

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
جامعة عمار ثليجي الاغواط
UNIVERSITE AMAR TELIDJI LAGHOUAT

كلية العلوم
FACULTE DES SCIENCES
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master II

Domaine : Science de la nature et de la vie

Filière: Sciences biologiques

Option: Microbiologie appliquée

THEME

**Contrôle des eaux de source embouteillées commercialisées
dans la région de Laghouat**

Présenté par:

Melle .CHEKHOUM Rebiha Loubna

Melle .HAMAMI Aicha Nour

Melle .MESSAOUDI Djihad

Devant le jury composé de:

Président	Mr. CHAIBI Rachid	Professeur à l'UATL
Examineur	Mr. ZERROUKI Mohamed Houcine	MAA à l'UATL
Promoteur	Mr. CHETATHA Mohamed	MAA à l'UATL
Co-Promoteur	Mr. HENICHE Ahmed	Chef service physicochimique à l'ADE

2023/2024

Remerciements :

Il est convenable, en de telles circonstances d'adresser nos remerciements au-delà d'une simple tradition à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail. Nos remerciements s'adressent à tous les cadres de l'ADE Laghouat (ex Egepal) et plus particulièrement à **Mr HENICHE Ahmed** chef service physicochimique à l'ADE, qui nous ont prodigué toutes les informations et nous ont fait découvrir le monde des traitements des eaux. Nous tenons à témoigner notre reconnaissance aux membres du jury d'avoir accepté d'examiner le contenu de ce travail. Nous remercions, tout particulièrement **Mr CHETATHA Mohamed** l'encadreur de nous avoir laissé une large autonomie dans ce travail, pour nous diriger sur des pistes de réflexions riches et porteuses. Nous remercions aussi le président de membre de jury **Mr CHAIBI Rachid** ainsi que l'examineur **Mr ZERROUKI Mohamed Hocine**, on a l'honneur que vous avez bien voulu porter pour notre travail. On remercie aussi nos professeurs de l'université de Laghouat pour la qualité de l'enseignement au cours de ces années passées.

Dédicace :

A l'aide de Dieu le tout puissant, qui m'a tracé le chemin de ma vie, j'ai pu réaliser ce travail que je dédie :

A lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur, celle qui m'a transmis le courage et l'amour pour sa tendresse et pour ses encouragements durant mon parcours, à ma très chère Maman que j'adore.

A l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et matériel tout au long de ma vie, dans les moments difficiles et dans mes années d'études, ma source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour ma réussite. Que Dieu te procure une bonne santé et une longue vie mon très cher Papa.

A mon adorable frère : Ahmed ramy.

A mes chères sœurs: Kaouther et Ola. A tous mes amies

A Mon fiancé yacine qui m'a soutenu et en courage durant ces années d'études.

A toute la promotion 2024 ; Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit possible

Loubna

Dédicace

Louange à Dieu qui m'a permis d'atteindre ces jours heureux de ma vie

Je dédie ce travail à mes premiers supporteurs et amants, sans aucune condition, mon père et ma mère

À mes frères, source d'énergie, de force et de joie dans ma vie

À mes sœurs, le soutien qui ne tend ni ne fatigue, et à leurs enfants

À mes amis qui m'ont manqué tout au long de notre parcours académique

Enfin, à tous ceux qui ont contribué à la réussite de ce travail

Je vous remercie du fond du cœur

Djihad

Dédicace

Du profond de mon cœur, je dédie ce travail à tous qui me sont chers.

A mon cher père décédé, dont l'amour et les valeurs continuent de guider mes pas, même après son décès. Sa sagesse, sa force et son dévouement m'ont toujours inspiré et ont profondément façonné la personne que je suis aujourd'hui.

A la prunelle de mes yeux, à mon paradis, à ma chère mère, le pilier de ma vie, dont l'amour inconditionnel, la patience infinie et les innombrables sacrifices ont été ma plus grande source de force et d'inspiration. Chaque étape de ce parcours a été possible grâce à ton soutien indéfectible et à ta foi en moi « Je t'aime énormément MAMA ».

A mes adorables frères, SIDALI et SIDAHMED, merci d'avoir été mes anges gardiens. Cette réussite est aussi la vôtre.

A mes chères sœurs, MERIEM et FATIMA el ZAHRA, pour ses soutiens moral et leurs conseils précieux tout au long de mes études.

A mes petits Anges, Mohamed islam, Brahim et Fares.

A tous mes collègues de promotion de Master II Microbiologie fondamentale et Appliquée.

A tout ce qui ont participé à ma réussite et à tous qui m'aiment.

Avec amour, AICHA NOUR

Table des matières :

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste d'abréviation

Résumé

Introduction générale.....	1
Historique de l'évolution des eaux embouteillées en Algérie.....	2
Chapitre I	
I.Généralité sur l'eau	4
I.1.définition de l'eau.....	4
I.2.Structure de molécule de l'eau.....	5
I.3.1.Importance de l'eau.....	6
I.3.2.Importance de l'eau embouteillée.....	6
I.4.Répartition de l'eau sur le terre	6
I.5.Ressources d'eau douce par habitant dans le monde	7
I.6.Provenance de l'eau.....	8
I.7.Cycle de l'eau.....	9
I.8.les propriétés physico-chimiques de l'eau.....	10
I.8.1.Propriétéschimiques.....	10
I.8.2.Propriétés physiques.....	10
II. Généralité sur l'eau de source et l'eau minérale naturelles.....	11
II.1.Eau de source.....	11
II.2.Eaux minérales naturelles.....	11
II.3.Les types des sources d'eau.....	12
II.3.1.Source de déversent.....	12

II.3.2.Source d'émergence.....	12
II.3.3.Exutoires par factures.....	12
II.4.Comparaison entre les eaux minérales et les eaux de sources.....	12
II.5.Classification des eaux minérales et des eaux de sources.....	14
II.5.1.Eau minérale naturelle naturellement gazeuse.....	14
II.5.2.Eau minérale naturelle non gazeuse.....	14
II.5.3.Eau minérale naturelle dé-gazéifiée.....	14
II.5.4.Eau minérale naturelle renforcée au gaz carbonique de la source.....	14
II.5.5.Eau minérale gazéifiée.....	14
II.6.Paramètres caractéristiques de la qualité des eaux.....	15
II.7.Les réglementation applicable à l'exploitation des eaux embouteillées en Algérie.....	15
II.8.Les caractéristique de l'eau embouteillée.....	17
II.9.L'embouteillage des eaux.....	17
II.10.Maladies à transmission hydrique.....	20
II.11.Traitement des eaux.....	20
Chapitre II	
III. le contrôle des eaux de source embouteillées.....	22
III.1.les eaux souterraines.....	23
III.2.les nappes	23
III.2.1. les types des nappes	24
III.3. la pollution des nappes	26
III.4.la protection des nappes.....	27
III.5. la flore naturelle de l'eau minérale et l'eau de source.....	28
III.6.la potabilité d'eau.....	28
III.6.1.qu'est-ce que l'eau potable ?.....	28
III.6.2.les critères de potabilité de l'eau.....	28

III.7.les paramètres physico-chimiques de l'eau	29
III.8. les paramètres organoleptiques.....	30
III.9.les paramètres microbiologiques	30
III.10.les paramètres liés aux substances indésirables	31
III.11.les paramètres liés aux substances toxiques	31
III.12. Normes de la qualité de l'eau.....	31
III.13.critères de choix de l'eau de source	33
III.13.1. Pour la femme enceinte	34
III.13.2.le cadre d'une activité sportive.....	35
III.13.3. Apports conseillés en eau, de la naissance à l'adolescence.....	35
III.13.4. l'eau pour la femme ménopausée	36
III.13.5.l'eau pour les personnes âgées.....	36
III.13.6.l'eau pour un régime	36
III.13.7. l'eau pour l'amélioration du transit intestinal.....	37
III.13.8.l'eau pour les troubles digestifs.....	37
III.13.9.l'eau pour les personnes atteinte de calculs rénaux.....	37
III.13.10.l'eau pour les personnes atteintes d'hypertension artérielle, d'insuffisance cardiaque ou rénale.....	37
III.13.11.l'eau pour personnes atteinte de cancer.....	38
III.13.12.l'eau pour les personnes stressées et fatiguées.....	38
IV. Matériels et Méthodes.....	38
IV.1.Description des donnés et méthodes.....	40
IV.2.Echantillonnages et mode de prélèvements.....	40
IV.2.1.Analyses physico-chimiques	41
IV.3.les paramètres mesurées.....	42
IV.3.1.la température.....	42
IV.3.2.le potentiel d'hydrogène pH.....	43

IV.3.3.la conductivité, TDS.....	43
IV.3.4.la minéralisation.....	44
IV.3.5.la salinité.....	45
IV.3.6.la turbidité.....	45
IV.3.7.Dosage de la dureté totale TH.....	46
IV.3.8.Dosage du calcium Ca²⁺.....	47
IV.3.9.Détermination de magnésium Mg²⁺.....	48
IV.3.10.Dosage de sodium Na⁺ et potassium K⁺.....	49
IV.3.11.Détermination du sulfate So₄⁻².....	49
IV.3.12.Détermination du chlore Cl⁻.....	50
IV.3.13. Détermination des bicarbonates HCO₃⁻.....	51
IV.3.14.Détermination des nitrates NO₃⁻.....	51
IV.3.15.Détermination des nitrites NO₂⁻.....	52
V. Résultats et discussion.....	54
V.1.le potentiel d'hydrogène pH.....	55
V.2.la conductivité	55
V.3.TDS.....	57
V.4.la minéralisation	57
V.5.la salinité	58
V.6.la turbidité	59
V.7.la classification des eaux de source embouteillées selon TH.....	60
V.8.le calcium	60
V.9.le Magnésium.....	61
V.10. le potassium.....	62
V.11. les nitrites	62
V.12. le chlore	63

V.13.Sulfates	64
V.14.Nitrates	65
V.15.Sodium.....	65
V.16. Bicarbonate.....	66
VI. Comparaison entre les paramètres mesurés et les paramètres de l'étiquetage commerciale de différentes marques des eaux de sources étudiées.....	66
VI.1. La marque MS.....	67
VI.2. La marque Mn.....	67
VI.3. La marque B.....	68
VI.4. La marque Ich.....	69
VI.5. La marque S	69
VI.6. La marque OV.....	70
Conclusion générale.....	73
Annexes.....	74
Références bibliographiques.....	88

Liste des tableaux :

Tableau°	Titre	Page
Tableau01	comparaison entre l'eau de source et l'eau minérale naturelle	13
Tableau02	Valeur maximale admissible selon les normes de qualité Algérienne	16
Tableau03	Caractéristiques de qualité d'une eau de source	17
Tableau04	les valeurs des paramètres physico-chimique selon les normes européennes	33
Tableau05	comparaison entre les valeurs de paramètres physico-chimiques européennes et algériennes	34
Tableau06	Apports quotidiens conseillés en eau du nouveau-né, du nourrisson et de l'enfant (Abederrahmani et Bouabba, 2018)	36
Tableau07	Description des eaux de source embouteillées étudiées	41
Tableau08	Matériels et appareillages utilisés	42
Tableau09	Les paramètres physiques des eaux de sources étudiées	44
Tableau10	Les paramètres des éléments chimiques des eaux de sources étudiées	44
Tableau11	Calcul de minéralisation à partir de la conductivité	47
Tableau12	Classification de la qualité de l'eau selon la dureté totale (Sawyer et Mccarty, 1967)	62
Tableau13	Classification des eaux de source embouteillées selon la dureté totale (TH)	62

Liste des figures :

Figures	TITRE	PAGE
Figure01	structure de la molécule d'eau (Plateforme ACCES , 2020)	5
Figure02	répartition de l'eau dans le corps humain (Aurore Séguier Kinésiologue2024)	6
Figure03	composition de l'eau sur terre	7
Figure04	Ressources d'eau douce par habitant dans le monde	8
Figure05	le cycle naturel de l'eau (Josée Broussaud2008)	9
Figure06	Répartition des sites des eaux minérales naturelles et des eaux de sources en Algérie (Hazzab, 2011)	9
Figure07	Présentation des eaux souterraines (RAMSAR, 2010)	11
Figure08	comparaison entre une nappe libre et nappe captive	14
Figure09	Processus d'embouteillage de l'eau embouteillée en emballage PET	19
Figure10	Les étapes de l'embouteillage dans les unités de production des eaux embouteillées (Medfouni, 2019)	20
Figure11	Présentation des eaux souterraines (RAMSAR, 2010)	24
Figure12	comparaison entre une nappe libre et nappe captive	25
Figure13	représentation d'une nappe Alluviale (Mechel.K ; 2021)	26
Figure14	une nappe karstique	27
Figure15	Situation géographique des eaux de source en Algérie (Sekiou et Kellil, 2014)	42
Figure16	Détermination du pH à l'aide d'un pH-mètre (AD1020)	45
Figure17	Conductimètre pour mesurer la conductivité et TDS (HANNA)	46
Figure18	Turbidimètre de paillasse HACH pour mesurer la turbidité	48
Figure19	Dosage de la dureté totale (titre hydrotimétrique TH)	49
Figure20	Dosage du calcium (Ca^{+2})	50
Figure21	Spectrophotomètre à flamme (Appareil Dr LANGE JENWAY) et les réactifs utilisés	51
Figure22	Dosage de Sulfate (SO_4^{2-})	52
Figure23	Dosage du chlore (Cl ⁻)	52
Figure24	Dosage de bicarbonates (HCO ₃ ⁻)	53
Figure25	Réactifs utilisés dans le dosage des nitrates (NO_3^-)	54
Figure26	Spectrophotomètre UV-visible (LANGE DR6000)	54
Figure27	Histogramme du pH des eaux de source embouteillées étudiées	57
Figure28	Histogramme des valeurs de conductivité des eaux de source analysée et la valeur de normes algériennes et européennes	58
Figure29	Histogramme des valeurs de TDS des eaux de source analysée et la valeur de normes algériennes	59
Figure30	Histogramme des valeurs de minéralisation des eaux de sources analysée	60
Figure31	Histogramme des valeurs de salinité des eaux de source analysée	61
Figure32	Histogramme des valeurs de turbidité des eaux de source analysée et la valeur de normes algériennes	61

Figure33	Histogramme des teneurs en Ca^{+2} des eaux de source étudiées	63
Figure34	Histogramme des teneurs en Mg^{+2} des eaux de source étudiées	63
Figure 35	Histogramme des teneurs en K^{+} des eaux de sources étudiées	64
Figure36	les valeurs des nitrites selon les normes algériennes et européennes.	65
Figure37	histogramme de Variation de chlore mg/l des eaux de source étudiées	66
Figure38	histogramme de Variation de sulfate en mg/l des eaux de source étudiées.	66
Figure39	histogramme de Variation de nitrate mg/l des eaux de source étudiées.	67
Figure40	Histogramme de Variation de sodium mg/l des eaux de source étudié	68
Figure41	Histogramme de Variation de bicarbonate mg/l des eaux de source étudiée	68
Figure42	histogramme comparatif entre les paramètres mesurés et les paramètres de l'étiquetage commercial de la marque Ms	69
Figure43	histogramme comparatif entre les paramètres mesurés et les paramètres de l'étiquetage commercial de la marque Mn	70
Figure44	histogramme comparatif entre les paramètres mesurés et les paramètres de l'étiquetage commercial de la marque B	70
Figure45	histogramme comparatif entre les paramètres mesurés et les paramètres de de l'étiquetage commerciale de la marque Ich	71
Figure46	histogramme comparatif entre les paramètres mesurés et les paramètres de l'étiquetage commercial de la marque S	72
Figure 47	histogramme comparatif entre les paramètres mesurés et les paramètres de l'étiquetage commercial de la marque Ov	72

Liste des abréviations :

EMN : Eaux minérales naturelles

NA : Normes Algériennes.

EDCH : l'eau destinée à la consommation humaine.

SNEM : la société nationale des eaux minérale.

ISO : l'Organisation international de normalisation.

JORADP : Journal officiel de la république Algérienne démocratique et populaire.

ADE : Algérienne des eaux.

DLUO : date limite d'utilisation optimale

PET: Polytéréphtalate d'éthylène

HACCP: Hazard Analysis Critical Control Point

CE : Conductivité.

S : Solution.

TDS : Solides dissous totaux.

TGEA: Tryptone glucose extract agar.

V : Volume.

UV : ultraviolet.

EDTA : acide éthylène diamine tétra-acétique.

CL⁻ : L'ion chlorure.

CO₂ : Dioxyde de carbone.

Fe²⁺ : Cations ferreux.

HCO₃⁻ : l'ion de Bicarbonate.

NH₄⁺: Cations ammonium.

NO₂⁻: Ions nitrite.

NO₃⁻ : Ions nitrate.

PO₄³⁻ : Ions phosphate.

SO₄²⁻ : Ions sulfates.

CaCO₃ : Carbonate du calcium.

K₂CrO₄ : chromate de potassium.

AgNO₃ : Nitrate d'argent.

H₂SO₄: acide sulfurique.

Na OH : hydroxyde de sodium.

H + : proton (l'ion Hydrogène).

Mg/l : milligramme par litre.

μS/cm: Micro Siemens par centimètre.

g/mol : gramme par mole.

S/cm : Siemens par centimètre.

S/m : siemens par mètre.

g : Le gramme.

g/mol : gramme par mole.

Q S à : quantité suffisante à

Résumé

Les eaux de source et Les eaux minérales ont connu un essor remarquable en Algérie à l'instar du monde entier, avec une consommation annuelle de 60 l/hab./an. Cependant, beaucoup ne font pas de distinction entre ces types d'eau, car la seule préoccupation pour le client semble être qu'elle se présente sous forme de bouteille, donnant l'illusion qu'il s'agit en quelque sorte d'une eau mystique exempte de toute forme de contamination.

Le présent travail consiste l'analyse des caractéristiques physico-chimiques tirées à partir des étiquettes de bouteilles d'eaux de source naturelles présentes actuellement sur le marché Algérien, à travers le calcul des concentrations des ions majeurs puis l'étude de la balance ionique. De plus, il inclut la mise à jour d'une étude précédemment effectuée traitant le même thème afin d'analyser la stabilité des eaux de source étudiées.

Les résultats obtenus sur les de sources ont relevées que la plupart des eaux souterraines en Algérie sont de nature Bicarbonatées-calciques avec quelques-unes étant des eaux sulfatées-calciques.

Mots-clés : Eau de source, Sels minéraux, paramètres physico-chimiques, les normes, santé.

Abstract

Spring waters and mineral waters have experienced remarkable growth in Algeria like the rest of the world, with an annual consumption of 60 l/inhabitant/year. However, many do not distinguish between these types of water, as the only concern for the customer seems to be that it comes in bottle form, giving the illusion that it is somehow mystical water free from any form of contamination.

The present work consists of the analysis of the physicochemical characteristics taken from the labels of natural spring water bottles currently present on the Algerian market, through the calculation of the concentrations of major ions then the study of the ionic balance. In addition, it includes the update of a previously carried out study dealing with the same theme in order to analyze the stability of the spring waters studied.

