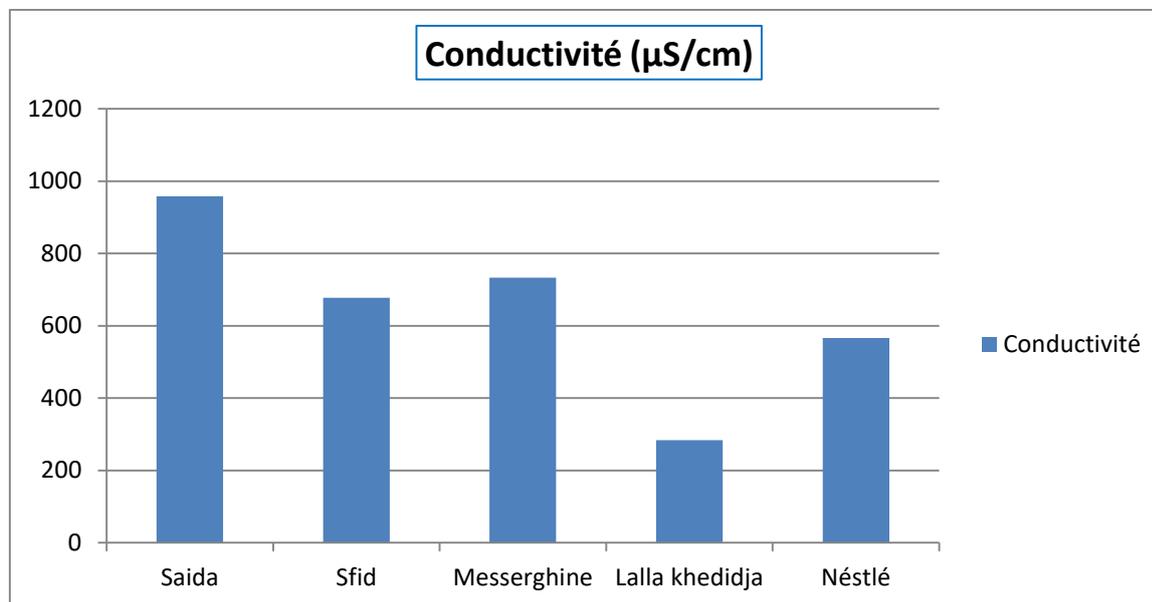


Figure 08: Conductivité électrique des eaux minérales étudiées.

La conductivité moyenne des eaux minérales étudiées est de $643.6\mu\text{S}/\text{cm}$, elle est comprise entre $284\mu\text{S}/\text{cm}$ (Lalla Khedidja) et $958\mu\text{S}/\text{cm}$ (Saida).

On constate que les eaux minérales sont conformes à la norme algérienne de 22 mars 2011 (**JORA, 2011**), qui ne doit pas dépasser $2800\mu\text{S}/\text{cm}$ à 20°C.

2-4- Dureté totale

C'est la qualité particulière de l'eau due à la présence de calcium et de magnésium. On distingue : une dureté carbonatée qui correspond à la teneur en carbonates et bicarbonates de Ca^{2+} et Mg^{2+} et une dureté non carbonatée produite par les autres sels. La dureté dépend de la structure géologique des sols traversés

La figure 06 présente la dureté en mg/l des eaux minérales étudiées.

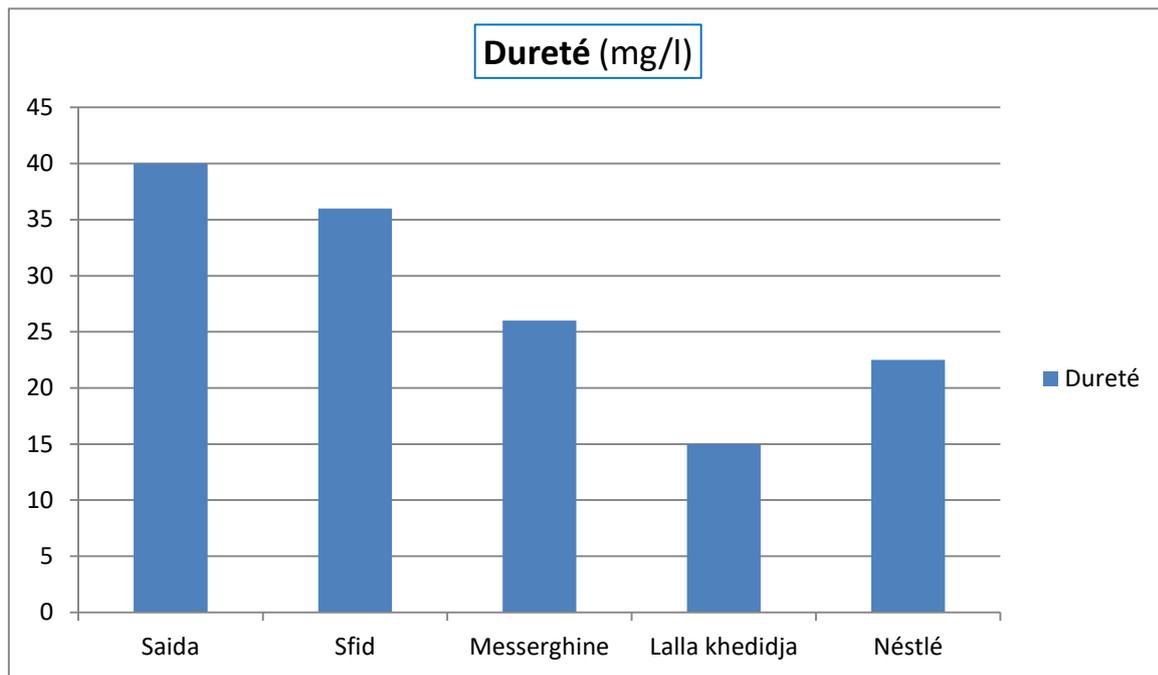


Figure 09: Dureté des eaux minérales étudiées.

La dureté moyenne des eaux minérales naturelles étudiées est 27.9 mg/l elle est comprise entre 15 mg/l (Lalla khedidja) et 40 mg/l (Saida).

D'après les résultats on constate que les eaux minérales étudiées sont conformes à la norme algérienne de 22 mars 2011 (**JORA, 2011**), qui ne doit pas dépasser 50 °HF.

3- Résultats et discussion des paramètres chimiques de l'eau minérale

3-1- Les cations(les ions positifs):

3-1-1- Calcium (Ca^{2+}):

Le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables et sa teneur varie essentiellement suivant la nature des terrains traversés (terrain calcaire ou gypseux). (**Farch, 2017**).

La figure 07, présente la concentration en calcium des eaux minérales étudiées.

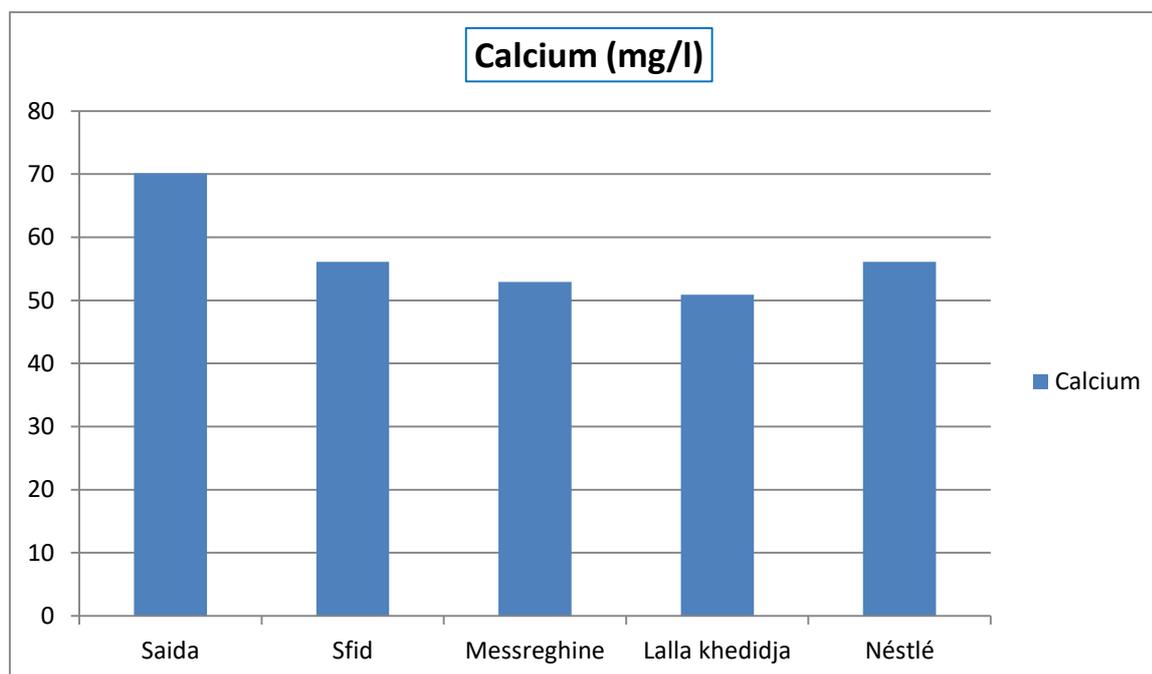


Figure10: Les teneurs en Calcium des eaux minérales étudiées.