The results obtained from the sources noted that most of the groundwater in Algeria is of a bicarbonate-calcic nature with some being sulphate-calcic waters.

Key words: Spring waters, major ions, physicochemical parameters, norms, health.

المخلص

شهدت مياه الينابيع والمياه المعدنية نموا ملحوظا في الجزائر مثل بقية دول العالم، حيث يبلغ استهلاكها السنوي 60 لترا للفرد في السنة. و مع ذلك، فإن الكثيرين لا يميزون بين هذه الأنواع من المياه، حيث يبدو أن الهم الوحيد للمستهلك هو أنها تأتي على شكل زجاجة، مما يوهم بأنها مياه باطنية بطريقة أو بأخرى خالية من أي شكل من أشكال التلوث.

يتكون العمل الحالي من تحليل الخصائص الفيزيائية والكيميائية المأخوذة من ملصقات زجاجات مياه الينابيع الطبيعية الموجودة حاليا في السوق الجزائرية، وذلك من خلال حساب تراكيز الأيونات الرئيسية ثم دراسة التوازن الأيوني. بالإضافة إلى ذلك، يتضمن تحديث دراسة سبق أن أجريت حول نفس الموضوع من أجل تحليل استقرار مياه الينابيع المدروسة.

وتشير النتائج المستمدة من المصادر إلى أن معظم المياه الجوفية في الجزائر هي ذات طبيعة بيكربونات الكالسيوم، مع وجود بعض المياه ذات طبيعة كبريتات الكالسيوم.

الكلمات المفتاحية: مياه الينابيع، الأملاح المعدنية، الخصائص الفيزيائية والكيميائية، المعايير، الصحة.

Introduction générale :

De toutes les ressources naturelles, l'eau est sans conteste la plus essentielle et la plus précieuse ; la vie se nourrit de l'eau. Certains organismes, comme les anaérobies, peuvent survivre sans oxygène. Mais aucun organisme ne peut survivre longtemps sans eau (**Abbasi et al., 2012**). L'eau est d'une importance biologique et économique capitale. L'hydrosphère est le fondement de la vie et des équilibres écologiques (**Festy et al., 2003**). Elle est la base de l'activité métabolique et constitue l'essence de la vie de toute la biosphère. L'eau a un rôle de régulation de la température des milieux naturels et des êtres vivants. Son pouvoir de solvant permet à une alimentation humaine, animale et végétale contenant les éléments minéraux indispensables. Elle véhicule éventuellement en même temps des éléments nuisibles tels les minéraux toxiques, les bactéries et les virus (**Zella et Smadhi, 2016**). Dans la nature, il est extrêmement rarissime de trouver une eau pure, elle est constamment associée aux minéraux et par essence elle est naturellement minérale. L'eau et les minéraux représentent le tandem vital pour notre organisme et dont les teneurs distinguent une large gamme de qualité et classes d'eau. La consommation des eaux embouteillées en Algérie connaît une certaine croissance. Entre les eaux minérales et les eaux de sources (**Zella et al., 2024**) ce développement s'est concrétisé par l'implantation de dizaine d'unités d'exploitation et de production à travers l'ensemble du territoire national ; il a été aussi accompagné par une augmentation exceptionnelle de la consommation dont la part par habitant a remarquablement évolué (**Hazzab, 2011**). L'« eau minérale naturelle » se caractérise par une origine souterraine et protégée, par une microbiologie saine (absence de bactérie pathogènes) et par une minéralisation stable, qui peut lui conférer des effets bénéfiques pour la santé. L'« eau de source » présente les mêmes caractéristiques ; hormis la stabilité physico-chimique, qui n'est pas obligatoire et qui ne peut pas prétendre aux effets bénéfiques sur la santé, elle doit respecter les normes de potabilité de l'eau destinée à la consommation humaine (**Blingy et Hartemann, 2004**).

L'objectif de cette étude est de voir la qualité des eaux de sources embouteillées commercialisées dans le marché local à Laghouat. En assurant la conformité aux normes réglementaires internationales et Algérienne.

Les buts envisagés dans ce travail sont :

- La caractérisation physico-chimique des eaux de source embouteillées commercialisées à Laghouat en se basant sur les compositions physico-chimiques indiquées dans les étiquettes commerciales.
- Une étude comparative des résultats obtenus de la caractérisation physico-chimique des eaux de source embouteillées avec les normes réglementaires Algérienne et internationale afin de garantir la sécurité des consommateurs.

Cette étude est structurée en deux chapitres, présentés comme suit :

- **Introduction générale** qui décrit le contexte générale, les objectifs visés et la méthodologie utilisées pour atteindre ces objectifs.
- **Historique** qui décrit l'évolution des eaux embouteillées en Algérie.

- **Le premier chapitre** vise à présenter des généralités sur les eaux de source, ainsi que les textes réglementaires Algérienne.
- **Le deuxième chapitre** vise à présenter les caractéristiques physico-chimiques et les normes de qualité des eaux de sources embouteillées.
- Et enfin **une conclusion générale** synthétise les principaux résultats obtenus.

Historique de l'évolution des eaux embouteillées en Algérie

L'intérêt à l'eau minérale est attesté depuis l'époque romaine, évoqué par Hanriot M et Colliffe J ayant répertorié et caractérisé de nombreuses sources froides et chaudes concentrées dans les zones volcaniques du nord du pays. (Zella et al., 2024)

➤ durant le début de la période de colonisation de l'Algérie :

Dans une étude qu'il a publiée il y'a plus d'un siècle, Colliffe met en valeur les vertus et les qualités des eaux thermo minérales explorées durant le début de la période de colonisation de l'Algérie. C'est ainsi que quarante-huit espèces d'eaux froides et chaudes naturelles ferrugineuses, acidulées, salines et sulfureuses ont été présentées. Dans ses travaux, l'auteur indique que les ruines trouvées sur de nombreux sites des sources de ces eaux, notamment celles qui sont chaudes, de notent l'importance d'anciens établissements, sans doute d'origine romaine. Plus tard, une étude de caractérisation physico-chimique des eaux de plus de soixante sources froides et chaudes en Algérie, a été présentée par Hanriot et complété par Guigue (Hanriot, 1911 ; Guigue, 1947) (Hazzab, 2011).

➤ A l'indépendance :

L'Algérie a hérité du patrimoine des eaux minérales destinées à la boisson qu'elle a nationalisé en 1966 sous la bannière de la société nationale des eaux minérale (SNEM), commercialisant quelques marques comme Mouzaia, Batna, Saida et Ben Haroun. Cette liste a été étendue par la suite à celle d'El Goléa, de Mostaganem, de Hammamet et de Djemorah. Dans les années 1990, la SNEM est dissoute, remplacée par une centaine d'entreprises privées spécialisées dans de production et la commercialisation des eaux minérales. (Zella et al., 2024). L'ensemble de ces études relève l'importance qui a toujours été accordée aux eaux minérales en Algérie.

➤ Durant la période postindépendance 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. La première période est celle de l'industrialisation, suivie par la restructuration et enfin de la phase de libéralisation et d'adaptation à l'économie de marché. Cette phase a été caractérisée par la mise en place des premières structures de production des eaux minérales embouteillées (Hazzab,2011). Depuis une vingtaine d'année, le marché des eaux embouteillées connaît une forte croissance ; ce développement s'est concrétisé par l'implantation de dizaine d'unité d'exploitation et de production à travers l'ensemble du territoire national ; il a été aussi accompagné par une augmentation exceptionnelle de la consommation dont la part par habitant a remarquablement évolué (Hazzab, 2011 ; Sekiou et Kellil, 2014).

Chapitre I

Généralité sur l'eau

I.1. Définition de l'eau :

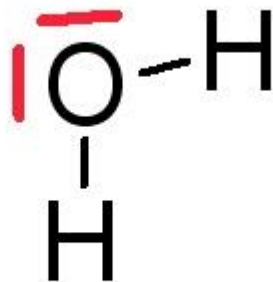
C'est une Substance naturelle, souvent liquide et inodore, incolore, et sans saveur à l'état pur, de formule chimique H₂O, et peut se trouver dans les trois états de la matière (solide, liquide, ou gazeux), l'eau est l'un des agents ionisants les plus connus, on l'appelle fréquemment le solvant universel Encyclopédie. (2006).

L'eau peut être classée en deux types : les eaux souterraines et les eaux de surface, ces dernières peuvent se trouver en stocks naturels (lacs) ou artificiels (barrages). Les propriétés chimiques de ces eaux dépendent de la nature des terrains traversés par l'eau durant son parcours

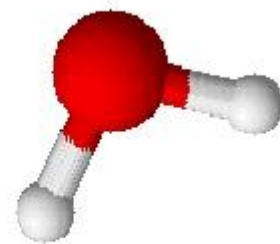
I.2. Structure de molécule de l'eau :

Signale que l'eau est un corps composé, constitué des éléments oxygène et hydrogène. La composition chimique et la masse molaire de l'eau ne peuvent pas expliquer ses propriétés spécifiques : Selon le même auteur les caractéristiques géométriques de l'eau sont :

- La molécule H-OH est coudée
- L'angle de la valence de 105°
- Distance internucléaire H-O=0,958Å. OUALI (2001)



Représentation de Lewis



Modèle 3d

Figure01 : structure de la molécule d'eau (Plateforme ACCES , 2020)

I.3.1. l'importance de l'eau :

L'eau est l'une des choses les plus importantes sur terre. Chaque être vivant a besoin d'eau pour sa survie. Sans eau, les plantes, les animaux, tout, périrait. Nos corps sont composés d'environ 75% d'eau. Donc, nous marchons littéralement avec des sacs d'eau. L'eau permet à notre sang de circuler à travers les vaisseaux sanguins, fournissant ainsi au corps des nutriments essentiels. L'eau permet également d'éliminer les déchets du corps via le système excréteur. Notre besoin d'eau devient très apparent quand nous avons soif. Le goût de l'eau qui coule dans la gorge est quelque chose auquel nous prenons tellement de plaisir. Nous buvons des verres de ce précieux liquide transparent tous les jours. C'est vital pour notre vie. (Boulaich, 2023)

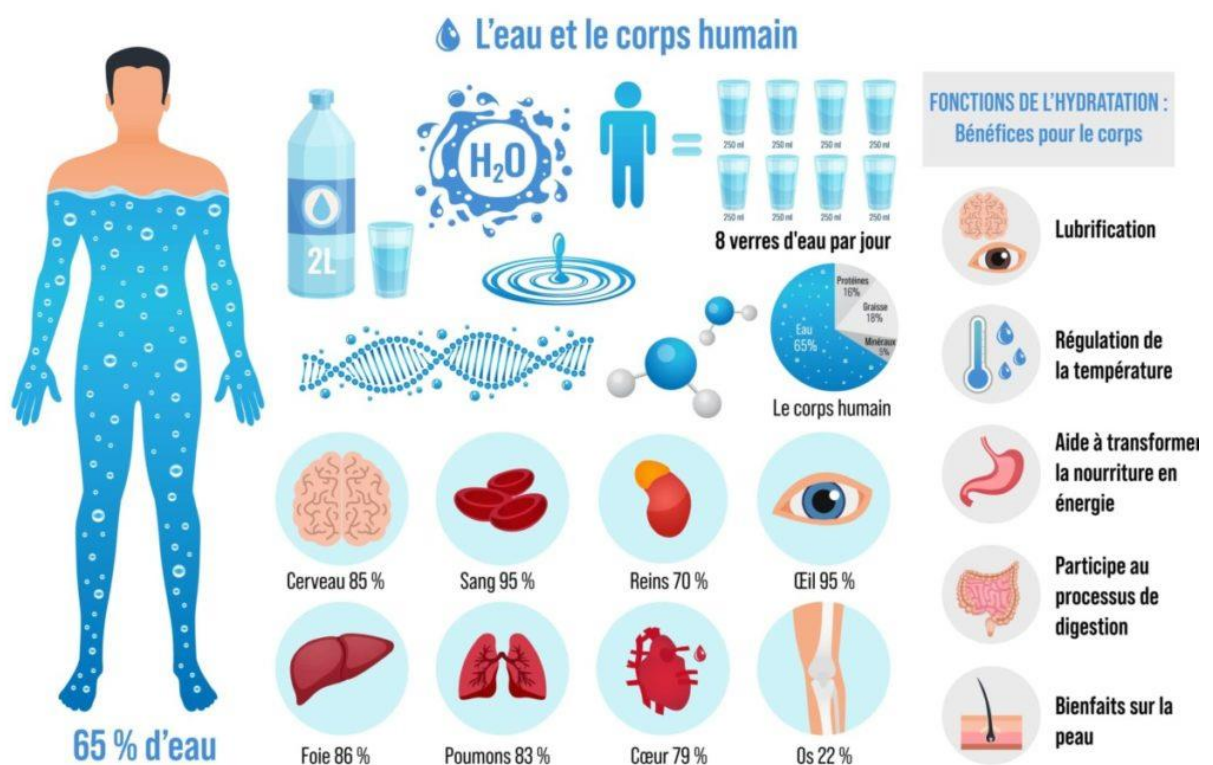


Figure 02: répartition de l'eau dans le corps humain (Omijo, 2015)

I.3.2. Importance de l'eau embouteillée :

L'eau embouteillée répond à une attente du consommateur ; elle joue un rôle essentiel dans l'hydratation ; elle est également un aliment acalorique. Cet aliment peut donc devenir un support intéressant dans un régime alimentaire pauvre en calories : il permet l'apport de certains minéraux grâce à la biodisponibilité des minéraux dissous, comme le calcium et le magnésium. (Uwamungu, J., Jiang, Y., 2010).

I.4. 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. (Zarrabi.P, 2001)

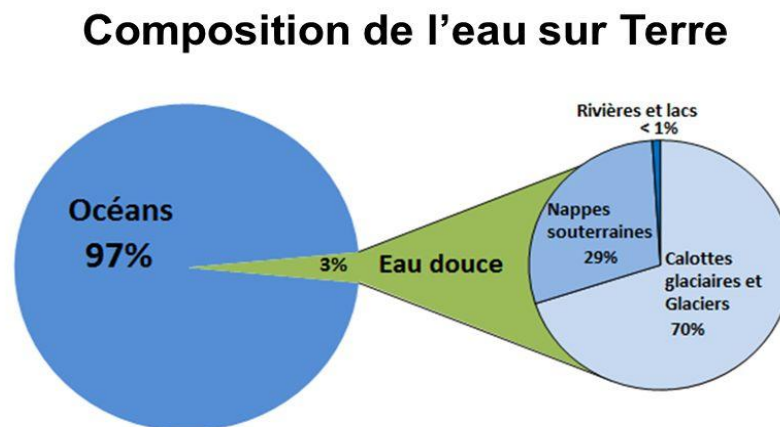


Figure03 : composition de l'eau sur terre (mauricettesimon, 2017)

I.5. Ressources d'eau douce par habitant dans le monde :

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 (Roignant F, 2007)

- 9 pays se partagent 60 % des réserves mondiales d'eau :
- ✓ 80 pays souffrent de pénuries ponctuelles
- ✓ 28 pays souffrent de pénuries régulières

- ✓ 1,5 milliards d'habitants n'ont pas accès à l'eau potable
- ✓ 2 milliards d'habitants sont privés d'installations sanitaires
- ✓ 1,6 million d'enfants meurent chaque année de diarrhée, due principalement à la mauvaise qualité de l'eau et au manque d'assainissement (Activ-eau, 1998)

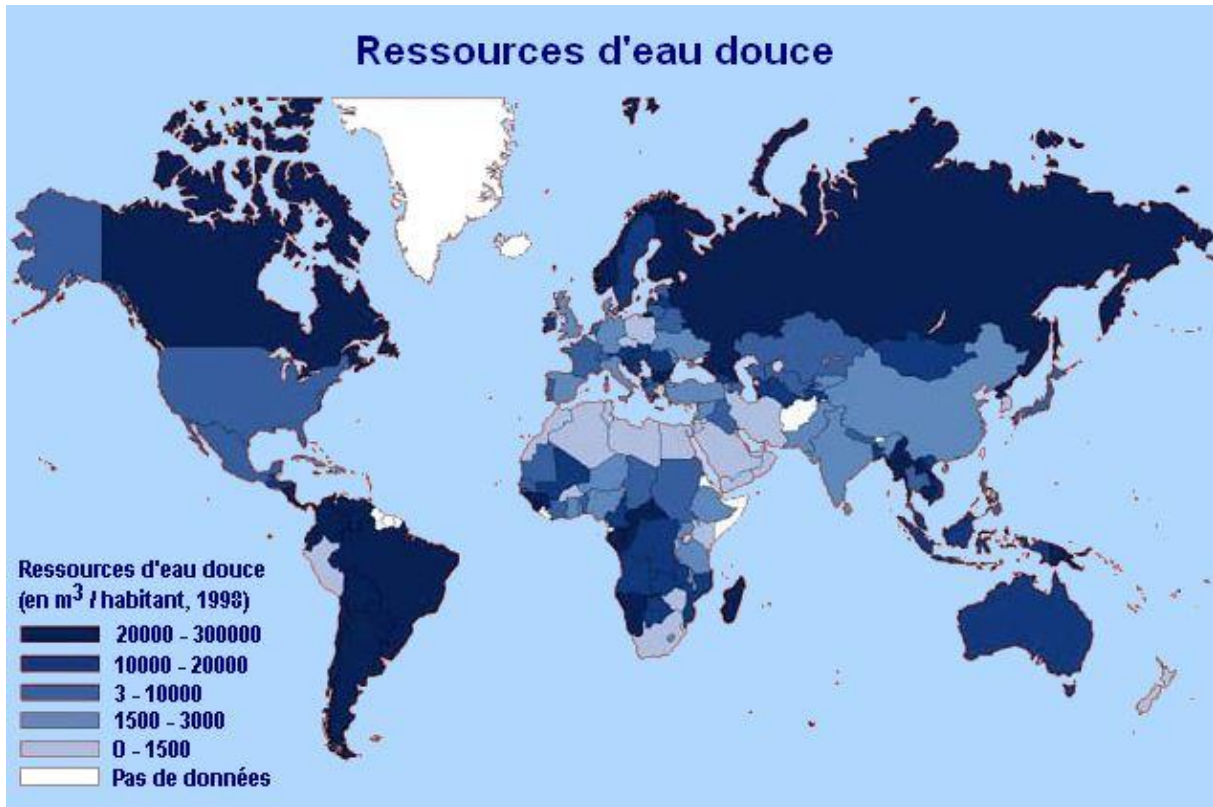


Figure 04 : Ressources d'eau douce par habitant dans le monde (Activ-eau, 1998)

I.6. Provenance de l'eau

Il y'a quatre sources principales d'eau, selon (*Desjardins ,1988*)

- les eaux de pluies
- les eaux de surface :
- les eaux souterraines :
- les eaux océaniques

Les eaux de surfaces et souterraines sont les plus utilisé dans l'alimentation humaine et les besoins industriels.

I.7. cycle de l'eau :

L'évaporation qui s'effectue au-dessus des océans, grâce à l'énergie solaire, conduit à la formation de nuage, les quels, poussés par les vents, se résolvant en pluie ou en neige à la faveur d'une variation de température donnant lieu à ce que l'on appelle les précipitations atmosphériques. Sur les continents, l'eau ainsi tombée à des destinées diverses, une partie s'évapore une autre ruisselle, une autre s'infiltré. Ces manifestations se produisent suivant de proportions variables où interviennent la topographie, la constitution géologique du sol, le climat, la température..etc. Finalement, tous les eaux retournent à la mer par un système d'hydrographie de surface ou souterraine plus ou moins complexe (DUPONT, 1981).

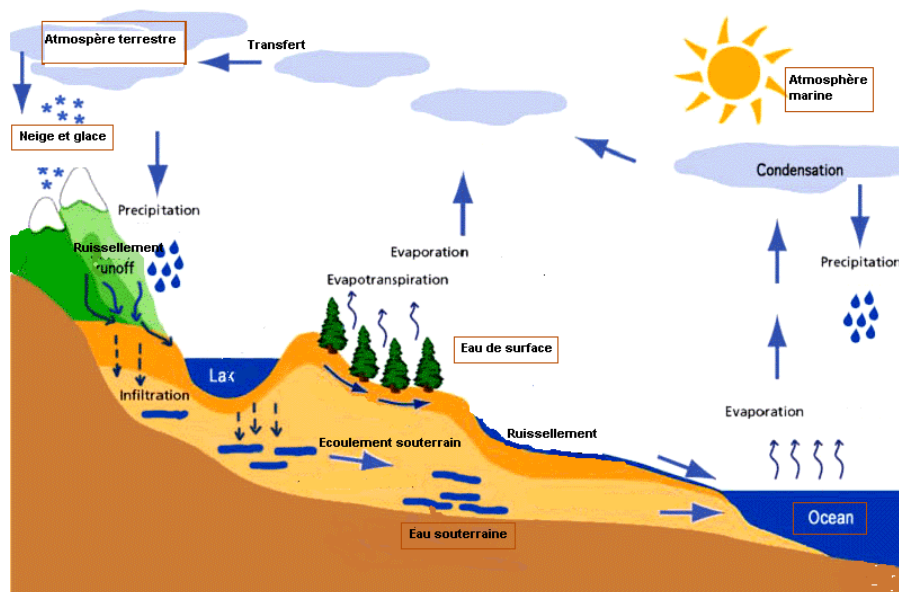


Figure 05: le cycle naturel de l'eau (Josée Broussaud, 2008)

II. les propriétés physico-chimiques de l'eau :

L'eau peut se trouver sous trois états : liquide, solide et gazeux. Seul ce dernier état correspond exactement à la formule classique de la molécule d'eau H_2O . Les deux autres, liquide et solide, sont plus compliqués, et c'est cette complexité qui leur confère leurs propriétés exceptionnelles.

II.1. Propriétés chimiques :

L'eau est une substance qui a une forte propension à dissoudre d'autres éléments. De ce fait, elle peut attaquer les parois d'un récipient qui la contient, sculpter des paysages. Elle peut aussi dissoudre des gaz présents dans l'air comme le gaz

carbonique ou l'oxygène (oxygène dissous). L'eau contenue dans le corps humain sert de support à la multitude de réactions et d'échanges qui sont nécessaires à la vie.

L'eau vraiment pure n'existe pas. La définition de l'eau pure diffère suivant les usages que l'on veut en faire. Ainsi, un buveur d'eau n'aura pas les mêmes critères d'appréciation qu'un chimiste. Le premier voudra une eau débarrassée des germes mais pas des sels minéraux sans laquelle elle serait imbuvable. Le second cherchera à la débarrasser de ses cations et de ses anions mais ne se préoccupera pas de la présence de matières organiques.

La première opération chimique réalisable avec l'eau est sa dissociation en protons H^+ et en ions hydroxydes OH^- . La répartition entre les deux se mesure avec le pH (potentiel hydrogène). L'échelle va de 0 à 14 : plus on se rapproche de 0, plus l'eau est acide, plus on se rapproche de 14, plus elle est basique. L'eau est neutre lorsque son pH est à 7. L'eau joue un rôle très important dans toutes les réactions chimiques qui impliquent des matières chargées électriquement.

Outre ses qualités chimiques propres, l'eau est un excellent véhicule, notamment pour les agents agressifs comme les acides ou le gaz carbonique. Le gaz carbonique dans l'eau se transforme en un acide faible qui dissout, entre autres, le calcaire. Cependant, une élévation de température ou une aération de l'eau précipite le calcaire sous forme de tartre. De la même façon, l'eau des océans régule la teneur en gaz carbonique de l'atmosphère.

II.2. Propriétés physiques :

Une des propriétés physiques les plus particulières de l'eau est que, lorsqu'elle gèle dans les lacs, les rivières..., elle ne commence pas à geler par le fond mais par la surface. C'est dû au fait que la glace est plus légère que l'eau. L'eau augmente de volume en se solidifiant, sa densité va donc être moindre.

La densité est le rapport de la masse par rapport au volume :

- densité de la glace : $0,920 \text{ g/cm}^3$
- densité de l'eau : $0,997 \text{ g/cm}^3$.

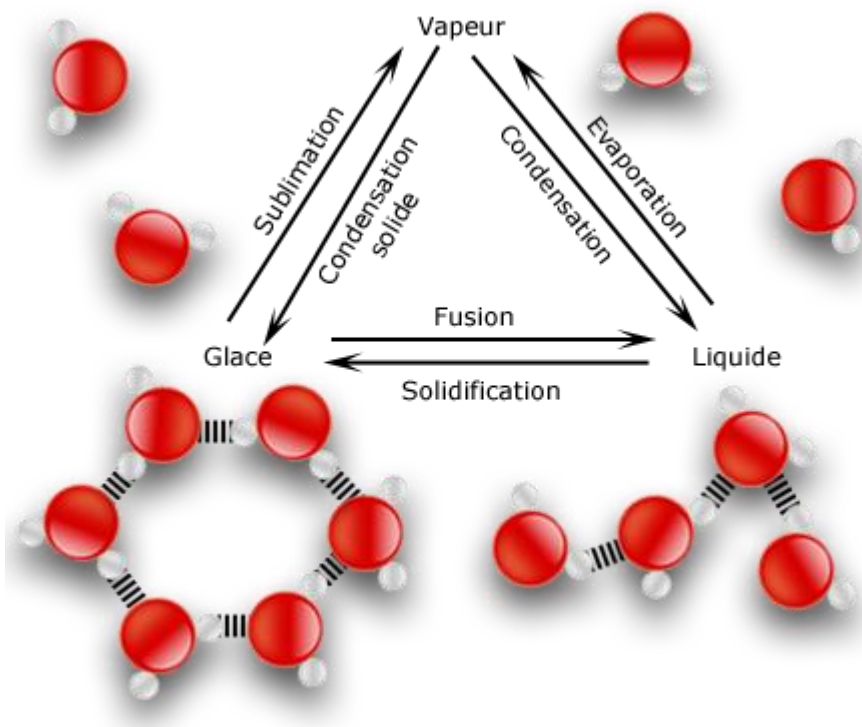


Figure 06 : Le passage des états de l'eau : liquide, vapeur, solide (écoles de pêche, 2010)

Ainsi, la glace va flotter à la surface de l'eau. On peut observer ce phénomène en mettant des glaçons dans un verre d'eau, on constatera que les glaçons remontent automatiquement vers la surface. Le coefficient de compressibilité isotherme est petit mais suffisant pour abaisser le niveau des mers de 40 mètres. En conséquence, lorsqu'il y a de grandes décompressions atmosphériques, liées à des tempêtes, le niveau des mers remonte. La tension superficielle est aussi très élevée, ce qui permet à l'eau de s'insérer partout, dans les crevasses, les rochers... et ainsi, lorsqu'elle gèle, de faire éclater les rochers. L'eau tient une part importante dans le modelage de nos paysages. (Philippe Beaulieu, 2008)

II. Généralité sur l'eau de source et l'eau minérales naturelles :

II.1. Eau 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

II.2. 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. 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)

II.3. Les types des sources d'eau :

Les sources se définissent comme des sorties naturelles d'eau souterraine ayant un écoulement visible, elles se classent en trois catégories (Vilagines., 2010).

II.3.1. Sources de déversent : Elles se définissent comme des sources issues d'un aquifère recoupé par la surface topographique et dont le substratum affleure, elles sont caractérisées par leurs débits qui sont pratiquement constants et leurs points d'émergences fixes (Vilagines., 2010).

II.3.2. Sources d'émergence : Elles se définissent comme des sources à l'intersection de la surface piézométrique d'un aquifère qui n'affleure pas (Vilagines., 2010).

II.3.3. Exutoires par fractures : Ils se définissent comme des sources issues de l'intersection de fractures du sous-sol (failles et diaclases) avec la surface topographique. Elles apparaissent surtout dans des terrains calcaires ou cristallins. Les sources thermo-minérales appartiennent à cette catégorie (Vilagines., 2010).

II.4. Comparaison entre les eaux minérales et les eaux de sources

Les eaux minérales et de source ne constituent pas une catégorie géologiquement clairement distincte des autres eaux souterraines; elles possèdent en revanche une définition légale, et non pas technique. Une eau dite «de source» est une eau souterraine captée dans une source ou un forage, et dont la composition chimique et bactériologique soit telle qu'elle satisfasse aux normes de potabilité sans aucun traitement. Elles sont le plus souvent distribuées en bouteilles (verre, plastique, carton) ou dans certains pays en conteneurs de 5 litres. Tout au plus peuvent-elles subir un traitement d'aération et de filtration pour éliminer les éléments « instables », c'est-à-dire en général quelques gaz et le fer ou le manganèse en solution, qui précipitent lors de l'aération.: G. de Marsily (1995) sur la base de ce qui a précédé on peut faire une simple comparaison entre l'eau minérale et l'eau de source (tableau1), et c'est ce que nous voulons souligner dans ce modeste travail, en se basons sur l'étude des compositions de ces deux types d'eau. Tableau Principales différences entre les eaux minérales et les eaux de source.

Tableau01 : comparaison entre l'eau de source et l'eau minérale naturelle (CSEM, 2008)

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

La figure 07 donne la répartition géographique de l'ensemble de ces sites en Algérie. Cette répartition est naturellement non homogène, répondant ainsi aux disponibilités qu'offre la nature hydrogéologique des différentes régions de l'Algérie. Ainsi, cette répartition indique que le bassin hydrographique de Chelif-Zahrez est dépourvu de sites d'eaux minérales, contrairement aux deux bassins Algérois-Hodna-Soummam et Constantinois-Seybousse-Mellegue, qui sont caractérisés par un maximum des sites implantés. Vingt-sept pour cent des sites des eaux minérales se trouvent dans le bassin Algérois-Hodna-Soummam et 36 % dans le bassin Constantinois-Seybousse-Mellegue.

Pour les eaux de sources, la même remarque semble pouvoir être faite avec une légère différence liée au fait que le bassin hydrographique de Chelif-Zahrez abrite le site de la source Et jar de Tiaret. Le maximum des sources est observé au niveau du bassin Algérois-Hodna-Soummam (53 %). Mais c'est entre le nord et le sud que la répartition des sites des eaux minérales et des eaux de sources semble être plus contrastée. Pour l'ensemble des sites, 88 % se trouvent localisés dans le nord. Cette répartition semble être liée à la présence de la population et à la demande de la consommation. En effet, sur une population recensée en 2004, 89 % se trouvait dans les régions du Nord de l'Algérie. Sur le plan de la distribution, 24 % des entreprises de l'eau embouteillée couvrent l'ensemble de l'Algérie, 13 % rayonnent sur une région et 63 % distribuent leurs produits localement. (Hazzab a, 2011)

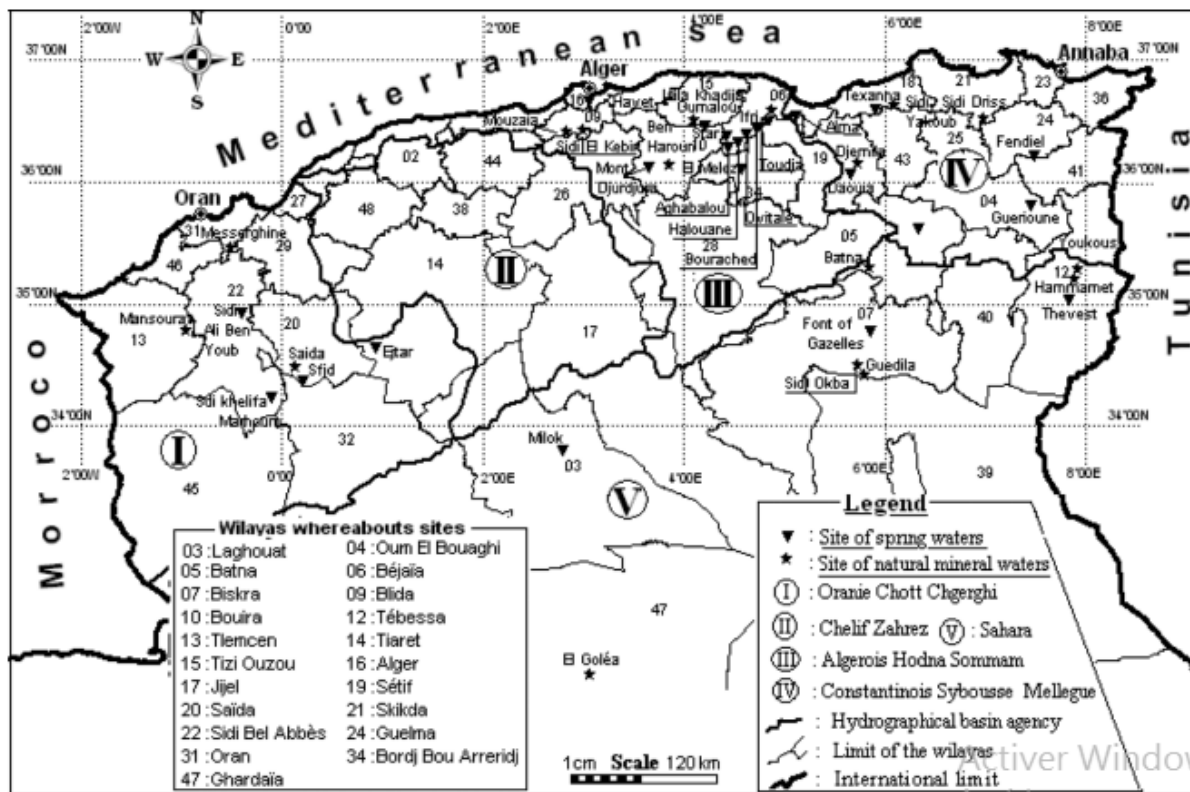


Figure 07 : Répartition des sites des eaux minérales naturelles et des eaux de sources en Algérie (Hazzab, 2011)

II.5. Classification des eaux minérales naturelles et des eaux de sources :

Les eaux minérales naturelles et les eaux de source sont classées en :

II.5.1. Eau minérale naturelle naturellement gazeuse :

Une eau minérale naturelle naturellement gazeuse est une eau minérale naturelle dont la teneur en gaz carbonique est, après traitement éventuel, réincorporation éventuelle du gaz et conditionnement, compte tenu des tolérances techniques usuelles, 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. (Codex, 1981)

II.5.2. Eau minérale naturelle non gazeuse :

L'eau minérale naturelle non gazeuse est une eau minérale naturelle qui, à l'état naturel et après traitement éventuel, ne contient pas de gaz carbonique libre en proportion supérieure à la quantité nécessaire pour maintenir dissous les sels hydrogéné-carbonatés présents dans l'eau. (JORADP, 2004)

II.5.3. Eau minérale naturelle dé-gazéifiée :

Eau minérale naturelle dé-gazéifiée Une eau minérale naturelle dé-gazéifiée est une eau minérale naturelle dont la teneur en gaz carbonique, après traitement éventuel et conditionnement, 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. (Codex, 1981)

II.5.4. Eau minérale naturelle renforcée au gaz carbonique de la source :

L'eau minérale naturelle renforcée au gaz carbonique de la source est une eau minérale naturelle dont la teneur en gaz carbonique, après traitement éventuel et conditionnement, n'est pas la même qu'à l'émergence et qui fait l'objet d'adjonction en gaz carbonique émanant de la source. (JORADP, 2004)

II.5.5. Eau minérale naturelle gazéifiée :

Bau minérale naturelle gazéifiée Une eau minérale naturelle gazéifiée est une eau minérale naturelle rendue gazeuse, par addition de gaz carbonique d'autre provenance.

- Eau de source:
- Eau de source gazéifiée :

L'eau de source gazéifiée désigne une eau de source qui, est rendue effervescente par addition de gaz carbonique (JORADP, 2004)

II.6. PARAMETRES CARACTERISTIQUES DE LA QUALITE DES EAUX :

Les qualités admises d'une eau d'alimentation impliquent la garantie de son innocuité vis à-vis de l'homme qui est appelé à la consommer. Une eau potable doit présenter un certain nombre de caractères physiques, chimiques et biologiques et répondre, à certains critères essentiels (incolore, insipide, inodore...) appréciés par le consommateur. Toutefois, ses qualités ne peuvent pas se définir dans l'absolu, ni d'une manière inconditionnelle. L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a édicté des normes internationales pour l'eau de boisson (a.Khadraoui, s .Taleb, 2008).

II.7. les réglementations applicables à l'exploitation des eaux embouteillées en Algérie :

Caractérisée par quelques imperfections et une situation de pseudo vide-juridique pour un traitement spécifique recommandé, la législation appliquée en Algérie jusqu'à juillet 2004, en matière d'exploitation et de production des eaux conditionnées, a engendré une situation de non contrôle et de confusion, notamment en matière de qualité. Cette situation a poussé les pouvoirs publics à adopter une série de textes relatifs à l'exploitation et à la protection des eaux minérales naturelles et des eaux de sources embouteillées. Ces textes reflètent bien la volonté des pouvoirs publics de concrétiser la mise à niveau de l'ensemble du dispositif

réglementaire aux normes internationales (Hazzab, 2011). Plus de détails sont dans l'**Annexe 03**

Tableau02 : Valeur maximale admissible selon les normes de qualité Algérienne (JORADP, 2015)

Caractéristiques physico-chimiques	Symbole	Unités	Normes Algérienne (JORADP N°3, 2015)
pH	-	-	6,5-8,5
Conductivité à 20°C	-	µS/cm	2800
Chlorures	Cl	mg/l	200-500
Sulfates	SO ₄	mg/l	200-400
Magnésium	Mg	mg/l	150
Sodium	Na	mg/l	200
Potassium	K	mg/l	20
Calcium	Ca	mg/l	75-200
Substances indésirables			
Nitrates	NO₃	mg/l	50
Nitrites	NO₂	mg/l	0,1

Un protocole de surveillance des eaux de sources est exigé, règlementé et contrôlé (Décret exécutif no 04-196 du 15 juillet 2004). Ce protocole a pour objet le contrôle de la stabilité et de la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux ainsi que des installations destinées au captage et au conditionnement de ces eaux (Hazzab a et b, 2011).