La teneur moyenne des eaux minérales étudiées en Ca^{2+} est de 57.236 mg/l. Elle est comprise entre 50,90 mg/l (Lalla Khrdidja) et 70,14mg/l (Saida).

Selon **FADIL et al. (2014)**, cela est lié à la nature des roches calcaires traversées, la concentration du calcium dépend du temps de séjour de l'eau dans des formations géologiques riches en calcium.

Nos résultats corroborent avec ceux obtenus **BOUHALI Aet al(2020)**, qui ont trouvé une teneur moyenne de 53 mg/l.

D'une façon générale, on constate que les eaux minérales analysées sont conformes aux normes **OMS 2006** et à la norme algérienne de 22 mars 2011(**JORA, 2011**) et (<200mg/l).

3-1-2-Magnésium (Mg^{2+}):

Le magnésium est un élément indispensable pour la croissance (50% dans les os) et pour la production de certaines hormones (**Youcef, L., & Achour, S., 2005**).

La dissolution des roches carbonatées et des minéraux magnésiens et l'échange cationique sont à l'origine la plus probable du magnésium dans les eaux minérales naturelles (**KELLIL et SEKIOU, 2014**).

La figure08, présente la concentration en calcium des eaux minérales étudiées.

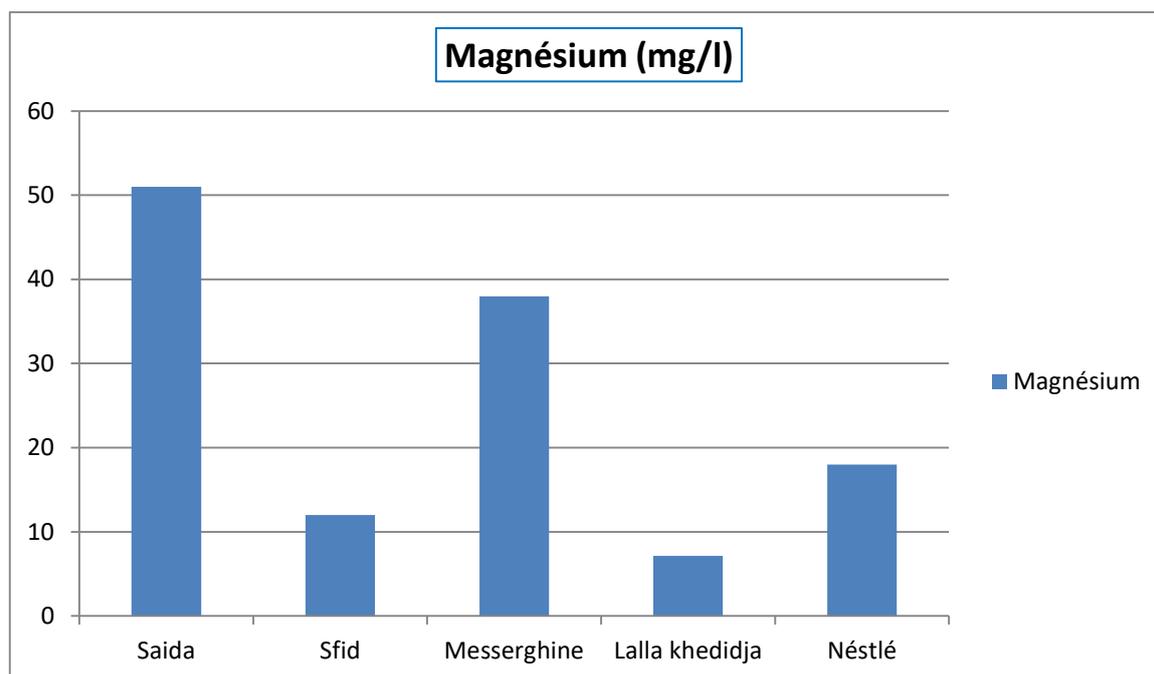


Figure11: les teneurs en magnésium des eaux minérales étudiées.

La teneur moyenne des eaux minérales étudiées en Mg^{2+} est 25.228 mg/l, elle est comprise entre 7,14 mg/l (Lalla Khdidja) et 51 mg/l (Saida).

Nos résultats se rapprochent de ceux de **BOUHALI A et al(2020)**, qui ont trouvé une teneur moyenne en Mg^{2+} de 35 mg/l.

Des résultats similaires ont été trouvés par **Sekiou et Kellil (2014)**, cependant une autre étude réalisée par **Hazzab (2011)** a révélé que la concentration en magnésium varie entre 5 et 400 mg/l.

D'une façon générale on constate que les eaux minérales analysées respectent aux normes OMS 2006 et à la norme algérienne depuis 22 mars 2011 et fixé à 150 mg/l.

3-1-3-Sodium (Na^+)

Le sodium est un élément vital qui participe à des fonctions essentielles. Il est nécessaire de fournir respectivement à un organisme adulte et enfant 2000 et 200 mg/jour, ce qui est confirmé par **Potelon et Zysman (1998)**.

La figure 09, présente la concentration en sodium (mg/l) des eaux minérales étudiées.

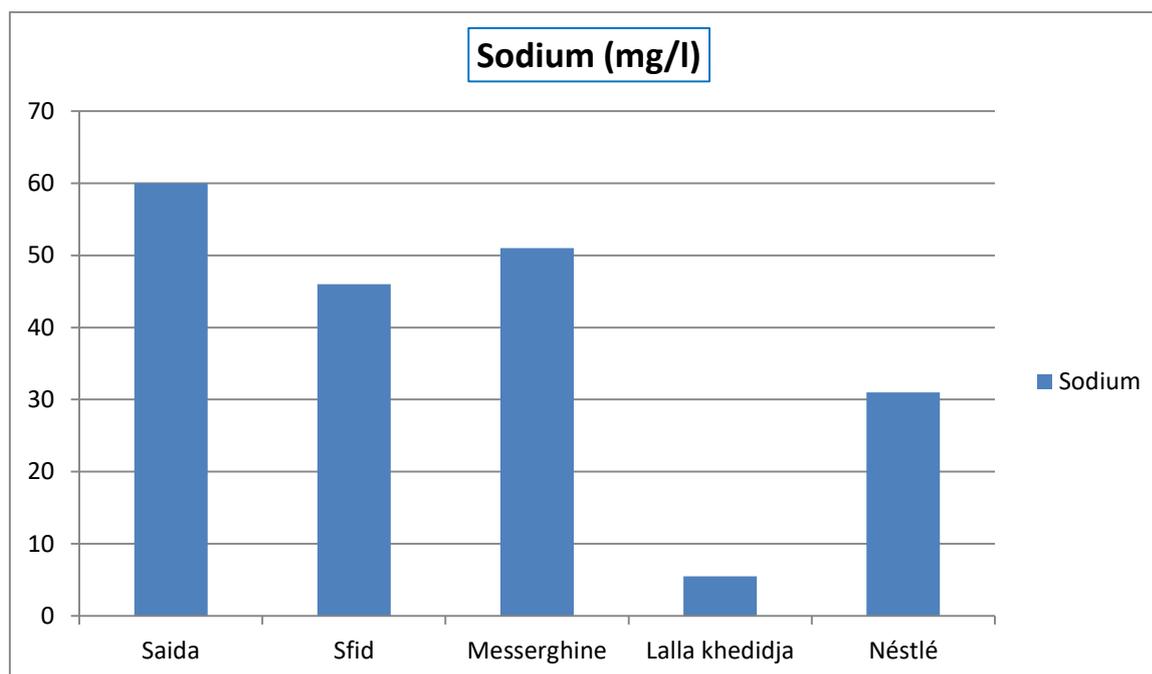


Figure 12 : les teneurs en sodium des eaux minérales étudiées.

La teneur moyenne des eaux minérales étudiées en Na^+ est 38.7 mg/l. Elle est comprise entre 5.5mg/l (Lalla khedidja) et 60 mg/l (Saida).

Nos résultats se rapprochent de ceux de **BOUHALI Aet al(2020)**, qui ont trouvé des teneurs moyennes de sodium respectivement de 52 mg/l.

D'une façon générale on constate que les eaux minérales analysées respectent aux normes OMS 2006 et à la norme algérienne depuis 22 mars 2011(**JORA, 2011**) fixé à 200 mg/l.

3-1-4- potassium (K^+)

D'après **Ayad et Kahoul (2017)**, Le potassium joue un rôle essentiel chez l'homme (transmission de l'influx nerveux) dont les besoins de l'organisme sont de l'ordre de 3à4 grammes par jour et une déficience peut induire une faiblesse musculaire

Selon **KELLIL et SEKIOU (2014)**, le potassium dans l'eau minérale est lié au contact eaux-roches ignées et les argiles.

La figure 10 présente la concentration en potassium (mg/l) des eaux minérales étudiées.

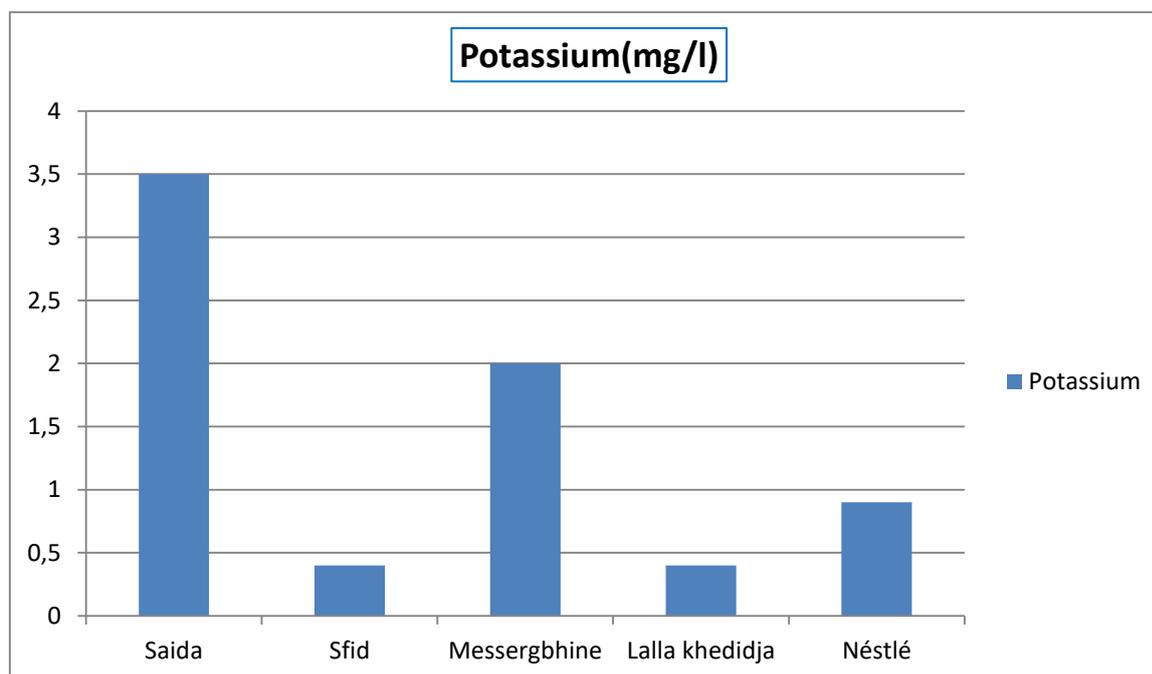


Figure 13 : les teneurs en potassium des eaux minérales étudiées.

La teneur moyenne des eaux minérales étudiées en K^+ est de 1.44 mg/l. Elle est comprise entre 0.4 mg/l (Lalla Khadija et Sfid) et 3,5 mg/l (Saida).

Nos résultats sont similaires à ceux obtenus par **BOUHALI Amira et al(2020)**, qui démontrent que la valeur moyenne en K^+ est de 2.88 mg/l.

Nos résultats sont proches aux résultats trouvés par **Sekiou et Kellil (2014)**, par contre nos résultats sont inférieurs aux résultats obtenus par **Hazzab (2011)**

On constate que la concentration de potassium est assez faible dans la plupart des eaux minérales étudiées, et respecte la norme algérienne fixée à 200 mg/l.

3-2-Les anions (les ions négatifs):

3-2-1-Chlorures (Cl^-):

Selon **KELLIL et SEKIOU (2014)**, les chlorures dans les eaux minérales peuvent avoir de multiples origines, en particulier les interactions eau-roches ignées.

Selon **Ayad et Kahoul (2017)**, Les teneurs en chlorures des eaux extrêmement variées sont liées principalement à la nature des terrains traversés.

La figure 11 présente les teneurs en chlorures des eaux minérales étudiées.

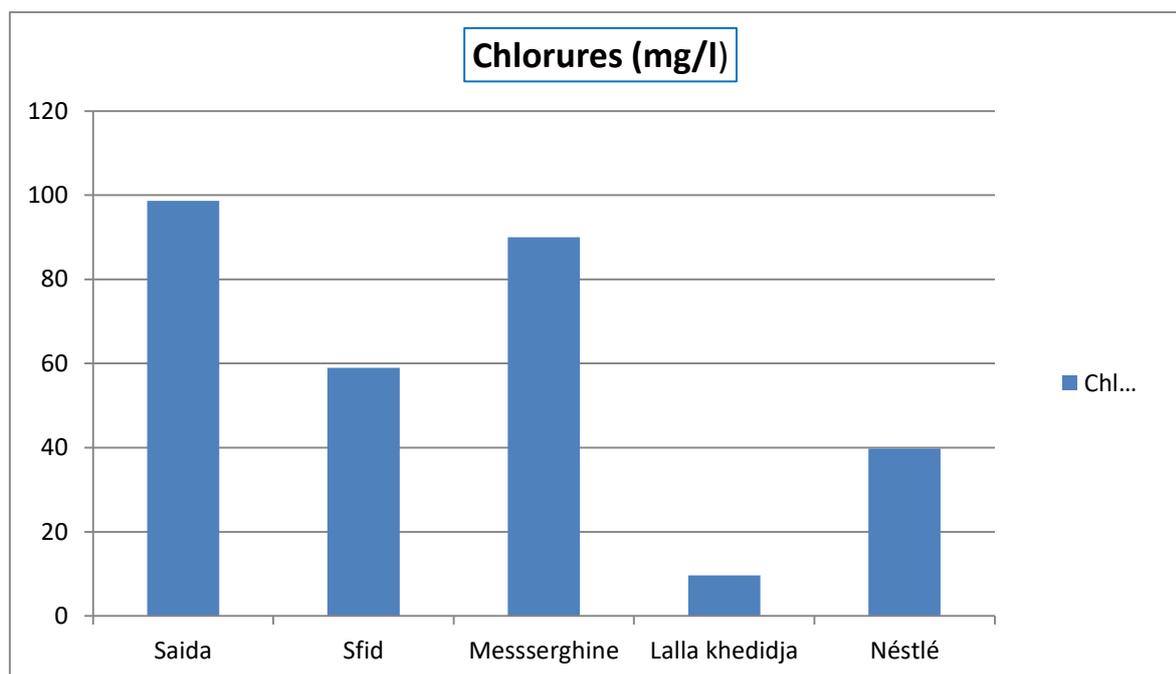


Figure 14 : les teneurs en chlorures des eaux minérales étudiées.

La teneur moyenne des eaux minérales étudiées en chlorures est 59.408 mg/l. Elle est comprise entre 9,65 mg/l (Lalla khedidja) et de 98,65 mg/l (Saida).

Des résultats similaires ont été trouvés dans les études réalisées par **Oyelude et Ahenkorah (2012)**.

Nos résultats sont similaires à ceux obtenus par **BOUHALI A et al(2020)**, qui démontrent que la valeur moyenne en Cl^- est de 68 mg/l.

En général la teneur en chlorures dans les eaux minérales étudiées reste conforme à la norme algérienne de 22 mars 2011(**JORA, 2011**) (2520mg/l) et les normes OMS qui fixe la teneur maximale en chlorures à 500mg/l.

3-2-2- Bicarbonate (HCO_3^-):

Les bicarbonates sont d'origines diverses et n'ont pas de rôle prépondérant direct sur la santé confirment **Hubert et al(2018)**. Aucune norme n'est fixée pour ce paramètre concernant les normes de l'eau potable en Algérie.

La figure 12 présente les teneurs en bicarbonates des eaux minérales.