La stabilité de ses caractéristiques chimiques, et de sa température à l'émergence qui n'est pas affectée par le débit de l'eau prélevée la différence même des eaux de source pour lesquelles la composition peut varier en fonction des fluctuations naturelles (JORADP, 2004).

Tableau 03 : Caractéristiques de qualité d'une eau de source (JORADP, 2000)

Caractéristiques physico-chimiques :

• PH	Unité PH	6,5 à 8,5
• Conductivité (à 20° C)	u s /cm	au maximum 2.800
• Dureté	mg/l de Ca CO ₃	100 à 500
• Chlorures	mg/l (Cl)	200 à 500
• Sulfates	mg/l (SO ₄)	200 à 400
• Calcium	mg/l (Ca)	75 à 200
• Magnésium	mg/l (Mg)	150
• Sodium	mg/l (Na)	200
• Potassium	mg/l (K)	20

Caractéristiques concernant les éléments indésirables :

• Nitrates	mg/l de NO ₃	au maximum 50
• Nitrites	mg/l de NO ₂	au maximum 0,1

II.8. Les caractéristiques de l'eau en bouteille :

Les raisons évoquées par les consommateurs pour justifier leur consommation d'eau en bouteille sont multiples :

- Absence de pollution
- Meilleur goût (en particulier absence de goût de chlore)
- Rôle diététique ou thérapeutique
- Aspects pratiques (facilité d'approvisionnement ou de transport) (**Chocat et al., 2015**)

II.9. L'embouteillage des eaux :

Plusieurs étapes sont respectées au niveau du site d'embouteillage (JORADP, 2000 ; Achour T et Abdellaoui M ,2019) (Figure 09) :

1. **Injection de résine de PET** : Les granulés de PET sont transformés en préforme. Le PET est 100 % recyclable et sans bisphénol A.

2. **Soufflage** : une résine PET est étirée et soufflée dans des moules pour prendre la forme des futures bouteilles, adaptée à chaque marque.
3. **Insufflage** : Rincées par injection d'air, les bouteilles sont acheminées en univers stérile.
4. **Remplissage** l'eau est acheminée dans les bouteilles par sou tireuses, sans perte d'eau.
5. **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.
6. **Étiquetage et marquage** : La date limite d'utilisation optimale (DLUO) et le numéro du lot sont marqués au laser afin d'assurer la traçabilité des produits.
7. **Fardelage** : Les bouteilles sont regroupées par 6 ou 8 sous un film d'emballage en PET
8. **Pose de poignée** : Sur les packs sont apposées des poignées pour vous faciliter le transport.
9. **alettisation et houssage** : Placés sur des palettes puis recouverts d'une housse anti-UV imperméable, les packs bénéficient d'une protection optimale pendant le transport et le stockage.
10. **Expédition des palettes**

Les bouteilles en PET :

Le PET, ou poly téréphtalate d'éthylène est le matériau le plus utilisé pour les bouteilles d'eau. Le PET fait suffisamment barrière aux gaz pour conditionner l'eau gazeuse. La bouteille en PET est entièrement recyclable et valorisable (Farch, 2017; Bouhali et al., 2020).

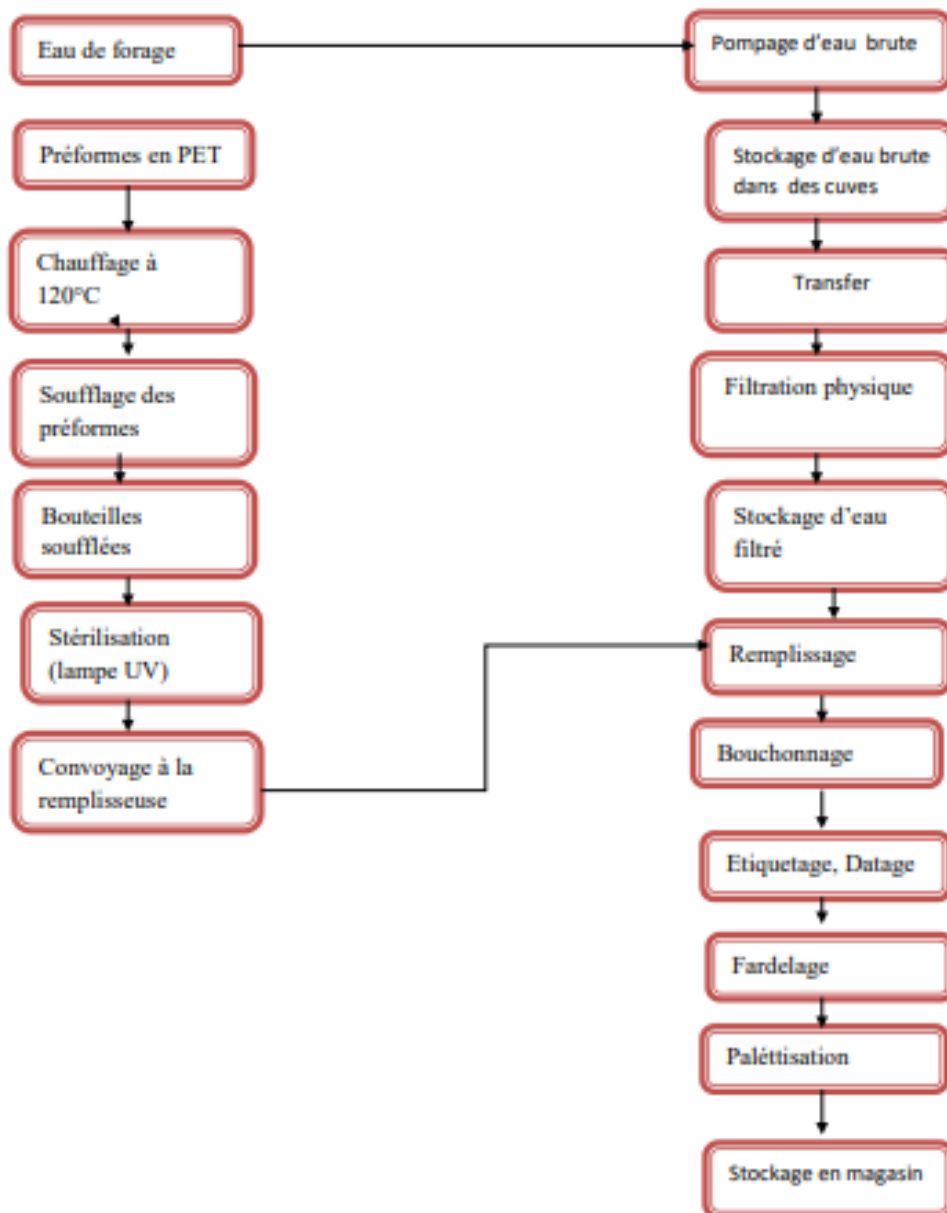


Figure 08 : Processus d’embouteillage de l’eau embouteillée en emballage PET (Medjkoune et Allou, 2019)

Etiquetage :

Les mentions suivantes doivent être indiquées dans l’étiquetage d’eau embouteillées (Farch, 2017) :

- La dénomination de vente, comme par exemple : « Eau minérale Naturelle, Eau de source ».
- Le volume net ;
- La mention « à consommer de préférence avant le : » suivie de la date limite d’utilisation optimale ou de l’indication du lieu où elle est sur l’emballage ;
- Les conditions particulières de conservation et d’utilisation ;
- Le nom et l’adresse du fabricant ou du conditionneur
- Le lot de fabrication ;

- La mention de la composition physico-chimique, précisant les constituants caractéristiques;
- Le lieu où sont exploités la source et le nom de celle-ci ;
- L'indication des traitements éventuels

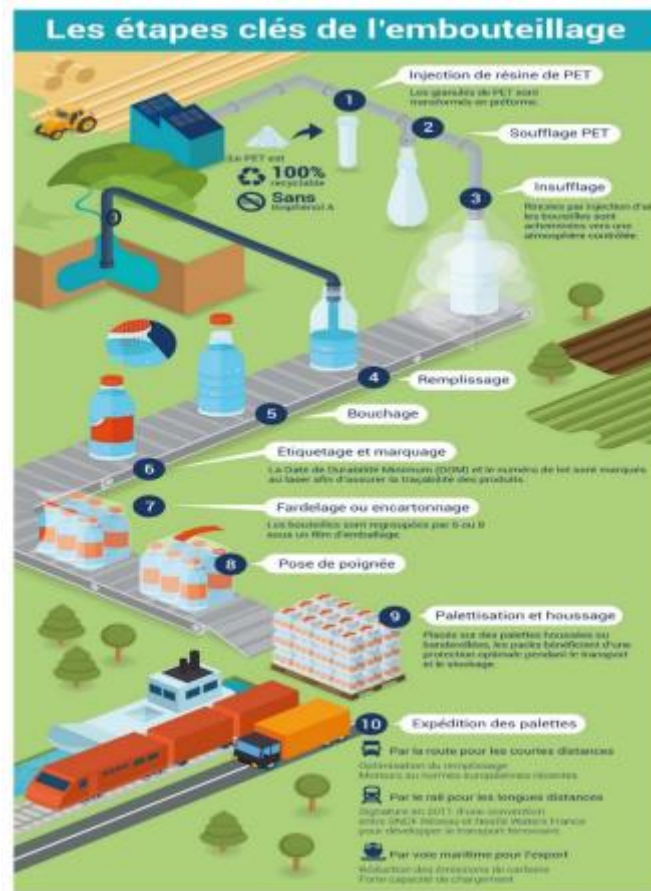


Figure09: Les étapes de l'embouteillage dans les unités de production des eaux embouteillées (Medfouni, 2019)

II.10. Maladies à transmission hydrique :

L'eau, l'hygiène et l'assainissement ont d'importantes répercussions tant sur la santé que les maladies. Parmi les maladies liées à l'eau on retrouve :

- Les maladies provoquées par la présence de micro-organismes et d'agents chimiques dans l'eau de boisson
- Celles comme la schistosomiase dont les larves se développent dans des gastéropodes d'eau douce ou encore
- Le paludisme véhiculé par des moustiques qui se reproduisent en eau douce ou saumâtre.
- Des maladies comme la légionellose véhiculée par des aérosols contenant des microorganismes (légionellose, par exemple).

- Celles imputables à l'ingestion d'eau contaminée par des micro-organismes et des produits chimiques (par exemple, la diarrhée, l'arsenicisme ou la fluorose) ;
- Celles dont une partie du cycle de vie est subaquatique, comme la schistosomiase ; celles résultant directement de la mauvaise qualité de l'assainissement et de l'hygiène, comme les géo helminthiases
- Celles impliquant des vecteurs hydriques, comme le paludisme ou la dengue (OMS/WHO ; 2017)

II.11.Traitement des eaux :

La moitié des eaux souterraines que nous consommons n'a besoin d'aucun traitement: Concernant le volume d'approvisionnement national en eau potable, celui-ci a atteint 3.6 mds m³ en 2021 dont un taux de 50% issu des nappes phréatiques, 33% des eaux de surface et 17% du dessalement de l'eau de mer (APS, 2022).L'eau des lacs doit toujours être traitée en plusieurs étapes pour atteindre la qualité requise d'une eau potable. Tandis que la moitié des eaux souterraines peuvent être distribuées telles quelles, avec une qualité égale à celle de l'eau minérale en bouteilles. L'autre moitié doit être traitée, en une ou plusieurs opérations. (OFEV.2003)

L'eau potable mise en bouteille doit être propre et ne pas contenir de microorganismes pathogènes (mais ce n'est pas une eau stérile, elle contient des bactéries). Dans la plupart des cas, il s'agit d'eau de source ou d'eau minérale (ou de diverses origines) traitée afin d'être consommable. Cette eau subit en principe un traitement supplémentaire, avant d'être mise en bouteille.

L'eau peut alors subir un traitement au moyen d'une unité à osmose inverse, ou un filtrage afin de supprimer les ions manganèse notamment. Dans la majorité des cas, l'eau doit également subir un traitement de désinfection additionnel, comme l'ozonation.

La propreté de l'eau dépend étroitement du lieu de stockage de l'eau, du nettoyage et du rinçage des bouteilles et de la fin de l'opération de remplissage. (gellica,2012). Les différents systèmes de traitement des eaux embouteillées (chocat B, 2017) :

- Générateurs d'ozone.
- Désinfection UV.

Chapitre II

Le contrôle des eaux de sources embouteillées

III.1. Les eaux souterraines :

On entend par « eau souterraine » l'eau qui se trouve sous le niveau du sol et qui remplit soit les fractures du socle rocheux, soit les pores présents dans les milieux granulaires tels que les sables et les graviers. Contrairement à l'eau de surface, l'eau souterraine n'est pas rassemblée comme un ruisseau ou une rivière, mais elle circule en profondeur dans les formations géologiques qui constituent l'espace souterrain (OFEV, 2003)

Le niveau de l'eau souterraine, au-dessous duquel les roches ou sédiments sont saturés, est appelé nappe phréatique. On trouve aussi de l'eau au-dessus de la nappe phréatique, dans la zone non saturée, par exemple sous forme d'eau du sol, mais cette eau n'est normalement pas exploitée par l'homme et on ne la considère pas comme une eau souterraine (figure 10)

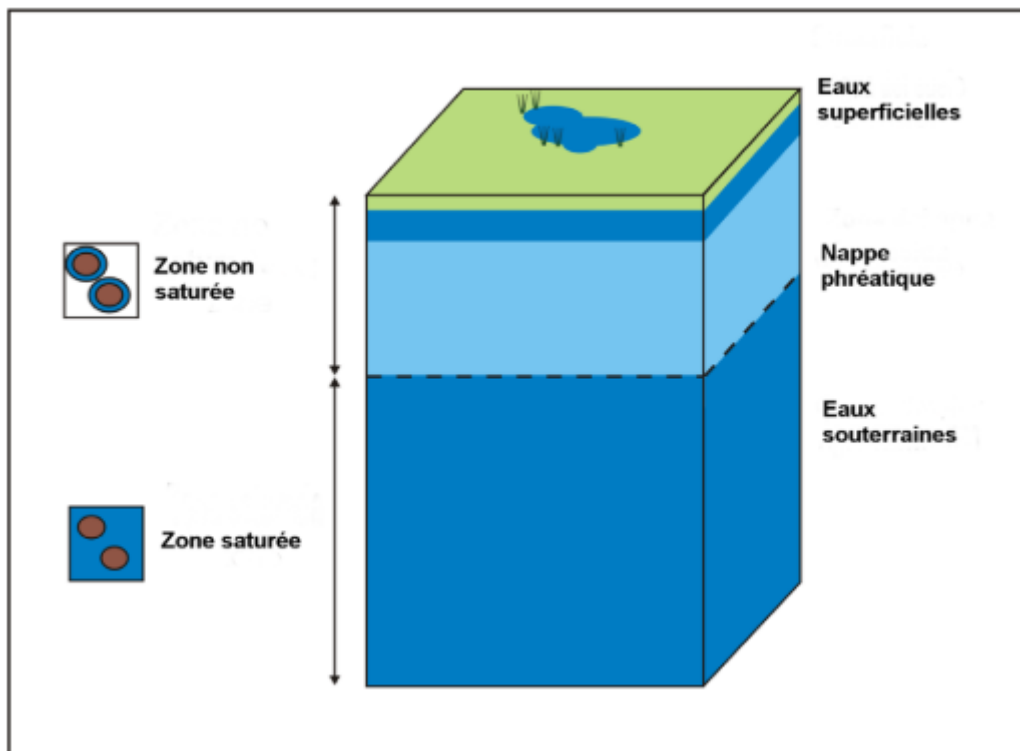


Figure 10 : Présentation des eaux souterraines (RAMSAR, 2010)

III.2. Les nappes (L'aquifère) :

Les nappes phréatiques sont de grandes réserves d'eaux souterraines, présentes à faible profondeur dans le sous-sol. Elles représentent l'une des principales sources d'eau potable.

Une nappe phréatique se présente généralement sous la forme d'un sol poreux saturé en eau, situé au-dessus d'une couche imperméable. La partie supérieure de la nappe, qui n'est pas saturée en eau mais peut le devenir si le volume d'eau augmente, est définie comme la zone vadose. Un peu comme une éponge, les couches géologiques contenant l'eau interstitielle peuvent se remplir ou se vider, en fonction des apports en eau de pluie mais également du pompage et des besoins en eau des populations. (MORGANE.G.2022).

III.2.1. Les types de nappes :

✓ -La nappe profonde :

Se repose sur une couche imperméable plus profonde, elle peut être :

- ✓ **Une nappe libre** : Elle est alors alimentée directement par l'infiltration des eaux de ruissellement. Les eaux de cette nappe ne sont pas maintenues sous pression par un toit moins perméable que la formation qui la contient (Arjen, 2010).
- ✓ **une nappe captive** : Elle est alors séparée de la surface du sol par une couche imperméable. Elle n'est donc pas alimentée directement par le sol et elle se situe à des grandes profondeurs et par conséquent est peu sensible aux pollutions. (Degremont G, 2005).

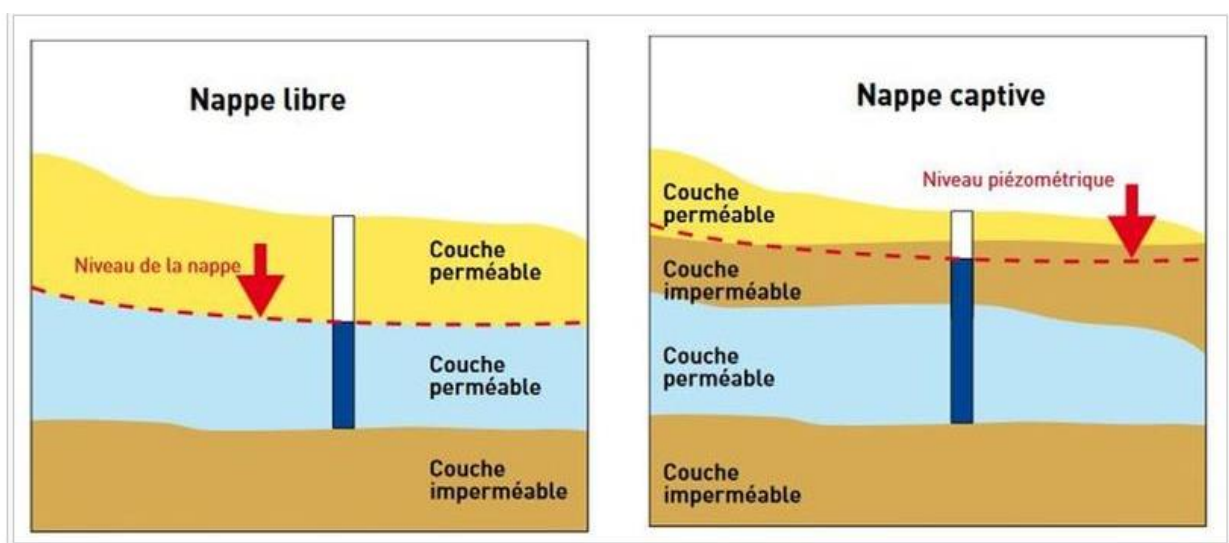


Figure 11: comparaison entre une nappe libre et nappe captive (ZABR : Le Rhône en 100 questions)

L'aquifère superficiel ou nappe phréatique :

L'aquifère le plus haut est appelé 'phréatique'. Une partie de l'eau de pluie s'infiltré dans le sol. Cette eau s'écoule vers le bas et quand elle atteint le niveau de l'eau, elle rejoint cet aquifère. L'eau peut emmener avec elle de la pollution (comme des bactéries ou des pesticides) dans l'eau souterraine. Un aquifère phréatique est donc sujet à des pollutions issues des activités menées à la surface du sol. L'eau souterraine phréatique est située dans une couche perméable au-dessus d'une couche imperméable. Si cette couche d'eau souterraine est épaisse de quelques mètres seulement, elle peut s'assécher pendant la saison sèche, laissant ainsi votre forage vide d'eau. (Arjen ,2010)

-La nappe alluviale

Elle contenue dans les grands épandages de sables, graviers et galets des fleuves et des rivières, la nappe alluviale est le lieu privilégié des échanges avec les cours d'eau et les zones humides. Ce type de nappe peut être réalimenté par les crues et restituer à l'inverse de l'eau dans les cours d'eau en période de sécheresse. (OFEV, 2003).