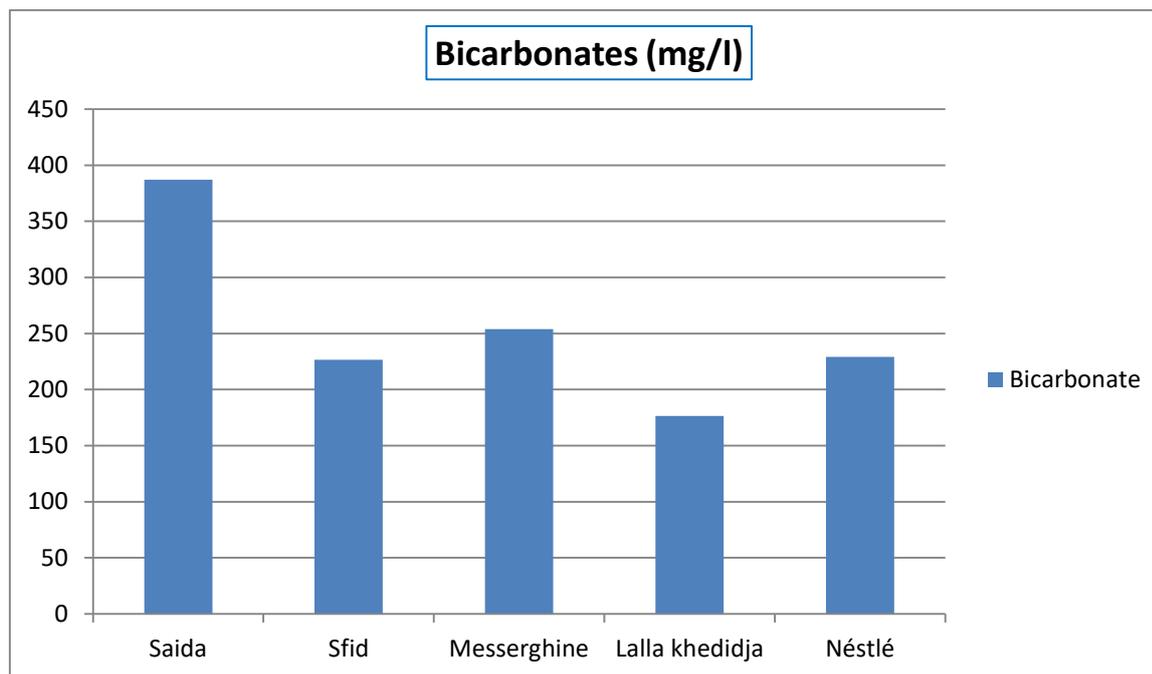


Figure15: les teneurs en bicarbonate des eaux minérales étudiées.

La teneur moyenne des eaux minérales étudiées en bicarbonate est 254.506 mg/l. Elle est comprise entre 176.34 mg/l (Lalla Khdidja) et 387 mg/l (Saida).

Pour la teneur de bicarbonate, Aucune norme n'a été établie par l'Organisation mondiale de la santé ou des normes algériennes, Par conséquent, cet élément ne peut pas être discuté.

3-2-3- Nitrate (NO_3^-):

Les sources de nitrates dans l'eau (en particulier les eaux souterraines) comprennent les matières animales et végétales en décomposition, les engrais agricoles, le fumier, les eaux usées domestiques et les formations géologiques contenant des composés azotés solubles déclarent **Kahoul et Touhami (2014)**.

La figure 13 présentes les teneurs en nitrates des eaux minérales.

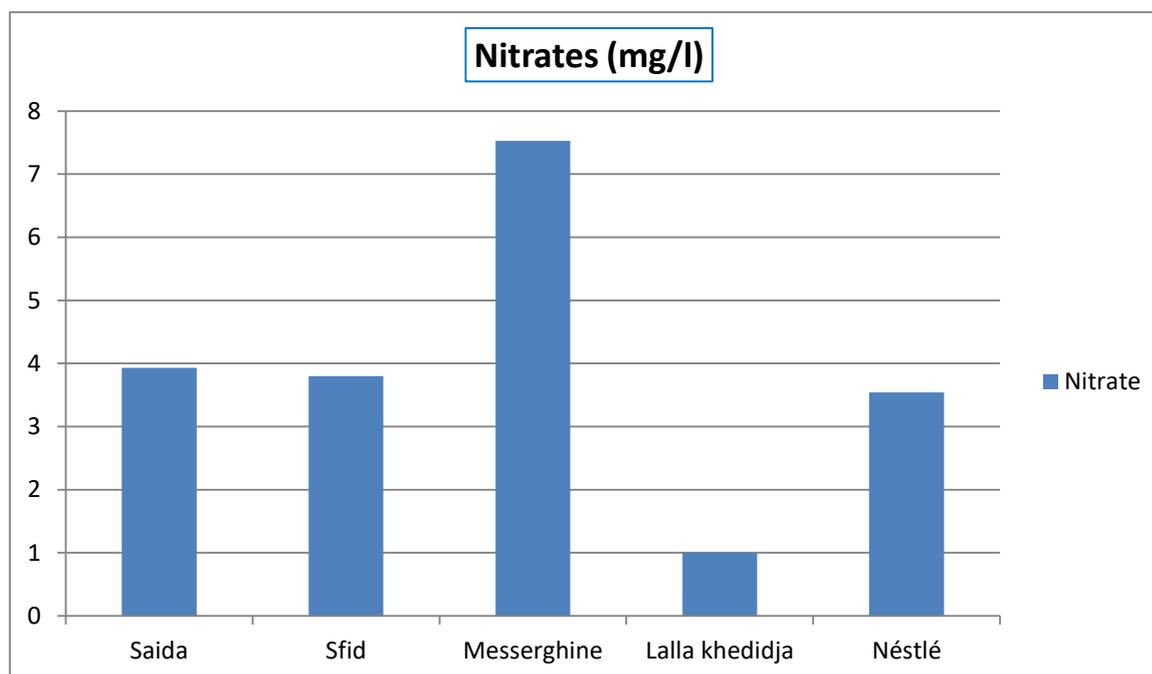


Figure16: les teneurs en nitrates des eaux minérales étudiées.

La teneur moyenne des eaux minérales étudiées en nitrates est 3.96 mg/l. Elle est comprise entre 1 mg/l (Lalla Khdidja) et 8,93 mg/l (Saida).

D'après les résultats d'analyses réalisés par **BOUHALI A et al(2020)**, les teneurs moyennes en 5mg/l.

Nos résultats sont inférieurs à celle trouvés par **Sekiou et Kellil (2014)** et par **Jatoi et al. (2018)** qui fixent respectivement des valeurs maximales de 30 et 21 mg/l.

Nos résultats sont conformes à la norme algérienne depuis 22 mars 2011 et les normes OMS 2006 qui fixe la teneur maximal en nitrates à 50 mg/l.

3-2-4-Nitrites (NO₂⁻):

Les nitrites oxydent l'hémoglobine en méthémoglobine. Inapte à la transformation de l'oxygène des tissus,

La figure 14 présente les teneurs en sulfates des eaux minérales étudiées.

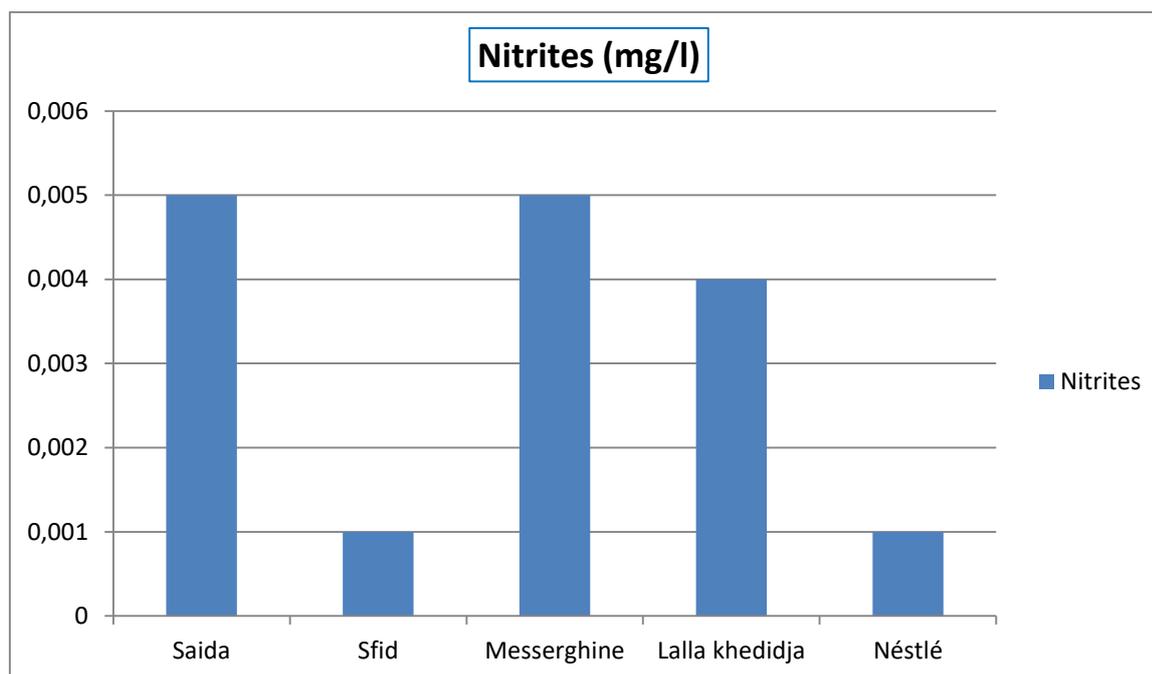


Figure 17 : les teneurs en nitrites des eaux minérales étudiées.