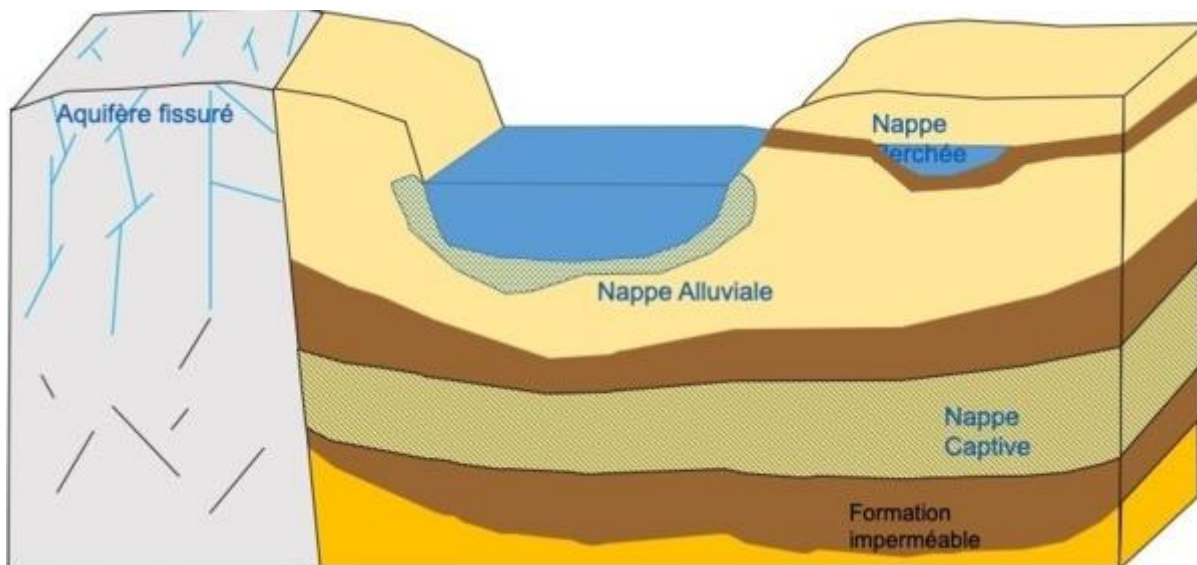


Figure12 : représentation d'une nappe Alluviale (Mechel.K ;2021)

La nappe karstique :

La nappe karstique se rencontre dans les formations calcaires. Les eaux en dissolvant le calcaire à la faveur des fissures préexistantes constituent des vides dans lesquels peuvent s'écouler les eaux. Ces vides peuvent atteindre de grandes dimensions (gouffres,

cavernes). Dans ces conduits les eaux peuvent cheminer rapidement et constituer des cours d'eau souterrains.

Aux points de sortie, les sources présentent des débits souvent variables dans le temps (leur valeur varie parfois de 1 à 100 au cours de l'année) (Mourey et Vernoux, 2000).

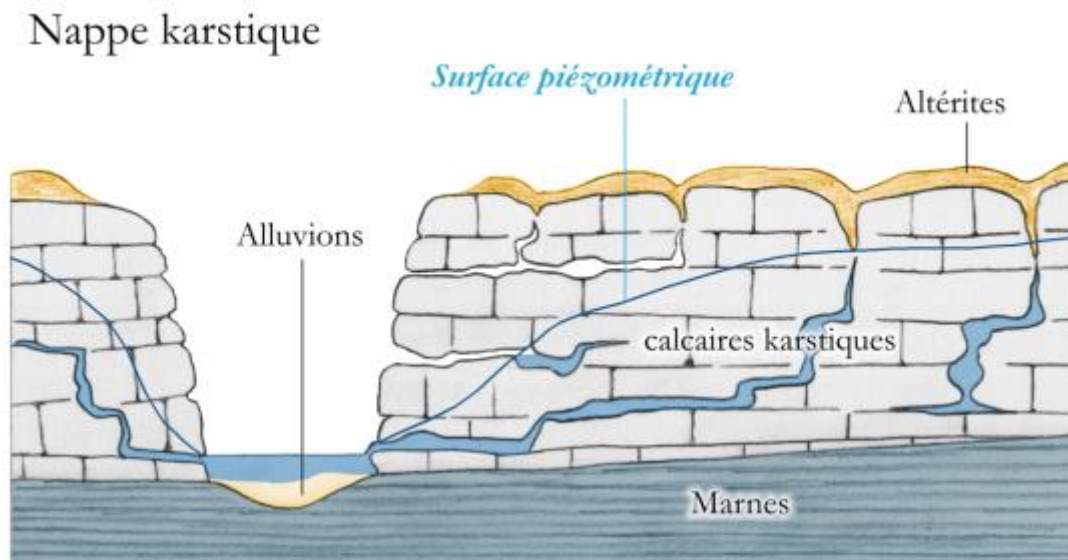


Figure 13 : une nappe karstique (site1)

III.3. La pollution des nappes :

Le compartiment hydrique souterrain ou superficiel est évidemment en contact avec les autres compartiments environnementaux: sol, air et biosphère. Des échanges existent entre ces différents secteurs, en fonction de la nature des contaminants. Notamment, les eaux souterraines sont plus ou moins bien protégées des contaminations des sols, par leur profondeur et, surtout, par la nature géologique des terrains sus-jacents. (Festy.B et al., 2003) Diverses formes de pollution affectent les ressources en eau tels que :

- ✓ **La pollution chimique** est probablement la plus fréquente, très ressentie et très diverse. Il s'agit d'abord de contaminations par des composés inorganiques, par exemple:
 - sodium et chlorures;
 - nitrates, principalement issus des engrais agricoles, d'effluents domestiques et industriels (abattoirs, tanneries). Retrouvés dans de nombreuses ressources souterraines, ils sont dangereux après réduction en nitrites, méthémoglobine et précurseurs de nitrosamines cancérigènes;
 - phosphates, provenant des lessives et des engrais. Ils participent en première ligne au processus d'eutrophisation, phénomène aux conséquences environnementales

(développements algales, notamment en zones estuariennes) et sanitaires (par libération de toxines algales).

- ✓ Certains **polluants atmosphériques** transmis à longue distance (oxydes de soufre et d'azote, ammoniac, en particulier) sont susceptibles de provoquer acidification ou eutrophisation des sols et des eaux.
- ✓ Par ailleurs, **les contaminants organiques** sont potentiellement innombrables: détergents, produits phytosanitaires, solvants, hydrocarbures. Liés aux activités humaines de tous ordres, ils créent des problèmes différents selon leur solubilité, leur rémanence et leur devenir dans les eaux, les sols et la chaîne alimentaire.
- ✓ Enfin, **la pollution microbienne et parasitaire** des eaux est importante. L'essentiel est manifestement d'origine fécale, due aux déjections humaines et animales, au travers des eaux usées plus ou moins bien maîtrisées aux plans technique et sanitaire. De toute façon, les traitements primaires et secondaires des eaux usées n'affectent qu'en partie leur charge microbienne et les boues de traitement sont très contaminées, sauf après traitement approprié. Les facteurs microbiens de pollution des eaux sont des bactéries entéropathogènes (salmonelles, shigelles, E. coli, vibrions cholériques), des virus (entérovirus de type poliovirus, coxsackie et echovirus, virus de l'hépatite A, corona- et rotavirus, virus de Norwalk et assimilés) responsables, selon les cas, de gastro-entérites, hépatites ou syndromes neuro-méningés; ces virus sont, en général, plus persistants dans le milieu et plus résistants aux traitements de désinfection que les bactéries. (**Festy.B et al., 2003**)

III.4.La protection des nappes :

La protection des eaux souterraines contre une détérioration lente de leur qualité est une tâche qui réclame des mesures urgentes et draconiennes. Le cas des eaux minérales et de source est de loin le plus urgent, car d'une part ces eaux sont en général rares, d'autre part il ne peut être question d'en corriger la qualité par traitement, si celle-ci venait à être dégradée. (**G. de Marsily, 1995**) Le périmètre de protection, outil réglementaire rendu obligatoire par la loi de 1992, a pour but principal la lutte contre les pollutions ponctuelles, qu'elles soient chroniques ou accidentelles, en éloignant les sources potentielles de ces pollutions des points de captage. Cette protection d'un captage se compose en fait de trois périmètres-gigognes, déterminés selon les risques de pollution et la vulnérabilité du captage. Les interdictions, prescriptions et recommandations sont proposées en conséquence. (**VERNOUX J.F et BUCHET R, 2010**)

On distingue ainsi :

- un périmètre de protection immédiate autour du point de prélèvement, dont les terrains sont à acquérir en pleine propriété,
- un périmètre de protection rapprochée à l'intérieur duquel peuvent être interdites ou réglementées toutes activités ou installations portant atteinte directement ou non à la qualité des eaux,

- si la situation le nécessite, un périmètre de protection éloignée, à l'intérieur duquel les activités et installations peuvent être réglementées. (VERNOUX J.F et BUCHET.R, 2010)

III.5.La flore naturelle de l'eau minérale naturelle et l'eau de source :

Une vie microbienne existe dans toutes les eaux souterraines, aussi profondes et bien protégées qu'elles soient. Les eaux minérales naturelles et les eaux de source ne sont donc pas stériles, mais sont exemptes de microorganismes pathogènes (H. Leclerc, A. Moreau, 2002). La directive européenne 80/777/CEE précise qu'« à l'émergence, la teneur totale en microorganismes « revivifiables » d'une eau minérale naturelle doit être conforme à son « microbisme » normal et témoigner d'une protection efficace de la source contre toute contamination. » L'analyse microbiologique des eaux minérales naturelles a toujours révélé, à l'émergence, la présence de quelques bactéries cultivables « natives », « autochtones ». La présence de cette flore normale dans une eau conditionnée constitue donc la garantie de son caractère naturel ; elle n'a pas été désinfectée ; les traceurs d'une éventuelle contamination n'ont pas été masqués. Il a été montré que ces bactéries étaient considérées comme des composants inertes pour un organisme ingérant, tel que celui de l'homme. Ces bactéries ne sont pas pathogènes, comme l'ont montré plusieurs essais sur animaux axéniques (sans flore digestive). En revanche, il est bien évident que tout microorganisme pathogène doit être absent d'une eau minérale naturelle ou d'une eau de source, et que cette absence ne peut provenir d'un traitement de désinfection de l'eau, strictement interdit. Cette pureté microbiologique ne peut reposer que sur la qualité de la ressource et de sa protection et celle de l'usine d'embouteillage. (Blingy et Hartemann, 2004)

III.6.La potabilité d'eau :

III.6.1. qu'est-ce que l'eau potable ?

L'eau potable est une eau que l'on peut boire ou utiliser à des fins domestiques et industrielles sans risque pour la santé. Elle peut être distribuée sous forme d'eau en bouteille (eau minérale ou eau de source, eau plate ou eau gazeuse), d'eau courante (eau du robinet) ou encore dans des citernes pour un usage industriel. (Philippe.B)

III.6.2.Les critères de potabilité de l'eau :

Pour pouvoir être consommée en toute sécurité, l'eau doit répondre à des critères de potabilité très strictes dictés par le Ministère de la Santé et le Conseil Supérieur du secteur d'Hygiène Publique. Ces normes varient en fonction de la législation en vigueur et selon qu'il s'agit d'une eau destinée à la consommation humaine ou d'une eau industrielle. (Philippe.B)

A ce jour, il existe 63 critères de potabilité de l'eau, que l'on peut regrouper en 5 grands paramètres :

III.7. Les paramètres physico-chimiques de l'eau :

Ils correspondent aux caractéristiques de l'eau tels que le pH, la température, la conductivité ou la dureté de l'eau et délimitent les quantités maximales à ne pas dépasser pour certains composants comme les ions, les chlorures, le potassium et les sulfates. (philippe.B)

La température : La température de l'eau [°C] est un facteur écologique important du milieu. Elle permet de corriger les paramètres d'analyse dont les valeurs sont liées à la température (conductivité notamment) il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. La température joue un rôle important dans la solubilité et la dissolution des sels dissous (Rodier et al 1996)

La conductivité électrique :

La mesure de la conductivité électrique [$\mu\text{S}/\text{cm}$ à une température de référence] permet d'évaluer la minéralisation globale d'une eau du fait que les ions présents rendent celle-ci électriquement conductrice.). (OFEFP ;2003)

Le pH (le potentiel d'hydrogène):

C'est un paramètre chimique caractérisant l'acidité ou la basicité d'un milieu. il résulte de la composition ionique de l'eau, (Aminot et Kerouel .2004). Et il est inférieur ou supérieur à 7 suivant que l'eau est acide ou basique. Il n'a pas de signification hygiénique mais il représente une notion importante de la détermination de l'agressivité de l'eau et la précipitation de l'élément dissous (Abdeselem .1999).

Le TH (titre hydrotimétrique) :

Soit la dureté de l'eau, qui correspond à la mesure de la teneur d'une eau en ions calcium et magnésium, doit être supérieure à 15 degrés français. Autrement dit, une eau ne doit pas posséder moins de 60 mg/l de calcium ou 36 mg/l de magnésium, sinon elle sera jugée trop douce : pour ne pas corroder les canalisations, elle devra faire l'objet de minéralisation et/ou de neutralisation pour retrouver un équilibre calo-carbonique.). (OFEFP ;2003)

III.8.Les paramètres organoleptiques :

Ils concernent la couleur, le goût et l'odeur et la turbidité de l'eau. L'eau doit être agréable à boire, claire et sans odeur. Ces paramètres étant liés au confort de consommation, ils n'ont pas de valeur sanitaire directe.

1. La turbidité :

La turbidité c'est la réduction de la transparence d'UN liquide due à la présence de matières non dissoutes. Elle est causée, dans les eaux par la présence de la matière en suspension (MES) fines .comme les argiles, les limons, les grains de silice et les microorganismes. Une faible part de la turbidité peut être due également à la présence de matières colloïdales d'origine organique ou minérale (Rejeseck ,2002).

2. La couleur :

Il s'agit d'estimer visuellement le ton, l'intensitéet l'éventuelle évolution temporelle de la coloration.Une eau potable ne doit pas présenter de couleur particulière(incolore). (OFEFP ;2003)

3. L'odeur :

Toute odeur est un signe de pollution ou de présence de matière organique en décomposition.

L'odeur peut être définie comme :

- L'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certainessubstances volatiles.
- La qualité de cette sensation particulière provoquée par chacune de ces substances(Rodier et al, 2005)

4. Le gout et saveur :

Le goût peut être défini comme l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et desensibilité chimique commune perçue lorsque la boisson est dans la bouche(Rodier et al, 2005).

III.9. Les paramètres microbiologiques :

Ils permettent de contrôler que l'eau ne contient aucun germe pathogène, comme les virus, les bactéries ou les parasites, pouvant provoquer des maladies.

III.10. Les paramètres liés aux substances indésirables :

Ils concernent les substances telles que les nitrates, les nitrites et les pesticides.

Nitrites NO_2^- :

Le nitrite étant toxique pour l'organisme humain la présence en quantité importante dégrade la qualité de l'eau. La toxicité liée au nitrite est très significative en raison de leur pouvoir oxydant (Maiga, 2005).

La teneur en nitrates ne doit pas dépasser 50 mg/l (normes algériennes 2014)

La teneur en fluor doit être inférieure à 0.2 mg/l (normes algériennes 2014)

III.11. Les paramètres liés aux substances toxiques :

Les micropolluants tels que l'arsenic, le cyanure, le chrome, le nickel, le sélénium ainsi que certains hydrocarbures sont soumis à des normes très sévères à cause de leur toxicité. Leur teneur tolérée est de l'ordre du millionième du gramme. (OFEFP ;2003)

III.12. Normes de la qualité de l'eau

Afin de définir régulièrement une eau potable, des normes ont été établies, qui fixent notamment (Tableau 04), les teneurs limites à ne pas dépasser pour un certain nombre de substances nuisibles et susceptibles d'être présentes dans l'eau. Globalement, les qualités de l'eau de boisson doivent obéir à des normes définies par une réglementation nationale. Il peut en résulter, pour un pays ou une région donnée, des dispositions réglementaires différentes de la qualité de l'eau, par rapport aux normes internationales. (normes Européennes ;1998).

En Algérie, il existe des réglementations locales pour la qualité de l'eau de boisson encitant le Journal Officiel de la république algérienne, qui représente les valeurs limites des différents paramètres physico-chimiques de la qualité de l'eau de consommation humaine. (JORA. 2011). On va comparer ces réglementations algériennes avec les normes européennes

(Tableau 04), Afin de connaître la rigueur des normes algériennes et leur conformité aux normes européennes et les différences entre les deux.

Tableau 04 : les valeurs des paramètres physico-chimique selon les normes européennes

Le paramètre	L'unité	Normes de l'UE 1998
Turbidité	NTU	Acceptable
Température	° C	/
Conductivité à 20°C	µS/cm	2500
La Dureté	Mg/l	/
Magnésium	mg/l	50
Chlore	mg/l	250
pH	[H+]	≥ 6.5 and ≤ 9.5
Sodium	mg/l	200
Potassium	Mg/l	12
Nitrite	Mg/l	0.50
Nitrate	mg/l	50
Sulfate	mg/l	250

En Algérie, il existe des réglementations locales pour la qualité de l'eau de boisson en citant le Journal Officiel de la république algérienne, qui représente les valeurs limites des différents paramètres physico-chimiques de la qualité de l'eau de consommation humaine. (JORA. 2014). On va comparer ces réglementations algériennes avec les normes européennes (Tableau 05), Afin de connaître la rigueur des normes algériennes et leur conformité aux normes européennes et les différences entre les deux.