Les teneurs moyennes en nitrites des eaux minérales étudiées est 0,003mg/l, elle est comprise entre 0.001 mg/l (Sfid, Néstlé) et 0.005 mg/l (Saida).

Les concentrations obtenue est comparable à celles rapportées par **Sekiou et Kellil (2014)**.

En général la teneur en nitrites dans les eaux minérales étudiées reste conforme à la norme algérienne de 22 mars 2011 et les normes OMS qui fixe la teneur maximale en nitrites à 0.2mg/l.

3-2-5-Sulfates (SO_4^{2-}):

L'ion sulfate est l'un des anions les moins toxiques, toute fois des concentrations élevées peuvent avoir un effet purgatif ou entraîner une déshydratation et une irritation gastro-intestinale déclare **Dembelé (2005)**.

Selon **FADIL et al. (2014)** ; **KELLIL et SEKIOU. (2014)**, l'augmentation de la teneur en sulfates dans les eaux minérales est due à la fois au lessivage des terrains traversés ou à un phénomène de dissolution des roches évaporitiques

La figure 15 présente les teneurs en sulfates des eaux minérales étudiées.

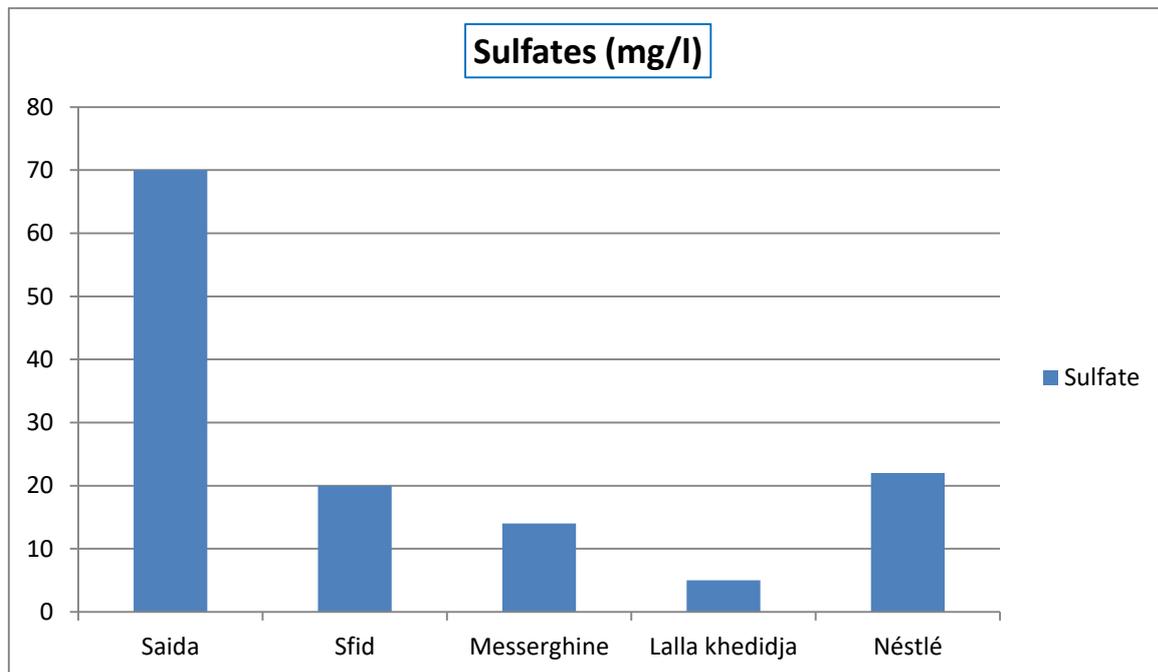


Figure 18 : les teneurs en sulfates des eaux minérales étudiées.

La teneur moyenne des eaux minérales étudiées en sulfate est 26.2 mg/l. Elle est comprise entre 5 mg/l (Sfid) et 70 mg/l (Saida).

D'après l'étude **BOUHALI A et al(2020)**, La teneur moyenne des eaux minérales en sulfate est de 50 mg/l, ce résultat est bien supérieur à nos concentrations obtenues.

Nos résultats sont supérieurs à celles trouvés par **Oyelude et Ahenkorah (2012)**, et dans la fourchette des résultats trouvés par **Hazzab (2011)**

Nos résultats restent conformes à la norme algérienne de l'eau qui fixe la concentration maximale en sulfates à 400mg/l. (**JORA,2011**).

3-2-6-Résidus sec .

La figure16 ci-dessous présente les résultats d'analyse de la minéralisation globale des eaux minérales étudiées.

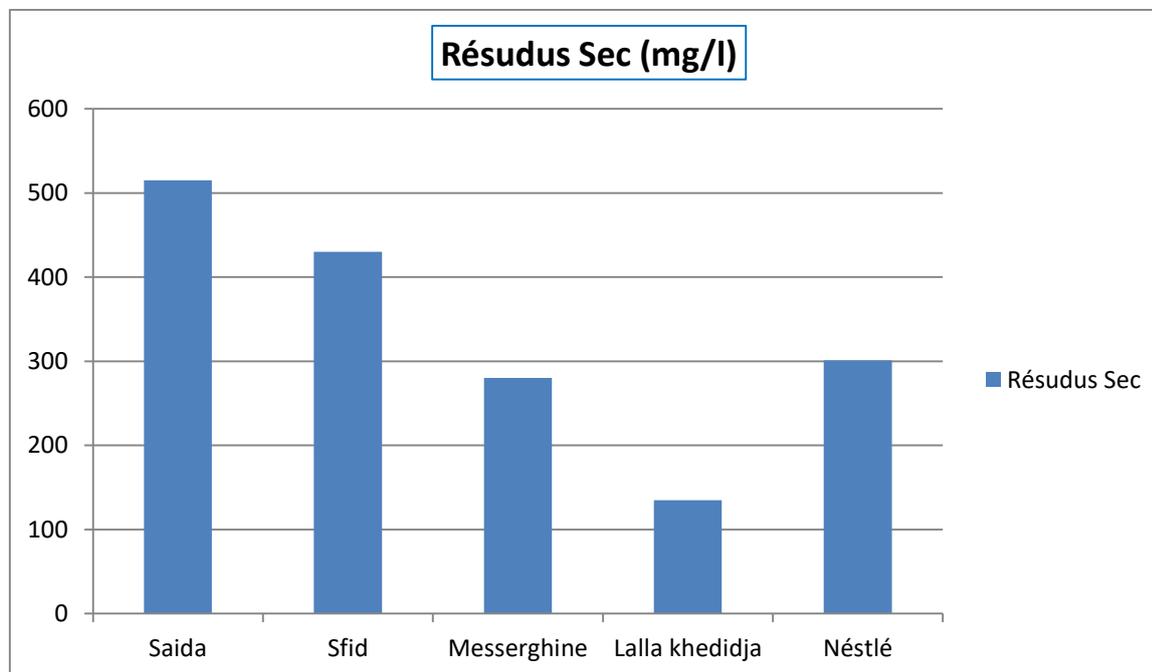


Figure 19 : Résidus secs des eaux minérales étudiées.

Il n'y a pas de valeur guide concernant la minéralisation globale des eaux minérales naturelles dans la réglementation en vigueur.

La minéralisation moyenne des eaux minérales étudiées est 332.22 mg/l, elle est comprise entre 135 mg/l (Lalla Khedidja) et 515mg/l (Saida).

On aperçoit qu'à partir du tableau 15 que la plupart des eaux étudiées se situent dans la classe des eaux faiblement minéralisées (taux des résidus sec < 500 mg/l), à l'exception de l'eau minérale Saida qui sont des eaux moyennement minéralisées (taux des résidus sec > 500 mg/l).

Sur la base de ces résultats et après l'étude des différents paramètres physico-chimique des eaux minérales étudiées nous avons permis de répartir ces eaux en différentes classes suivant leurs compositions chimiques en déterminant les marques d'eaux embouteillées adaptées aux différentes populations cibles.

Selon la dureté totale :

Les eaux douces, ont une dureté comprise entre 0 et 5 °HF ; aucune eau n'est douce parmi les eaux embouteillées étudiées.