Tableau 05 : comparaison entre les valeurs de paramètres physico-chimiques européennes et algériennes

Le paramètre	L'unité	Normes de l'UE (Directive 98/83/CE du conseil du 3NOV 1998)	Normes algériennes (JORADP N° 13,2014)
Turbidité	NTU	Acceptable	5
Température	° C	/	25
Conductivité à 20°C	µS/cm	2500	2800
La Dureté	Mg/l CaCO ₃	/	500
Magnésium	mg/l	50	150
Chlore	mg/l	250	500
pH	[H ⁺]	≥ 6.5 and ≤ 9.5	6.5- 9
Sodium	mg/l	200	200
Potassium	Mg/l	12	12
Nitrite	Mg/l	0.50	0.2
Nitrate	mg/l	50	50
Sulfate	mg/l	250	400

III.13.Critères de choix de l'eau de source :

L'eau est un élément essentiel à toutes les étapes de la vie, quelles que soient les circonstances.

Les besoins en eau varient d'une personne à l'autre selon l'âge et la condition, et cela est dû aux différentes proportions des composants de base de l'eau.

Il est donc essentiel d'être vigilant et de ne pas donner n'importe quelle eau à votre enfant. Cette eau doit:

- respecter des critères de qualité,
- être non gazeuse,
- être faiblement minéralisée, 1000 mg/l,
- être pauvre en fluor, 0,3 mg/l si vous donnez un supplément de fluor (en gouttes),

- contenir une quantité de nitrates < 15 mg/l, et de nitrites < à 0,05 mg/l,
- être sans plomb. (AFSSA,2003)

III.13.1 Pour la femme enceinte, elle est conseillée de boire :

- Eau riche en calcium : la teneur en calcium est supérieure à 150 mg/l.
- Eau riche en magnésium: la teneur en magnésium est supérieure à 50 mg/l.
- Eau riche en sodium : la teneur en sodium est supérieure à 200 mg/l.
- Eau riche en sels minéraux : la teneur en sels minéraux, calculée comme résidu fixe, est supérieure à 1 500 mg/l. (Jesus ,2017)

III.13.2 le cadre d'une activité sportive

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

A cet égard, l'Agence Européenne de Sécurité des Aliments (EFSA) a reconnu le rôle de l'eau comme contribuant au maintien de la thermorégulation (.EFSA Journal)

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 (> 1500 mg/litre) et sodique (teneur en sodium > 200 mg/l

La sensation de soif diminuant avec l'âge, une hydratation régulière et de qualité est fondamentale chez un senior en bonne santé. Il faut apprendre à boire sans soif pour prévenir le risque de déshydratation. Une bonne hydratation aide à maintenir mémoire, concentration et vigilance.

Ainsi, l'Agence Européenne de Sécurité des Aliments (EFSA) a reconnu le rôle de l'eau comme contribuant au maintien d'une fonction cognitive normale.

Certaines Eaux de source « calciques » ou « magnésiennes » permettent de contribuer à la couverture des besoins journaliers recommandés en ces minéraux et ainsi d'aider à diminuer les risques de déminéralisation osseuse liée à l'âge, comme l'ostéoporose.(site 8)

III.13.3 Apports conseillés en eau, de la naissance à l'adolescence :

Compte tenu des particularités en termes de biologie du développement du nouveau-né, à comparer à celles de l'enfant et de l'adolescent, les apports journaliers cumulés par kg ou par 24 heures sont plus élevées en période néonatale et les premières années de la vie.

Le tableau 06 représente les apports quotidiens conseillés en eau du nouveau-né, du nourrisson et de l'enfant. (Abederrahmani et Bouabba, 2018)

Tableau 06 : Apports quotidiens conseillés en eau du nouveau-né, du nourrisson et de l'enfant (Abderrahmani et Bouabba, 2018)

Prématurés	150—200 ml/kg
Nourrisson 1 à 3 mois	150 ml/kg
Nourrisson 3 à 6 mois	125 ml/kg
Nourrisson 6 à 12 mois	100 ml/kg
Nourrisson 12 à 24 mois	80 ml/kg
Enfant 4—8 ans	1—2 L/24 heures
Enfant 9—13 ans	1,6 à 1,8 L/24 heures
Adolescent 14—18 ans	Ans 1,8 à 2,6 L/24 heures

III.13.4. L'eau pour les femmes ménopausées :

Les eaux de source calciques sont une source intéressante pour les femmes à l'approche de la ménopause et pendant celle-ci car la densité minérale osseuse a tendance à diminuer. En l'absence d'un traitement hormonal substitutif, une des grandes menaces qui plane sur la femme ménopausée est l'ostéoporose. Seuls des apports importants en calcium (1 200 mg pour une femme de plus de 55 ans) peuvent prévenir la perte osseuse. (Abderrahmani et Bouabba, 2018).

III.13.5.L'eau pour les personnes âgées :

Avec l'âge, la quantité d'eau stockée dans le corps diminue, exposant les personnes âgées à une déshydratation grave. A ce phénomène s'ajoute la sensation de soif qui diminue également à mesure que l'on vieillit, par ailleurs, après 70 ans, les reins sont moins efficaces et gèrent moins bien la surcharge en sels minéraux et en toxines causée par un manque d'hydratation.

Il est recommandé d'opter pour des eaux riches en calcium qui affiche une teneur supérieure à 200 mg/L, et celle dont la richesse en magnésium est supérieure à 50mg/l car elles diminuent les risques de déminéralisation osseuse liés à l'ostéoporose. (Brouard et Duhamel, 2010)

III.13.6.L'eau pour un régime :

L'eau peut jouer un rôle important lors d'un processus d'amaigrissement. On constate des taux d'acide urique et de corps cétoniques plus élevés. Boire plus permet d'augmenter la diurèse (élimination urinaire) et donc d'éliminer plus facilement ces déchets.

Le calcium permet de pallier aux éventuelles carences liées au régime ; le magnésium est un calmant qui peut aider à contrôler les envies impérieuses de nourriture liées au

stress. Les sulfates, grâce à leurs propriétés diurétiques, participent à l'élimination des toxines de l'organisme et aident à améliorer le transit intestinal. Le potassium lutte efficacement contre la rétention d'eau en favorisant le drainage des tissus, mais en plus, il aide l'organisme, et surtout les reins, à éliminer les déchets (principalement l'urée et l'acide urique) générés par un régime riche en protéines ; Les bicarbonates facilitent la digestion. (Bataille et al., 2016)

III.13.7.L'eau pour l'amélioration du transit intestinal :

La consommation d'eau a un effet positif sur le transit intestinal ; si des apports hydriques sont insuffisants cela peut favoriser la survenue de la constipation. Les eaux de source à des concentrations importantes en sulfates (au-delà de 300mg de sulfate / litre d'eau) participent à l'amélioration du transit intestinale. (Dupont, 2015)

III.13.8.L'eau pour les troubles digestifs :

Pour éviter les ballonnements et la sensation de pesanteur après les repas, optez pour les eaux riches en bicarbonates. Les bicarbonates atténuent l'acidité de l'estomac et facilitent la vidange gastrique.(Rabiet, 2006).

III.13.9. L'eau pour les personnes atteinte de calculs rénaux :

Les calculs rénaux, communément appelés « pierres aux reins », sont des cristaux durs qui se forment dans les reins et peuvent entraîner de vives douleurs. Afin de diminuer le risque de formation de ces derniers il faut opter pour une eau riche en potassium combinée à un apport élevé en sodium et aussi le magnésium. Le but est de provoquer un volume d'urines de plus de 2 litres par jour pour dissoudre naturellement les calculs rénaux. Il faut donc boire 2 litres de liquide, réparti tout au long de la journée. En optant pour une eau riche en potassium combinée à un apport élevé en sodium ainsi que le magnésium, contribuent à diminuer le risque de formation de calculs rénaux. (Van der Aa, 2003).

III.13.10. L'eau pour les personnes atteintes d'hypertension artérielle, d'insuffisance cardiaque ou rénale :

L'eau minérale pourrait contribuer à réduire la pression artérielle chez des personnes hypertensives. . Le magnésium, le calcium et les sulfates pourraient aider à contrôler la pression artérielle, l'insuffisance cardiaque ou rénale ; contrairement au sodium il est conseillé. de choisir une eau pauvre (<20mg/l) car si sa teneur est élevée, les bienfaits des autres minéraux sur la pression restent réduits. (Allen, 2000)

III.13.11.L'eau pour personnes atteinte de cancer :

Par précaution les personnes atteintes de cancer ou qui sont passées par la maladie doivent bénéficier d'une eau potable de qualité irréprochable. (Bellmunt et al., 2017)

III.13.12.L'eau pour les personnes stressées et fatiguées :

L'anxiété, l'hypersensibilité au stress provoquent une déperdition de magnésium. Or la fonction principale de ce sel minéral est la régulation de l'équilibre nerveux. C'est un cercle vicieux que l'on peut rompre en surveillant attentivement ses apports en magnésium.

L'adulte a besoin de 200 à 300 mg par jour de magnésium pour lutter contre cette hypo-motivité ; Dans ce cas, boire une eau minérale naturelle magnésienne (<50mg/l) peut contribuer à satisfaire les besoins journaliers quotidiens en magnésium et lutter contre le stress. (Huret, 2018).

Matériels et Méthodes

IV.1.Description des données et méthodes :

Le but envisagé de ce travail est la caractérisation physico-chimique de quelques marques des eaux de source embouteillées commercialisées à Laghouat, on se basant sur la composition physico-chimiques des étiquettes commerciales afin de comparer les résultats obtenues avec celles des normes algérienne et international. Les analyses physico-chimiques des échantillons prélevées ont été réalisées au niveau du Laboratoire d'analyse des eaux (Algérienne des eaux A.D.E), qui porte essentiellement sur la mesure des paramètres physiques proprement à l'eau (la conductivité CE , la température , la mesure du pH...) et le dosage des éléments majeurs dans l'eau tels que : le calcium (Ca^{+2}) ,Sodium (Na^+), le potassium (K^+), le magnésium (Mg^{+2}) , chlorure (Cl^-) ,les bicarbonates(HCO_3^-) , les sulfates (SO_4^{2-}).Ainsi que les analyses des éléments indésirables dans l'eau tels que les nitrites(NO_2^-) et les nitrates (NO_3^-).

IV.2.Echantillonnages et mode de prélèvements :

Dans cette étude, on a choisi six marques de l'eau de source embouteillées qui se trouve au niveau des points de vente dans la région de Laghouat. L'échantillonnage des prélèvements ont été effectuées comme suit :

On a fait : -Deux prélèvements dont les dates de fabrication sont différentes.

-Pour chaque prélèvement on a choisi trois échantillons pour une marque d'eau.

Tableau 07 : Description des eaux de source embouteillées étudiées

Nom des eaux	Dates du premier prélèvement	Numéro de LOT	Dates de deuxième prélèvement	Numéro de LOT
Ms	Date de fab : 28/01/2024 Date d'exp : 28/01/2025	Lot B024	Date de fab : 24/01/2024 Date d'exp : 24/01/2025	Lot 9024
Mn	Date de fab : 11/11/2023 Date d'exp : 11/11/2024	-	Date de fab : 28/11/2024 Date d'exp : 28/11/2025:	Lot 1111
B	Date de fab : 18/01/2024 Date d'exp : 18/01/2025	-	Date de fab : 30/01/2024 Date d'exp : 30/01/2025	Lot 039
Ich	Date de fab : 29/12/2023 Date d'exp : 29/12/2024	-	Date de fab : 13/01/2024 Date d'exp : 13/01/2025	Lot 363
S	Date de fab : 01/02/2024 Date d'exp : 01/02/2025	-	Date de fab : 20/11/2024 Date d'exp : 20/11/2025	Lot 324
Ov	Date de fab : 20/11/2023 Date d'exp : 18/11/2024	-	Date de fab : 06/01/2024 Date d'exp : 05/01/2025	Lot 006

L'Algérie dispose d'importants potentiels d'eaux de source et qui se concentrent au nord de l'Algérie (Hazzab, 2011), en particulier dans le bassin algérois Hodna Sommam (figure 14). La grande variété des conditions climatiques, régimes hydrologiques et environnements géologiques de l'Algérie fait que les eaux de source présentent de grande variété (Cormy et al., 1997)

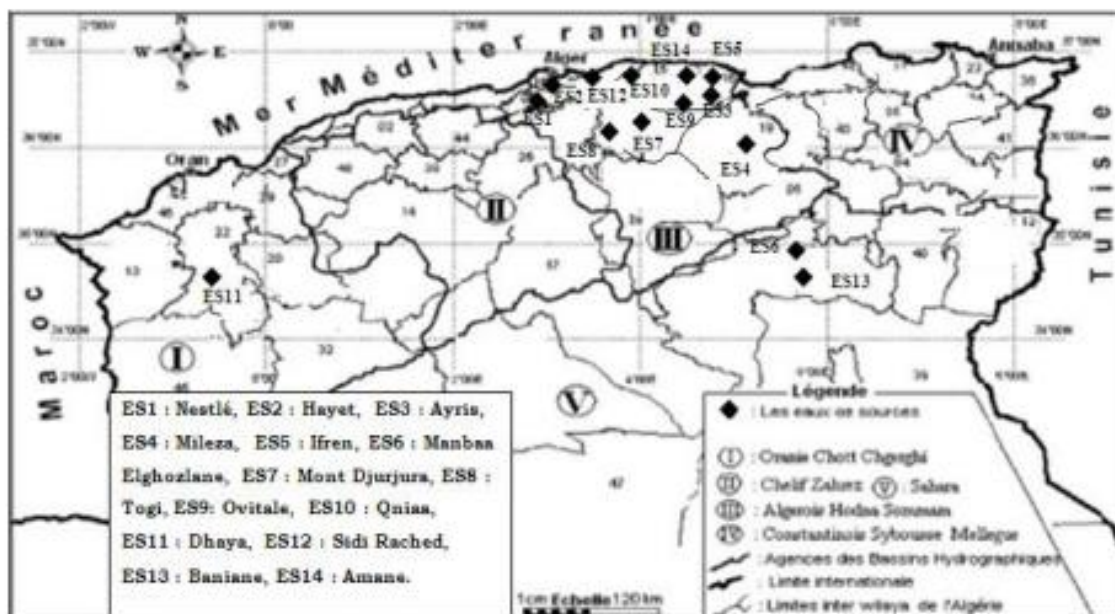


Figure 14 : Situation géographique des eaux de source en Algérie (Sekiou et Kellil, 2014)

IV.2.1. Analyses physico-chimiques :

Tableau 08 : Matériels et appareillages utilisés :

Matériels	Appareillages
-Eprouvette de 100 ml -Burette graduée -bêchers - Pipette pasteur -Cuvette remplie d'eau distillée -Fiole	-Appareil multi-paramètres (HACHODYSSEY) -Conductimètre (HANNA) -Turbidimètre (HACH TL2300) -Agitateur (FALC) -Barreaux magnétique -Appareil Dr LANGE spectrophotomètre à flamme (JENWAY) -Spectrophotomètre Uv-visible (LANGE DR6000) -Bouteille de gaz -Électrode de verre. - Électrode de référence au calomel - pH-mètre (AD1020)

L'étude des paramètres physiques des eaux de source est essentielle pour évaluer leur qualité et leur potentiel pour différentes utilisations, y compris la consommation humaine. Le **tableau 09** exprime les principaux paramètres physiques des eaux de source étudiées.

Tableau 09: Les paramètres physiques des eaux de sources étudiées

Noms des eaux	Conductivité $\mu\text{S/cm}$	TDS Mg/l	Minéralisation Mg/l	Salinité Mg/l	Turbidité NTU	Température $^{\circ}\text{C}$
Ms	891.333	437.333	676.106	0.437	0.933	20,5
Mn	844.666	414	640.71	4.23	1.416	20,9
B	138.1	65.366	104.75	0.653	1.05	20,7
Ich	559.6667	271.666	424.5267	2.716	0.852	21,4
S	559.666	132.5	210.11	1.323333	0.848	21,3
OV	781.333	382	592.9233	3.82	1.166	21,2

Les paramètres chimiques des eaux de source sont essentiels pour déterminer leur qualité, leur potabilité et leur adéquation pour la consommation humaine. Le **tableau 10** représente les principaux paramètres chimiques des eaux de source étudiées.

Tableau 10 : Les paramètres des éléments chimiques des eaux de sources étudiées

Noms des eaux	Concentrations des cations en mg/l				Concentrations des anions en mg/l				
	Ca^{+2}	Mg^{2+}	Na^{+}	K^{+}	Cl^{-}	HCO_3^{-}	SO_4^{-}	NO_3^{-}	NO_2^{-}
Ms	67,328	49,94	8,5333	3,4	71	228,36	225,89	0,69	00
Mn	65,464	80,256	7,4	0,633	97,03	245,93	277,5	1,67	00
B	33,76	15,186	3,7	0,3	44,96	105,4	58,57	2,92	00
Ich	81,496	102,14	3,5	0,3	28,4	386,46	254,72	2,5	00
S	32,064	34,048	5,566	1,3	26,03	210,8	112,13	1,49	00
Ov	36,072	60,8	8,3	0,5	108,86	158,1	172,20	0,74	00

IV.3. Les paramètres mesurés :

IV.3.1. La température

Mode opératoire :

La température est exprimée avec la valeur de pH.

Noter la valeur du T°.

Expression de résultat :

Résultats obtenue par unité (°C).

IV.3.2. Le potentiel d'hydrogène pH :

Principe :

Il mesure la différence de potentiel électrique entre deux électrodes (une électrode de verre et une électrode de référence (calomel-KCl saturé) plongeant dans une même solution, ce qui est directement lié à la concentration en ions H⁺ (Rodier et al., 2009)

Mode opératoire :

- Tout d'abord, allumer le pH-mètre puis prendre une quantité suffisante de la marque d'eau dont on veut mesurer le pH. **(On a examiné trois échantillons pour une marque d'eau).**
- Plonger l'électrode dans la solution de l'échantillon.
- Attendre la stabilité « quelques secondes », lire la valeur du pH.
- Sortir l'électrode de la solution, la rincer et la plonger dans l'eau distillée.

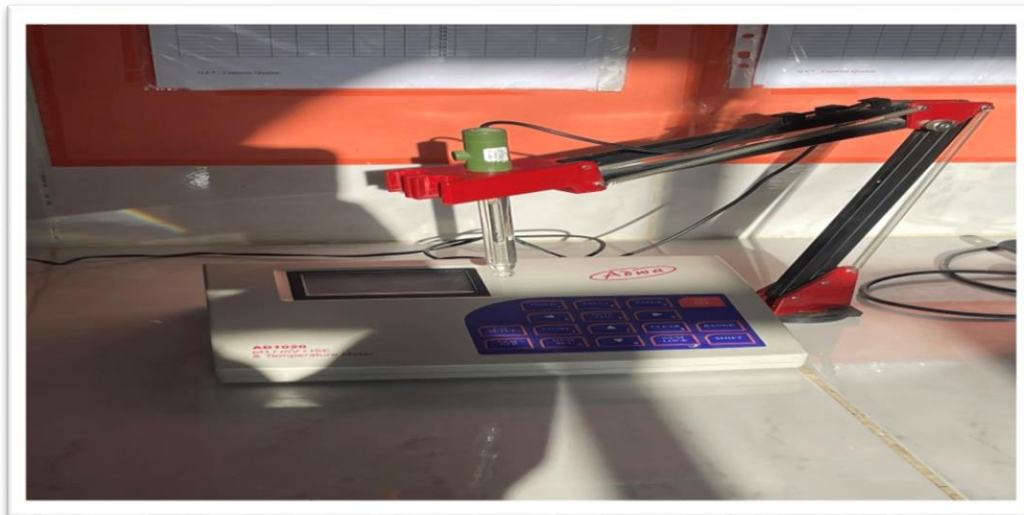


Figure 15: Détermination du pH à l'aide d'un pH-mètre (AD1020)

IV.3.3.La conductivité électrique ; le taux des sels dissous (TDS) :

Principe :

Pour déterminer la conductivité et les TDS, Conductimètre multiéléments a été utilisé elle est déterminée après plusieurs rinçages de l'électrode. D'abord avec de l'eau distillée puis en la plongeant dans un récipient contenant de l'eau à examiner : en faire la mesure 3 fois pour chaque échantillon.

Les résultats de conductivité sont donnés directement en $\mu\text{S}/\text{cm}$. les résultats de la salinité et du taux de sels dissous (TDS) sont donnés respectivement en % et en mg/l (Rodier et al. 2005).



Figure 16 : Conductimètre pour mesurer la conductivité et TDS (HANNA)

IV.3.4.La minéralisation :

Principe

En mesure la minéralisation d'après la conductivité par cette relation

Tableau 11: Calcule de minéralisation à partir de la conductivité

Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Minéralisation (mg/l)
Conductivité comprise entre 333 et 833 $\mu\text{S}/\text{cm}$	$0.715920 \times \text{conductivité } (\mu\text{S}/\text{cm}) \text{ à } 20^\circ\text{C}$
Conductivité comprise entre 833 et 10000 $\mu\text{S}/\text{cm}$	$0.758544 \times \text{conductivité } (\mu\text{S}/\text{cm}) \text{ à } 20^\circ\text{C}$

IV.3.5.La salinité :

Les mesures de la salinité de l'eau sont exprimées en « m S/cm » ou parfois en ($\mu\text{S}/\text{cm}$), la lecture directe à partir de le conductimètre.

IV.3.6.La turbidité :

Mode opératoire

La turbidité est mesuré à partir un Turbidimètre

- Mettre l'appareil sous tension ;
- Entrer le numéro "750" du programme mémorisé pour la turbidité ;
- Ajouter la longueur d'onde à 680 nm ;
- Placer le blanc (25 ml d'eau distillée) ;
- Ajuster le zéro de l'appareil en appuyant sur la touche "0" ;
- Retirer le blanc et placer 25 ml de l'échantillon
- Appuyer "READ" et attendre quelques secondes et lire la valeur indiquée
- le résultat en NTU (Nephelometric Turbidity Unit) s'affiche.



Figure 17: Turbidimètre de paillasse HACH pour mesurer la turbidité (HACH COMPANY TL2300)

IV.3.7. Dosage de la dureté totale (le titre hydrotimétrique TH) :

Mode opératoire

Prendre 10 ml d'eau à analyser dans des béchers, au lequel on ajoute 3 à 4 gouttes de solution Tampon pH=12 et une goutte d'un indicateur de coloration, la solution se colore en violet. La solution a été placée sur l'agitateur a une faible vitesse, qui est placée sous la pipette de titrage, dont laquelle on a mis de l'EDTA, cette solution est versée sur l'eau à analyser jusqu'à ce que la couleur vire au bleu, on arrête l'agitateur. Et on lit la différence entre le Volume2 -Volume1. La valeur obtenue est multipliée par un coefficient (100) afin d'avoir la valeur de la dureté totale de l'échantillon à analyser. **Comme indiqué ci-dessous dans l'équation suivante :**

$$[\text{Th}]_{(\text{mg/l})} = (\text{V2}-\text{V1}) M_{\text{TH}} \quad \text{Qui implique: } [\text{Th}]_{(\text{mg/l})} = (\text{V2}-\text{V1})100$$

Où :

V1 : Volume d'EDTA nécessaire pour une concentration donnée

V2 : Volume totale d'EDTA

M_{TH} : La masse molaire de la dureté totale qui égale à 100 g/mol



Figure 18 : Dosage de la dureté totale (titre hydrotimétrique TH)

IV.3.8. Dosage du Calcium Ca^{2+} :

Mode opératoire :

Tout d'abord, on prélève 10 ml de l'eau à analyser dans des béchers. On ajoute deux à trois gouttes d'une solution tampon (pH=10) plus une pincée de calcon. Puis, nous mettons la solution d'EDTA dans la burette graduée pour le titrage, ensuite on ouvre progressivement l'ouverture de la burette jusqu'à ce que la couleur de l'échantillon devienne violette. On lit la différence entre le Volume2 - Volume1. La valeur obtenue est multipliée par (40,08) afin de déterminer la valeur du calcium de l'échantillon à analyser. **Comme indiqué ci-dessous dans l'équation suivante :**

$$[Ca^{+2}] = (V2 - V1) M_{Ca^{+2}} \quad \text{Qui implique : } [Ca^{+2}] = (V2 - V1)40.08$$



Figure19: Dosage du calcium (Ca^{+2})

IV.3.9. Détermination de Magnésium (Mg^{+2}) :

On a déterminé le paramètre de magnésium (Mg^{+2}) à partir de l'équation suivante :

$$[Mg^{+2}] = \left(\frac{[TH]}{50} - \frac{[Ca]}{20.04} \right) M_{Mg^{+2}}$$

Qui implique :

$$[Mg^{+2}] = \left(\frac{[TH]}{50} - \frac{[Ca]}{20.04} \right) 12.16$$

Où :

[TH] : La concentration de la dureté totale en (mg/l)

[Ca] : La concentration du calcium en (mg/l)

$M_{Mg^{+2}}$: La masse molaire du magnésium (g/mol) qui équivaut à 12.16 g/mol

IV.3.10. Dosage du Sodium (Na^+) et du potassium (K^+)

Mode opératoire :

Nébuliser l'échantillon dans une flamme air-acétylène en intercalant de l'eau permutée entre chaque solution. Effectuer les lectures au spectromètre de flamme à la longueur d'onde de 589 nm pour le sodium Na^+ et 766,5 nm pour le potassium K^+ . Régler le zéro de l'appareil avec de l'eau déionisée. Se reporter à la courbe d'étalonnage. (Rodier et al., 2009)

Remarque :

Les limites de détection usuelles sont de 100 $\mu\text{g/L}$ pour le sodium et de 10 $\mu\text{g/L}$ pour le potassium. (Bernard LEGUBE , Nicole Marlet et coll. 2009)



Figure 20: Spectrophotomètre à flamme (Appareil Dr LANGE JENWAY) et les réactifs utilisés

IV.3.11. Détermination du Sulfate (SO_4^{2-}) :

Mode opératoire

Prendre 20 ml d'eau à analyser puis ajoute 5 ml de la solution stabilisante et 2 ml de chlorure de baryum. Ce produit est agité énergiquement pendant 1 mn avant de le Passer au spectrophotomètre 420 nm (ISO 5667. 2004).



Figure 21: Dosage de Sulfate (SO_4^{2-})

IV.3.12.Détermination du chlore (Cl^-) :

Mode opératoire :

On prend 5 ml d'eau à analyser, à laquelle on ajoute 2 gouttes de K_2CrO_4 , on obtient une coloration jaunâtre. On met ce produit sur l'agitateur et sous la pipette de titrage, on laisse couler l' $AgNO_3$ jusqu'à obtention d'une coloration brun rougeâtre. On ferme la pipette et on lit V2-V1 cette valeur sera multiplier par un coefficient 71 et on obtient ainsi la concentration des chlorures pour les eaux à analyser. (NF T 90 – 014. 1952)



Figure 22 : Dosage du chlore (Cl^-)

IV.3.13. Détermination des bicarbonates HCO_3^- :

Mode opératoire :

On prend 100 ml d'eau à analyser, à laquelle on ajoute quelques gouttes de méthyle orange, on obtient une coloration orange, cette solution sera mise sur l'agitateur à faible vitesse qui est placée sous la pipette de titrage dans laquelle on met le H_2SO_4 , cette solution sera versée dans l'eau à analyser jusqu'à ce que la couleur vire au jaune (Figure 14). A ce moment on arrête l'agitation, et on lit la différence entre le V_2-V_1 , la valeur sera multipliée par un coefficient (527) pour obtenir au final la valeur du HCO_3^- . (NF T0-036. 1994).



Figure23 : Dosage de bicarbonates (HCO_3^-)

IV.3.14. Détermination des Nitrate (NO_3^-) :

Principe :

Les nitrates sont le résultat d'une nitrification de l'ion ammonium (NH_4^+). Ils sont des ions présents de façon naturelle dans l'environnement 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. (Houhmdi, M.2014)

Mode opératoire :

Prendre 10 ml de l'échantillon à analyser, Ajouter 2 à 3 gouttes de NaOH à 30 % et 1 ml de salicylate de sodium. Les échantillons analysés seront mis dans une étuve $75 - 88^\circ \text{C}$ afin que l'eau soit complètement évaporée. Puis laisser les échantillons refroidir. Après le refroidissement on rajoute aux résidus 2 ml de H_2SO_4 , laisser reposer 10mn, on rajoute ensuite 15 ml d'eau distillée et 15 ml de tartrate double de sodium, puis les échantillons seront mis dans le Spectrophotomètre à une longueur d'onde de 415 nm.



Figure 24 : Réactifs utilisés dans le dosage des nitrates (NO_3^-)

Remarque : la détermination du nitrate est effectuée à partir le Spectrophotomètre UV-visible (Figure 25)

IV.3.15. Détermination des Nitrites (NO_2^-) :

Mode opératoire

On prend 50 ml d'eau à analyser à laquelle on ajoute 1 ml du réactif mixte et attendre 10mn, L'apparition de la coloration rose indique la présence des NO_2^- . L'échantillon sera mis dans le spectrophotomètre réglé à une longueur d'onde de 543 nm en mg/l. (ISO 5667.2004).

Expression des résultats :

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



Figure 25: Spectrophotomètre UV-visible (LANGE DR6000)

Résultats et discussion

Résultats et discussion :

V.1.Le potentiel d'hydrogène pH :

Le pH des eaux de source étudiées varie entre une valeur minimale de 7.39 (Ov) et une valeur maximale de 8.01 (S) (Annexe 2). Selon la réglementation algérienne les valeurs limites de ce paramètre est entre 6,5 et 8,5 (JORADP, 2006) et sont conformes aux normes européenne à une valeur comprise entre 6,5 et 9,5 (Normes de l'UE, 1998)

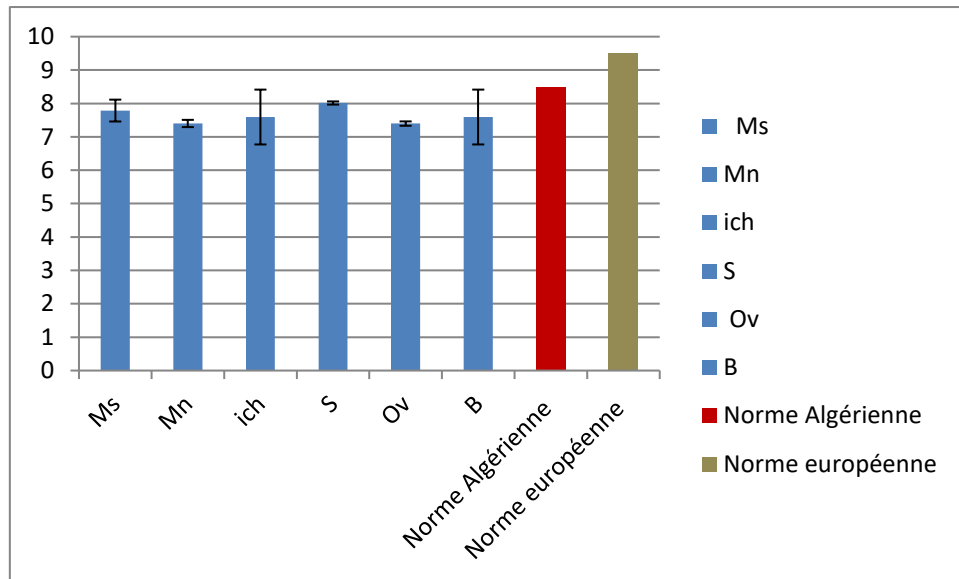


Figure 26 : Histogramme du pH des eaux de source embouteillées étudiées

V.2.La température :

La température des eaux de source étudiées est variée entre 20 °C et 21 °C. Comme indique la figure 27 et selon (l'annexe 2).

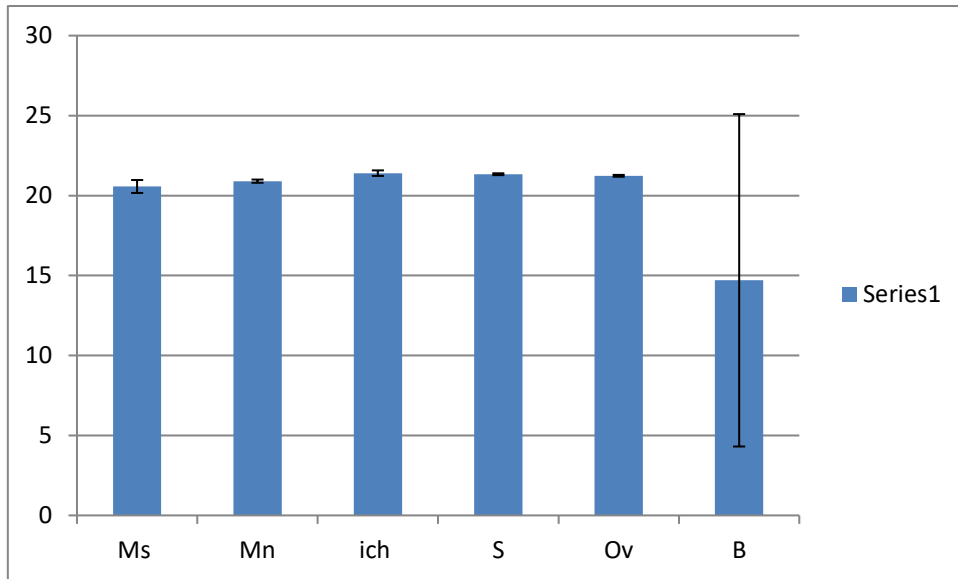


Figure 27 : Histogramme de la température des eaux de source étudiées

V.3.la conductivité :

Les valeurs de la conductivité électrique des eaux de source étudiées sont représentées dans la figure.

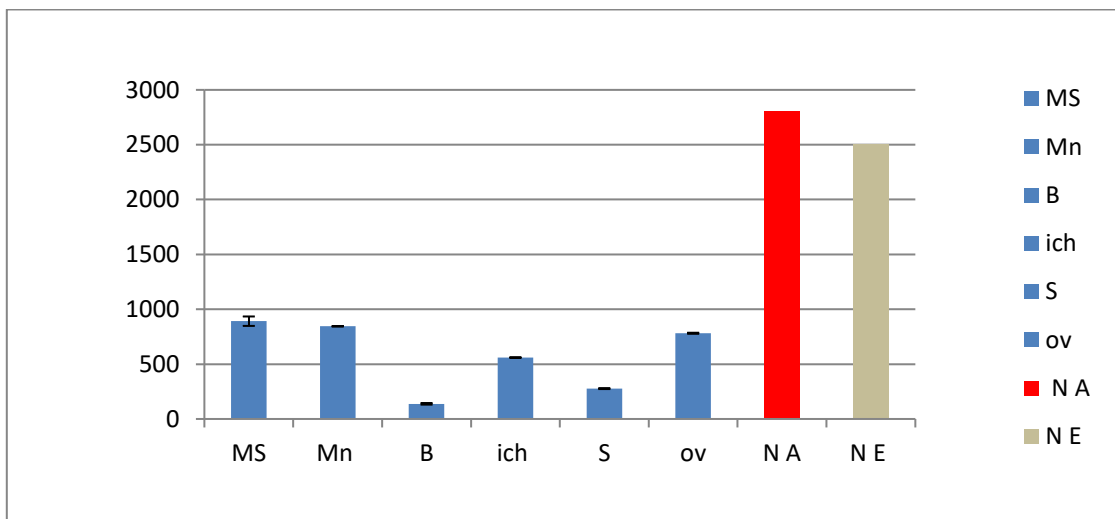


Figure 28 : Histogramme des valeurs de conductivité des eaux de source analysées et la valeur de normes algériennes et européennes

Nous notons que les résultats obtenus pour la conductivité électrique de tous les échantillons prélevés ne dépassent pas les valeurs des normes algériennes spécifiées et même les normes européennes, mais il existe une différence dans leurs valeurs d'un échantillon à l'autre, où

l'on note que Ms est le plus conducteur avec une valeur de $891,33\mu\text{S}/\text{cm}$ suivi de Mn avec une valeur de $864.666\mu\text{S}/\text{cm}$ puis l'échantillon OV et Ich et S par ordre et l'échantillon B est considéré comme la conductivité la plus faible avec une valeur de $138,1\mu\text{S}/\text{cm}$.

Les résultats d'analyse de la conductivité électrique obtenus sont jugés satisfaisants par rapport aux normes algériennes, car ils n'ont pas dépassé la limite maximale de $2800\mu\text{S}/\text{cm}$

V.4.TDS :

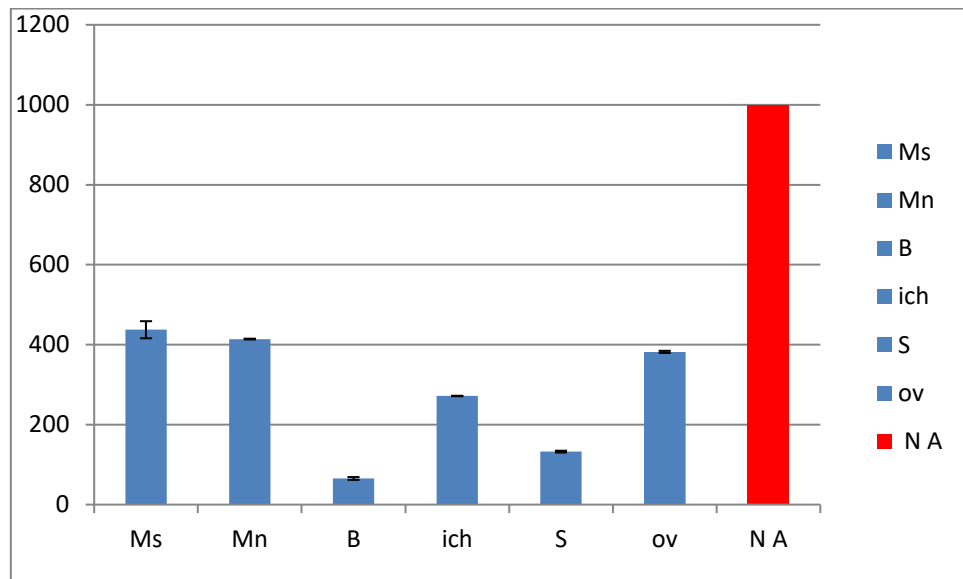


Figure 29: Histogramme des valeurs de TDS des eaux de source analysées et la valeur de normes algériennes

Le taux des sels dissous testé est donné dans les résultats exprimés dans l'histogramme ; on remarque que les valeurs de TDS des échantillons testés variaient entre 437.333 mg/l et 65.366 mg/l . Ces résultats sont conformes aux normes algériennes puisqu'ils ne dépassent pas la valeur de 1000 mg/l .