Les eaux moyennement dures, dont la dureté est comprise entre 10 et 15 °HF : Lalla khedidja (15°HF) soit une eau conseillée pour les nouveau nés et les nourissants. (LÉTARD, Jean-Christophe, et al., 2009)

Les eaux avec une dureté idéale, entre 15 et 35 °HF : Nestlé (22,5°HF) et Messerghine (26°HF), ces deux marques étudiées consommées quotidiennement pour les personnes en bonne santé.

Les eaux très dures, dont la dureté est supérieure à 35 °HF : Sfid (40 °HF) Saida (44 HF). Ces eaux minérales conseillées pour les sportifs. (Abderrahmane et Bouabba, 2018).

Selon la minéralisation globale

Eau très faiblement minéralisée, dont la minéralisation est inférieure à 50 mg/l :

Aucune marque d'eau minérale parmi les marques étudiées ne présente ce caractère.

Eau faiblement minéralisée au oligo-minérales, dont la minéralisation est comprise entre 50 et 500 mg/l telles que : Lalla khedidja (135 mg/l), Messerghine (280 mg/l), Nestlé (301,10 mg/l) et Sfid (430 mg/l). Ces eaux sont conseillées pour les enfants et les nourissants. (LÉTARD, Jean-Christophe, et al., 2009)

Eau moyennement minéralisée, dont la minéralisation est comprise entre 500 et 1000 mg/l telles que Saida (mg/l), cette eau est conseillée aux personnes qui ont des carences en minéraux.

Selon la composition physico-chimique

La teneur en différents minéraux nous a permis de classer les eaux minérales selon l'élément chimique prédominant (eau calcique, sodique, magnésienne, bicarbonatée, pauvre en sodium et pauvre en nitrates).

Les eaux minérales Calciques (Ca²⁺)

Dans les cinq eaux minérales étudiées nous avons trouvé des eaux moyennement calciques (<150 mg/l), qui sont des eaux conseillées aux personnes souffrant de calculs rénaux, ou que ces eaux ne couvrent pas les besoins journaliers en Calcium pour les femmes enceintes et

allaitantes et également pour les femmes ménopausées, car la demande calcium est augmentées dans ces périodes.(Thomas, A., 2017).

Les eaux minérales sodiques (Na⁺)

Toutes les eaux étudiées ne sont pas riche en sodium la valeur est comprise entre 60 et 5,5 mg/l,qui sont loin de la valeur limite 200 mg/l.Ces eaux sont conseillées aux patients ayant tendance à faire de la rétention d'eau (formation d'œdèmes).

En effet, l'eau minérale Lalla khedidja (5.5 mg/l) est dite pauvre en sodium (Na⁺),dont la teneur en sodium est inférieure à 20 mg/l ; cette eau est recommandée pour les personnes atteintes d'hypertension artérielle, d'insuffisance cardiaque ou rénale car elles sont diurétiques.(Keller, N.,et al ;2018)

Les eaux minérales magnésiennes (Mg²⁺)

Parmi les eaux étudiées, seule l'eau de Saida (55.58mg/l) est dite magnésienne. Cette eau peut être indiquées en cas de stress et de fatigue(NEWSON.,2013 ; Keller, N.,et al ;2018) et conseillées lors d'un régime afin de couvrir leurs besoins quotidiens et aussi pour les personnes âgées, afin de contribuer à la couverture des besoins journalières recommandés en ce minéral.

Les eaux minérales pauvres en nitrates NO³

Ce sont les eaux minérales dont la teneur est inférieure à 10 mg/l. Toutes les cinq marques d'eaux étudiées sont pauvres en nitrates ce qui convient pour les nourrissons et les

Personnes atteintes de cancer

CONCLUSION

GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Le marché des eaux minérales en Algérie connaît un grand essor surtout que la consommation d'eau de robinet devient de plus en plus abandonnée à cause des changements d'habitude de consommation et la pénurie d'eau de distribution publique ressentie ces dernières années, qui font que les populations ont de plus en plus recours à l'eau minérale embouteillée réputée plus sûre.

La présente étude a pour objectif de faire une approche à la connaissance de la qualité physico chimique des eaux embouteillées de cinq marques consommées à Saida, et essayer d'orienter le choix du consommateur.

L'étude est fondée sur les teneurs en minéralisations et composition ionique qui nous a donné par la suite une idée sur les faciès de ces eaux embouteillées, dont on aperçoit que toutes les eaux étudiées obéissent aux normes de potabilité de l'eau

Les résultats d'analyses et selon les paramètres physico chimiques étudiés les cinq marques d'eau examinés montrent :

- ❖ Un pH proche de la neutralité ; comprise entre 7,50 pour l'eau Nestlé et 7,66 pour l'eau de Saida et Messerghine.
- ❖ Un faible à moyenne minéralisation ; comprise entre 135 mg/l pour l'eau Lalla Khadîdja et 515 mg/l pour l'eau de Saida.
- ❖ Un taux de nitrate faible; comprise entre 1 mg/l pour l'eau Lalla Khadîdja et 8,93 mg/l pour l'eau de Saida.

De ce fait, pour un consommateur ordinaire qui ne présente aucune maladie, toutes les cinq marques d'eau étudiées (Saida, Sfid, Mesreghine, Lalla Khadîdja et nestlé) peut être bu sans aucun inconvénient, il est tout de même recommandé de varier d'eau minérale et de ne pas consommer la même marque de façon prolongée.

En effet, pour une personne malade cherchant une eau légère, l'eau minérale Lalla Khadîdja reste la plus conseillée pour s'hydrater sans se soucier de sa composition chimique car elle est très faiblement minéralisées (135mg/l) comparer aux autres eaux et sa faible teneur en nitrate qui pourrait être conseillée aux bébés et nourrissons.

CONCLUSION GENERALE

De même, pour les personnes âgées, les personnes ; hypertendues, celles qui souffrent de palpitations cardiaques, d'anxiété et d'insomnie, il est conseillé de boire l'eau de Saida, du fait de sa forte teneur en magnésium reconnu par les médecins pour son rôle physiologique importants dont celles de calmer le stress et réguler le sommeil et d'éviter la fatigue.

Les résultats de notre travail ouvrent des perspectives qui visent vers le dosage d'autres paramètres tels les métaux lourds pour compléter le diagnostic sur le plan physico-chimique, un suivie rigoureux de la qualité des eaux embouteillées dès la source jusqu'au produit final sera une ébauche importante pour éviter toutes contaminations ou changement des paramètres physico chimiques des eaux embouteillées.

REFERENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

○ A

- ✚ **A L a. L, H HHH.** ETUDE COMPARATIVE DES EAUX MINERALES ET DES EAUX DE SOURCES PRODUITES EN ALGERIE. LARHYSS J. 1 déc 2016;13(4):319-42.
- ✚ **Abderrahmani L & Bouabba N. (2018).** Etude de la qualité physico-chimique de différentes eaux minérales consommées en Algérie. Université Mouloud MAMMERY de Tizi Ouzou.
- ✚ **ACHOUR S., CHABBI F et TIBERMACINE A.A. (2017).** Le fer et le manganèse dans les eaux naturelles et procédés d'oxydation chimique. Cas des eaux algériennes, Larhyss Journal, 4(14), 139-154.
- ✚ **ADIL F., FADIL K.F et NECHAD I. (2014).** Qualité physicochimique des eaux des
- ✚ **ADIL F., FADIL K.F et NECHAD I. (2014).** Qualité physicochimique des eaux des sources ain regrab et ain sidi bouali dans la région de sefrou (Moyen Atlas, Maroc). Larhyss Journal, Issn, 20, 127-146.
- ✚ **Agence Régionale de Santé d'Auvergne (ARSA).** (2015). La qualité de l'eau destinée à la consommation humaine en auvergne.
- ✚ **ALPHA, AWWA, WEF,** Les méthodes standards pour l'examen de l'eau et des eaux usées, American Public Health Association, Water Environment Fédération American Water Works Association, 21ème Edition, 1998.
- ✚ **AMBROISE M., ANCELLIN R., CHEVALIER J., DUMAS C., THOMANN C., TOUVIER M et VANRULLEN I. (2015).** Nutrition et Risques Alimentaires. Textuel,
- ✚ **Anctil F, Rousselle J, Lauzon N.** directives de qualité pour l'eau de boisson. Montréal: Presses internationales Polytechnique; 2012.
- ✚ **Arrêté du 26 juillet 2000** relatif aux spécifications des eaux de boisson préemballées et aux modalités de leur présentation (JO N°51 du 20 août 2000, P14).
- ✚ **Arrêté interministériel du 22 janvier 2006** fixant les proportions d'éléments contenues dans les eaux minérales naturelles et les eaux de source ainsi que les conditions de leurs traitements ou les adjonctions autorisées (JO N°27 du 26 Avril
- ✚ **Assouline S, Assouline J.** Géopolitique de l'eau: nature et enjeux. Levallois-Perret: Studyrama; 2007. 140 p. (Studyrama perspectives).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ✚ **AYAD W and KAHOU M., 2017** - Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines : cas des puits de la région d'el-harrouch (wilaya de skikda) *Journal Mater. Environ. Sci.* 7 (4) (2016) ISSN : 2028-2508 : 1288-1297p
 - **B**
- ✚ **BAMBA F., DESSOUASSIC R., MAHEA G et ORANGED D. (2000)**. Relations eaux de surface et eaux souterraines. *Sciences de la Terre et des planètes.* 10 : 689–692.
- ✚ **Berradia N et Serisser H, (2019)**. Effet de la lumière sur l'évolution de qualité physicochimique et bactériologique de l'eau minérale embouteillée. Mémoire de Master. Université Mostaganem.
- ✚ **Blanchon D, Boissière A.** Atlas mondial de l'eau: défendre et partager notre bien commun. Nouvelle édition augmentée. Paris: Éditions Autrement; 2013.
- ✚ **BONTOUX J.,** Introduction à l'étude des eaux douces : 2eme Edition : Cebedoc, 1993.
- ✚ **BOUZIANI H.,** L'eau de la pénurie eaux maladies, Edition : Ibn Khaldoun, 2000.
 - **C**
- ✚ **Chappe P, Chappe P.** Eaux conditionnées [Internet]. Ministère des Solidarités et de la Santé. 2019 [cité 26 juin 2019]. Disponible sur: <https://solidarites-sante.gouv.fr/sante-etenvironnement/eaux/article/eaux-conditionnees>
- ✚ **Chocat B.** l'eau du robinet est elle differente de l'eau embouteillée. 2015.
- ✚ **Chocat, B., Levi, Y., Brelot, E. (2015)**. L'eau du robinet est-elle différente de l'eau en bouteille ? .Méli-Mélo. Démêlons les fils de l'eau.
- ✚ **CODEX S.,** Norme codex pour les eaux minérales naturelles, 1981.
- ✚ **COIN,** La pratique de l'eau : usages domestiques, Collectif et industriel, Edition : Moniteur, Paris, 1981, p3-21, p325-327.
- ✚ **CONSTANT F., HAWILI N. (2011)**. Les eaux embouteillées. *Cahiers de nutrition et diététique*, 46 : 40-50.2006, P9).
 - **D**
- ✚ **DANIELOPOL D.L. (1997)**. Eaux souterraines. La colonisation d'environnements. 21: 55-66.
- ✚ **DEFRANCESCHI M.,** L'eau dans tous ses états. Edition: Marketing S-A, Paris, 1996, p4-5.
- ✚ **Degrémont SA, Chaussade J-L, Mestrallet G, Rovel J-M.** Mémento technique de l'eau. Tome 1 Tome 1. 2005.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ✚ **Dembelé, J. P. (2005).** Aspects épidémiologiques de la tuberculose pulmonaire à bacilloscopie positive au Mali pendant la décennie 1995-2004.
- ✚ **DENHOVE ?** Les eaux minérales, Volume 3, Edition : Lamy, Paris, 1990.
- ✚ **DIRECTIVE 2009/54/CE DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL.** juin 2009;
- ✚ **Duhamel, J. F., & Brouard, J. (2010).** L'eau et l'hydratation: une nécessité pour la vie. *Journal de pédiatrie et de puériculture*, 23(1), 9-12
- ✚ **DUPONT C. (2015).** Eaux minérales naturelles et transit intestinal. Cahiers de nutrition et de diététique. 50 : 38-43.
 - **E**
- ✚ **ENCARTA, 2009.**
- ✚ **Euzen A, Levi Y.** Tout savoir sur l'eau du robinet. 2013.
- ✚ **EZZAOUAQ M. (1991).** Caractérisation hydrodynamique, physico-chimique et bactériologique des eaux superficielles de l'estuaire du Maroc soumis aux rejets des villes de Rabat-Salé. 140p.
 - **F**
- ✚ **FAO, WHO--Work programme, Joint FAO/WHO Food Standards Programme, Joint FAO/WHO Codex Alimentarius Commission.** Codex alimentarius: l'eau. Rome ; [Genève : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture ; Organisation mondiale de la santé ; 2007.
- ✚ **Farch S. 2017 :** Incidence des eaux embouteillées sur la dissolution de l'hydroxyapatite dentaire. Influence de différents paramètres. Thèse de doctorat. Université Djillali Liabes. Sidi bel abbés.
- ✚ **FARDELLONE P. (2015).** Calcium, magnésium et eaux minérales naturelles. Cahiers de nutrition et de diététique. 50 : 22-29.
- ✚ **FAVREAW G., LEDUC C et MARLIN C. (2000).** Représentation de l'échantillonnage géochimique et hydrodynamique en nappe libre. *Journal of African Earth Sciences*. 314(31) : 669-678.
- ✚ **FERRY M. (2012).** Les Oligoéléments et les Minéraux. Nutrition de la personne âgée. 4ème Ed. Lavoisier, paris.
- ✚ **Festy, B., Hartemann, P., Lerdrans, M., Partick, L. (2003).** Qualité de l'eau. In : Environnement et santé publique- Fondement et pratiques. Chapitre 13, p333-368.
- ✚ **FOULON V. (2015).** Eaux minérales naturelles : quelles spécificités ?. Cahiers de charge et de diététique. 50 : 30-37.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ✚ **FRANK J. et KEMMER N.**, Manuel de l'eau, Editeur : Lavoisier, 1984, p3, p102, p105.
- ✚ **FRICKE M., GRÜNHUT L., VAN DER W. (2003)**. Classification of mineral water types and comparison with drinking water standards. *Environmental Geology*. 17(2) : 554–563.
 - **G**
- ✚ **GAMRASNI M.**, Le gout de l'eau, Office Internationale de l'Eau, Edition technique et documentation, Lavoisier, 1986, p11.
- ✚ **GANJOUS D.**, La pollution des milieux aquatiques, 2eme Edition : Lavoisier, 1995.
- ✚ **Gerard, G., Philippe, H. (2014)**.Eaux et santé. Hegel .Vol 4, N°3.3p.DOI :10.4267/2042/541089096.
- ✚ **Graindorge J, Landot É.** La qualité de l'eau potable: techniques et responsabilités. Voiron: Territorial éd.; 2014.
- ✚ **GUGLIELMI Y., PRIEUR L. (1997)**. Essai de localisation et de quantification des résurgences sous-marines d'un aquifère : la nappe alluviale. *Journal of Hydrology*. 190 : 111-122.
- ✚ **GUILLERIN A. (2018)**. L'eau Minérale Naturelle : propriétés et usages. Diplôme d'Etat de Docteur en pharmacie. Université de Bordeaux Des Sciences Pharmaceutiques. Bordeaux ; France.
 - **H**
- ✚ **Hazzab A. (2011)**. Eaux minérales naturelles et eaux de sources en Algérie : Hydrologie, environnement ; Géoscience. 20-31.
- ✚ **Hazzab A. (PDF)** Evolution de la législation de l'exploitation et de la protection des eaux minérales naturelles et les eaux de sources en Algérie. | Abdelkrim HAZZAB [Internet]. 2012 [cité 26 juin 2019]. Disponible sur: https://www.researchgate.net/publication/274735448_Evolution_de_la_legislation_de_l'exploitaiton_et_de_la_protection_des_eaux_minerales_naturelles_et_les_eaux_de_sources_en_Alg_erie
- ✚ **Hazzab A.** Eaux minérales naturelles et eaux de sources en Algérie. *Comptes Rendus Geosci*. 1 janv 2011;343(1):20-31.
- ✚ **HENRY M. (1991)**. Les Eaux Naturelles et les Eaux de Consommation Saint Laurent.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ✚ **HURET H. (2018).** *Les Eaux de Consommation Humaine et la Santé Publique* : nutrition et santé. Ed Larousse, Paris
 - J
- ✚ **JEAN J.C.,** La dégradation de la qualité de l'eau dans le réseau, Paris, 2002.
- ✚ **JORA., 2011 -** (Journal Officiel de la République Algérienne) Décret exécutif n° 11-125 du 17 Rabie Ethani 1432 correspondant au 22 mars 2011 relatif, qualité de l'eau de consommation humaine, *Imprimerie Officielle, Les Vergers : Bir-Mourad Raïs, Alger, Algérie* : 7-25p.journal, 20 : 225-246
- ✚ Journal officiel de la république Algérienne N° 45. (2004).
- ✚ Journal officielle de la république Algérienne septembre. (2005).
 - K
- ✚ **Kahoul, M., & Touhami, M. (2014).**Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux de consommation de la ville d'Annaba (Algérie). *LARHYSS Journal P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2521-9782*, (19).
- ✚ **Keller, N., Krummel, T., & Hannedouche, T. (2018).**Sodium, hypertension, maladies rénales et santé publique. *Néphrologie & Thérapeutique*, 14, S93-S98.
- ✚ **KELLIL A., SEKIOU F. (2014).** Caractérisation et classification empirique, graphique et Larhyss Journal, Issn, 20, 127-146.
- ✚ **KEMMER F.N.,** Manuel de l'eau, Edition : tec et doc, Lavoisier, 1984, p3, p102.
- ✚ **KETTAB A. (2001).** Les ressources en eau en Algérie: stratégies, enjeux et vision. *Désalination*. 136 : 25-33.
 - L
- ✚ **Labadi, A.S., Hammache, H. (2016).**Etude comparative des eaux minérales et des eaux de sources produites en algérie. *Larhyss Journal*, N°28, p319-342.
- ✚ **LANTEIGNE J.,** L'encyclopédie de l'Agorat.
- ✚ **LEFEVRE J.,** les analyses d'eau avec les tests près à l'emploi : la potabilité de l'eau, les eaux piscicoles, l'eau des piscines, laboratoire Merck-CLEVENOTE, 1991.
- ✚ **Legube B.** Production d'eau potable: Filières et procédés de traitement. 2015.
- ✚ **LEGUBE B., MERLET N et RODIER J. (2009).** L'analyse de l'eau. 9ème édition, DUNOD, Paris.
- ✚ **LEPELTIER S.,** Un bon état écologique des eaux, 2005
- ✚ **LÉTARD, Jean-Christophe, LUDOT, Thibaud, COSTIL, Vianna, et al.** Fiche de recommandations alimentaires. 2009.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

○ M

- ✚ **MARCEL F.**, Dictionnaire français hydrologie des surfaces, Edition : Masson, 1986, p93.
- ✚ **Marie, G. (2012)**. L'eau minérale naturelle une alternative pour compléter les apports alimentaires en calcium des adolescents. Nestlé waters France.
- ✚ **MEBARKI S.**, Qualités physicochimiques et microbiologiques des eaux destinées à la consommation humaine de la ville de Honaine, mémoire d'ingénieur d'état en biologie, département de biologie, Université de Tlemcen, 2010.
- ✚ **MERCIER J.**, Le grand livre de l'eau, Edition : La reconnaissance du livre, Collect Art de vivre, 2000, p97.
- ✚ **MI BMB, A C a. C, D BDB, R EMREM**. ETUDE DE LA QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE ET BACTERIOLOGIQUE DES EAUX SOUTERRAINES DE LA PPE PLIO-QUATERNAIRE DANS LA RÉGION DE MEKNÈS (MAROC). LARHYSS J. 1 juin 2013 ;10(3) :21-36.
- ✚ **Musy A, Higy C**. Hydrology: a science of nature. New York; London: Routledge; 2011.

○ N

- ✚ **NEWSON, Jackie**. Le guide complet du magnésium.

○ O

- ✚ **O.M.S (1972)**. Normes internationales pour l'eau de boisson. 3ème Ed, Genève, 74 p
- ✚ **Olivaux Y**. La nature de l'eau. 2010.
- ✚ **OMS | Eau et santé [Internet]**. [cité 8 juill 2019]. Disponible sur: <https://www.who.int/globalchange/ecosystems/water/fr/>
- ✚ **OMS, (2011)**. World Health organization. Guidelines for drinking-water quality. Recommendations. 4th ed. Geneva : WHO ; 2011
- ✚ **Organisation mondiale de la Santé (OMS). (2015)**. La qualité des eaux conditionnées en France.
- ✚ **Organisation mondiale de la Santé (OMS). (2017)**. Directives de qualité pour l'eau de boisson .4e édition.
- ✚ **Oyelude, E. O., & Ahenkorah, S. (2012)**. Quality of sachet water and bottled water in Bolgatanga municipality of Ghana. *Res J Appl Sci Eng Technol*, 4(9), 1094-1098.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

○ P

- ✚ **PAQUIN J.L., BLOK J.C., HAUDIDIER K.**, Effet du chlore sur la colonisation bactérienne d'un réseau expérimental de distribution d'eau, Edition : Revue de sciences de l'eau, N°4 ? 1992.
- ✚ **PERLEMUTER L.**, Dictionnaire pratique de la déique et de mutation, Edition : Masson, 1981.
- ✚ **PERMO**, La pratique de l'eau, Edition : Moniteur, 1981, p434.
- ✚ **Petraccia L, Liberati G, Masciullo SG, Grassi M, Fraioli A.** Water, mineral waters and health. Clin Nutr Edinb Scotl. juin 2006;25(3):377-85.
- ✚ **POPOFF G.**, Journal français d'hydrologie, Tome 21, 1991.
- ✚ **POTELON J. L., ZYSMAN K. (1998).** Le guide des analyses de l'eau potable, Edition, La Lettre du Cadre Territorial, Voiron, France.

○ R

- ✚ **RODIER J, 1996.** L'Analyse de l'Eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 6eme édition: DUNOD, Paris.
- ✚ **Rodier J, Legube B, Merlet N.** L'analyse de l'eau. Paris: Dunod; 2009
- ✚ **RODIER J.**, L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 9eme Edition : Dunod, Paris, 2009.
- ✚ **Rodier J., Legube B., Merlet N. 2009.** L'analyse de l'eau, 9ème édition, Ed. Dunod, 1579 p.
- ✚ **Rodier Jean. (2009).** L'analyse de l'eau. 9e édition. Paris
- ✚ **Roignant, F. (2007).** L'eau en mediterranne : usage enjeux.

○ S

- ✚ **SCHOELLER M. (1972).** Etude géochimique de la nappe des "Sables inferieurs". Journal of Hydrology. 15 : 317-328.

○ T

- ✚ **Thomas, A. (2017).** *Attentes et représentations du thermalisme en rhumatologie du point de vue des patients: étude qualitative par entretiens semi-dirigés réalisée dans les établissements thermaux de Vittel, Bains-les-Bains et Plombières-les-Bains* (Doctoral dissertation, Université de Lorraine).

○ U

- ✚ **Uwamungu, J., Jiang, Y. (2010).** Analyse physico-chimique et bactériologique des eaux de la rivière.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

○ V

- ✚ **VALIRON F. (1990).** Gestion des eaux : principes et structures. Presses de l'école nationale des ponts et chaussées. 1^{ème}Ed ; Lavoisier, paris.
- ✚ **VERNEJOL M. C. (2015).** Eaux minérales naturelles et santé osseuse. Cahiers de nutrition et de diététique. 50 : 44-50.
- ✚ **Vilaginès R.** Eau, environnement et santé publique introduction à l'hydrologie. Paris: Ed. Tec & Doc; 2010.
- ✚ **Viland, M., Montiel, A., Duchemin, J., Zarrabi, P. (2001).** Eau et Santé. Editions du Gret. Paris (France) : Groupe de recherche et d'échanges technologiques, p109.

○ W

- ✚ **WHO,** Directive de qualité de l'eau de boisson, Critères hygiène, 2^{ème} Edition, Volume 1, Genève, 1994.

○ Y

- ✚ **Youcef, L., & Achour, S. (2005).** Elimination des phosphates par des procédés physico-chimiques. *Larhyss Journal*, 4, 129-140.

Annexes

Annexes 01

les normes de potabilités

Paramètres et éléments	Normes OMS 2006	Normes Algérienne Depuis 22 mars 2011
Couleur	15 mg/l platine	15 mg/l platine
Odeur	-	-
Ph	6,5-9,5	6,5-9,5
Conductivité a 20°c	-	2800
Température	-	25° C
Sels totaux dissous	1000 mg/l	2000 mg/l
Turbidité	5 NTU	5NTU
Calcium	200 mg/l	200 mg/l
Magnésium	150 mg/l	150 mg/l
Sodium	200 mg/l	200 mg/l
Potassium	10 mg/l	12 mg/l
Chlorures	250 mg/l	500 mg/l
Sulfates	400 mg/l	400 mg/l
Carbonates	-	-
Hydrogénocarbonates	-	-
Hydroxydes	-	-
Cuivre	2 mg/l	2 mg/l
Fer	0,3 mg/l	0,3 mg/l
Manganèse	0,4 mg/l	0,05 mg/l
Zinc	3 mg/l	5 mg/l
Cadmium	0,003 mg/l	0,003 mg/l
Chrome	0,05 mg/l	0,05 mg/l
Nikel	0,07 mg /l	0,07 mg /l
Plomb	0,01 mg/l	0,01 mg/l
Ammonium	0 ,5 mg /l	0 ,5 mg /l
Nitrites	0 ,2 mg /l	0 ,2 mg /l

Nitrates	50 mg /l	50 mg /l
Oxyde de phosphore V	-	-