V.5.la minéralisation :

Les valeurs de la minéralisation globale des eaux de source analysées sont représentées dans l'histogramme ci-dessous. Les valeurs de la minéralisation varient entre 676.10670 mg/l et 104.75 mg/l . L'échantillon Ms est de valeur 676.1067 mg/l ; Mn de valeur 640.71 mg/l ; OV de valeur 592.923 mg/l ; Ich de valeur 424.5267 mg/l et S 210.11 mg/l et finalement le B de valeur 104.75 mg/l .

Remarque :

La valeur maximale de la minéralisation n'est pas mentionnée dans les normes algériennes ou européennes.

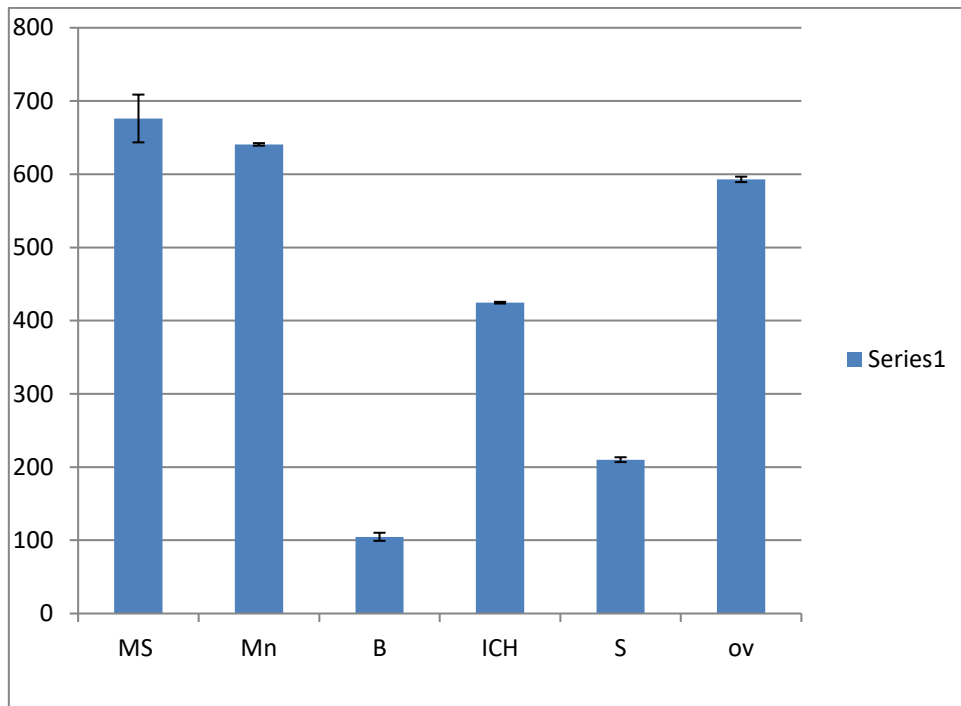


Figure30 : Histogramme des valeurs de minéralisation des eaux de sources analysée

V.6.la salinité :

Les valeurs de salinité des eaux de source analysées sont représentées dans l'histogramme ci-dessous (figure) ; On constate que les valeurs de salinité dans les eaux de source testée varient d'une marque à l'autre et varient entre 4.23mg/l pour Mn et 0.43mg/l pour Ms.

Remarque :

La valeur maximale de la salinité n'est pas mentionnée dans les normes algériennes ou européennes

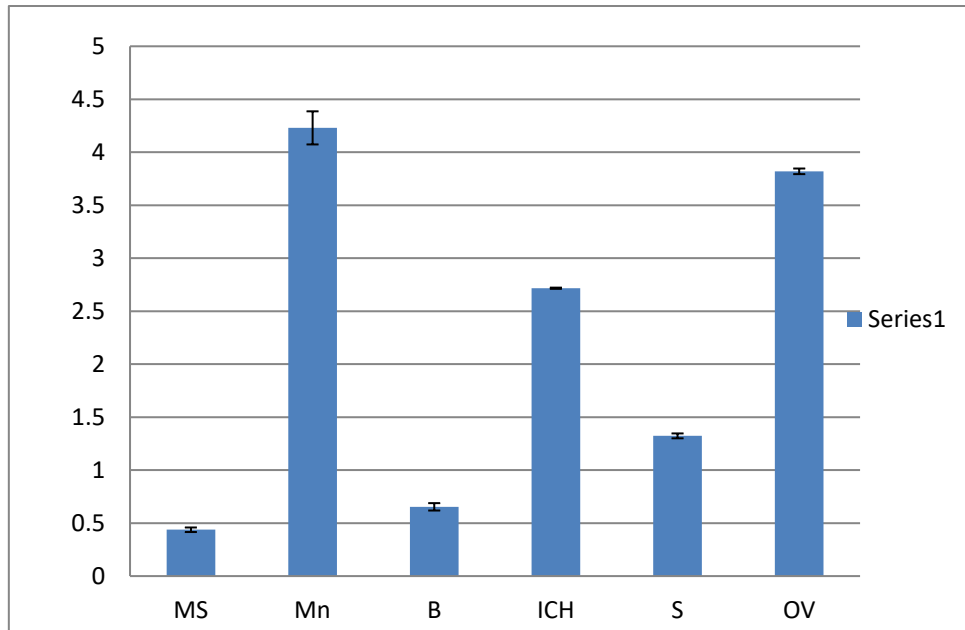


Figure31 : Histogramme des valeurs de salinité des eaux de source analysée

V.7. la turbidité :

Les valeurs de turbidité des eaux de source analysées sont représentées dans l’histogramme ci-dessous (figure 31) ; on remarque que toutes les valeurs sont acceptables selon les normes algériennes qui ont fixées comme maximum 5 NTU ; les valeurs de turbidité sont varient entre 1.41 NTU et 0.848 NTU.

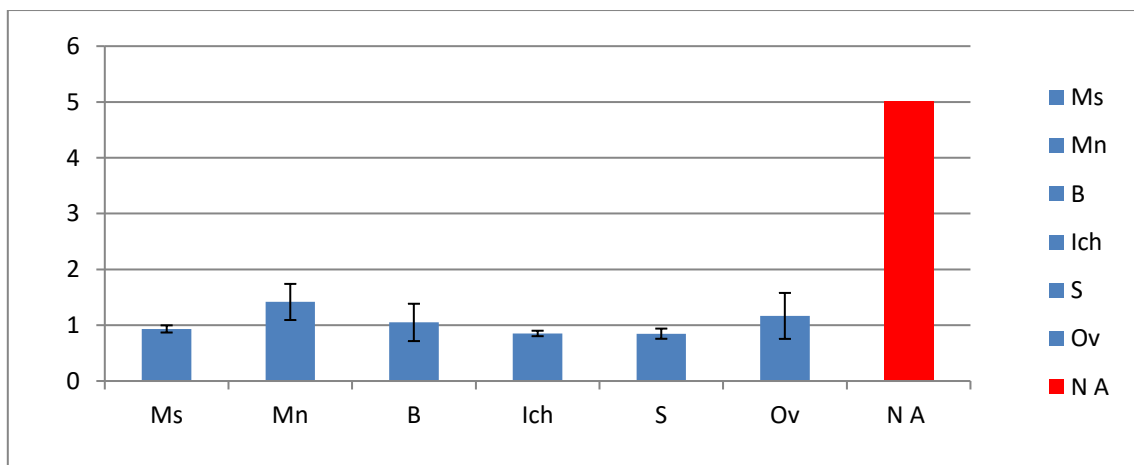


Figure32 : Histogramme des valeurs de turbidité des eaux de source analysée et la valeur de normes algériennes

V.8. La classification des eaux de source embouteillées selon la dureté totale (TH) :

Selon les résultats obtenus dans le tableau (13) Il en résulte que la dureté totale (TH) des eaux de sources étudiées varie de 146.66 mg/l (CaCO₃) (B) à 623.33 mg/l (CaCO₃) (Ich). L'eau de (S) est une eau dure, et l'eau de (B) est une eau moyenne dure. Par contre Les eaux de (Ms), (Mn), (Ich) et (Ov) sont des eaux très dures. (Tableau 12 et 13)

Tableau 12 : Classification de la qualité de l'eau selon la dureté totale (Sawyer et McCarty, 1967)

Dureté (mg/l) CaCO ₃	Classification
< 75	Eau douce
75 – 150	Eau moyenne dure
150-300	Eau dure
> 300	Eau très dure

Le tableau 13 représente la classification des eaux de source embouteillées commercialisées a la région de Laghouat selon la dureté totale TH.

Tableau 13 : Classification des eaux de source embouteillées selon la dureté totale (TH)

Nom des eaux	TH (mg/l) CaCO ₃	Classification
Ms	373.33	Eau très dure
Mn	493.33	Eau très dure
B	146.66	Eau moyenne dure
Ich	623.33	Eau très dure
S	220	Eau dure
Ov	340	Eau très dure

V.9. Le calcium (Ca⁺²) :

Les teneurs en calcium des eaux de source étudiées sont comprises entre 32.064 mg/l (S) et 81.496 mg/l (Ich) (Annexe 02) . Toutes les valeurs des eaux de sources étudiées sont inférieures à la valeur maximale admissible Algérienne (200 mg/l) (JORADP, 2006) et les normes européennes (150 mg/l) (Normes de l'UE, 1998)

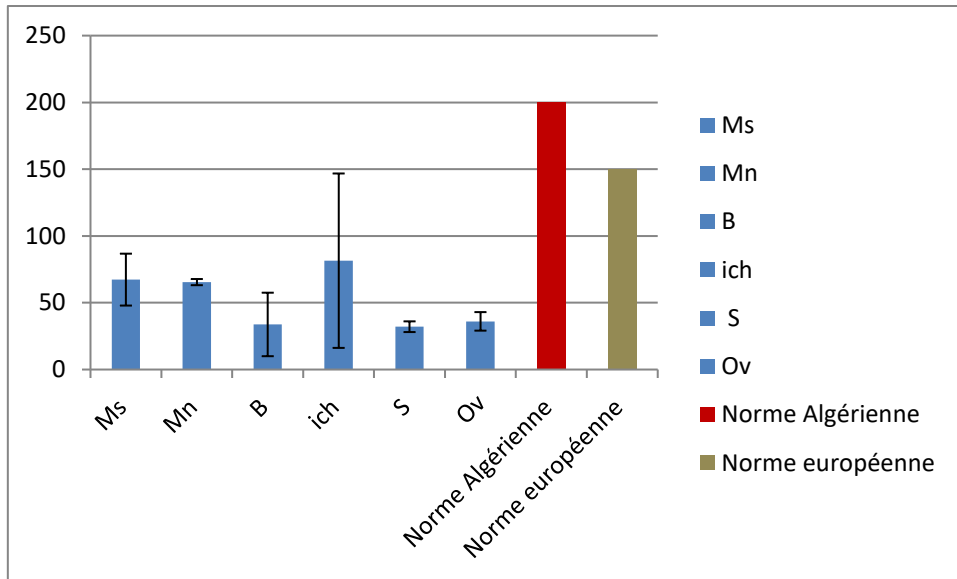


Figure 33 : Histogramme des teneurs en Ca²⁺ des eaux de source étudiées

V.10. Le magnésium (Mg²⁺) :

Les teneurs en magnésium des eaux de source étudiées comprise entre une valeur minimale de 15.186 mg/l (B) et une valeur de maximale 102.142667 mg/l (Ich) (**Annexe 02**). Selon les normes Algérienne des eaux destinées à la consommation humaine (EDCH), les eaux de source étudiées sont conformés aux normes de potabilité qui est de 150 mg/l (**JORADP,2006**). Par contre seules les marques de (B) et (S) sont inférieurs à la valeur maximale admissible européenne (50 mg/l) (Normes de l'UE, 1998).Figure 34

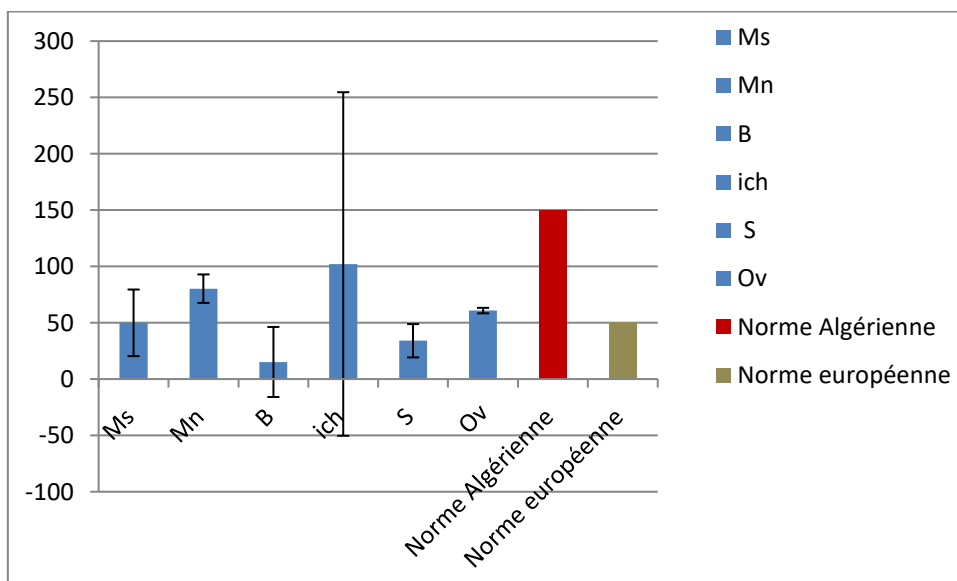


Figure 34 : Histogramme des teneurs en Mg²⁺ des eaux de source étudiées

V.11. Le potassium K⁺:

Les teneurs en potassium des eaux de source étudiées sont faibles, elles sont comprise entre 0,3 mg/l (B) (Ich) et 3,4 mg/l (Ms) (Annexe 02), et sont conformés aux normes Algérienne (20 mg/l) (JORADP, 2006) (Figure) et aux normes européennes (12 mg/l) (Normes de l'UE, 1998)

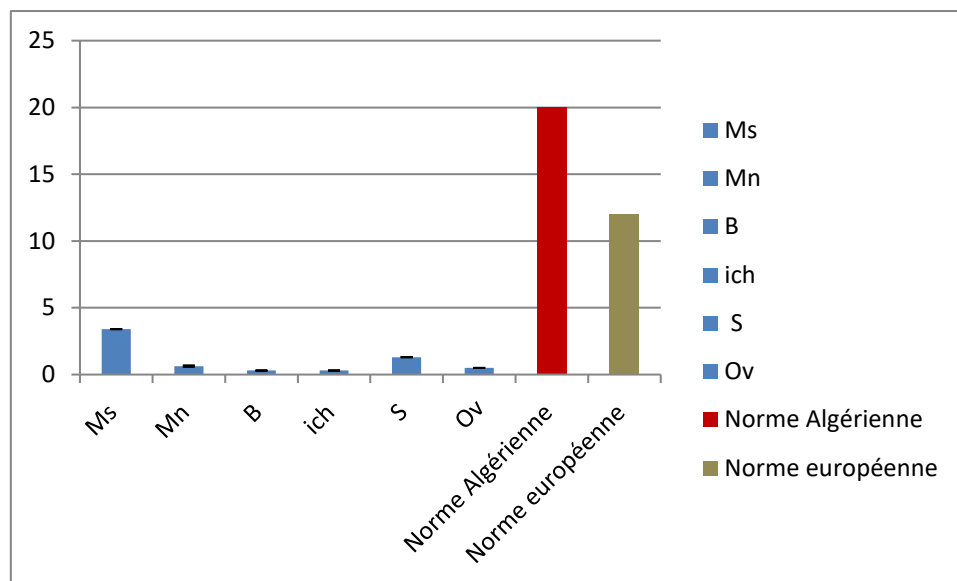


Figure 35 : Histogramme des teneurs en K⁺ des eaux de sources étudiées

V.12. Nitrite :

Lors du test, les nitrites n'apparaissent pas dans toutes les eaux de source analysées, ce qui indique qu'il n'y a pas de contamination ancienne dans la source d'où l'eau a été extraite. Si l'on compare les normes algériennes, la limite maximale pour les nitrites est de 0.2mg/l ; alors que la limite maximale pour les nitrites est de 0.5mg/l. Ainsi que les valeurs des nitrites sont conformes aux normes algériennes et européennes.

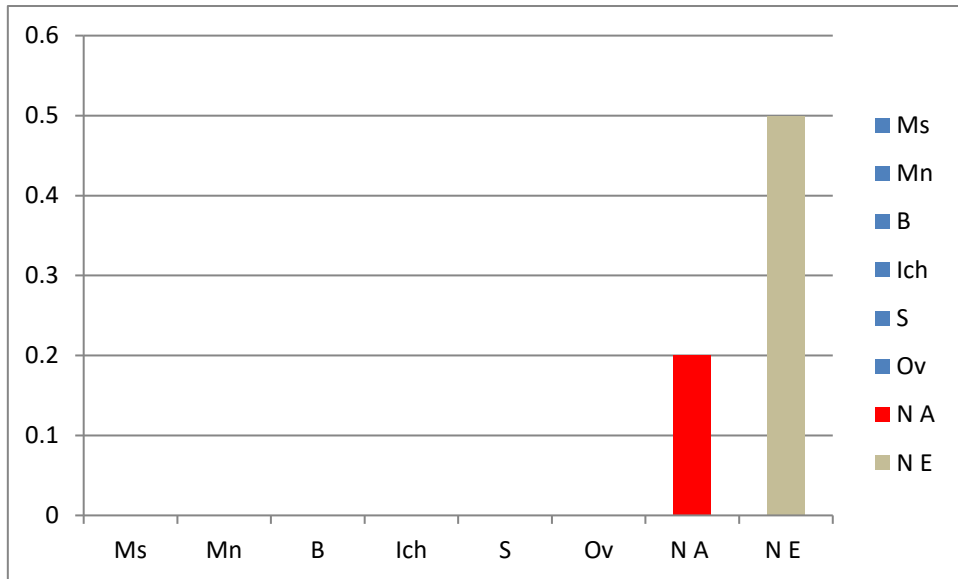


Figure 36 : les valeurs des nitrites selon les normes algériennes et européennes.

V.13.Le chlore Cl⁻ :

Les résultats obtenus pour le chlorure dans les eaux de source étudiée sont comprises entre 21.3 mg/l (S) et 108.86 (OV) (**annexe 02**) ces résultats ces teneurs sont largement faibles à la norme algérienne (500 mg/l) et les normes européennes (250mg/l).(normes de l'UE 1998)

Les variations des valeurs de chlore la de l'eau de source examinée sont montrées dans le l'annexe 02 et la figure 37.

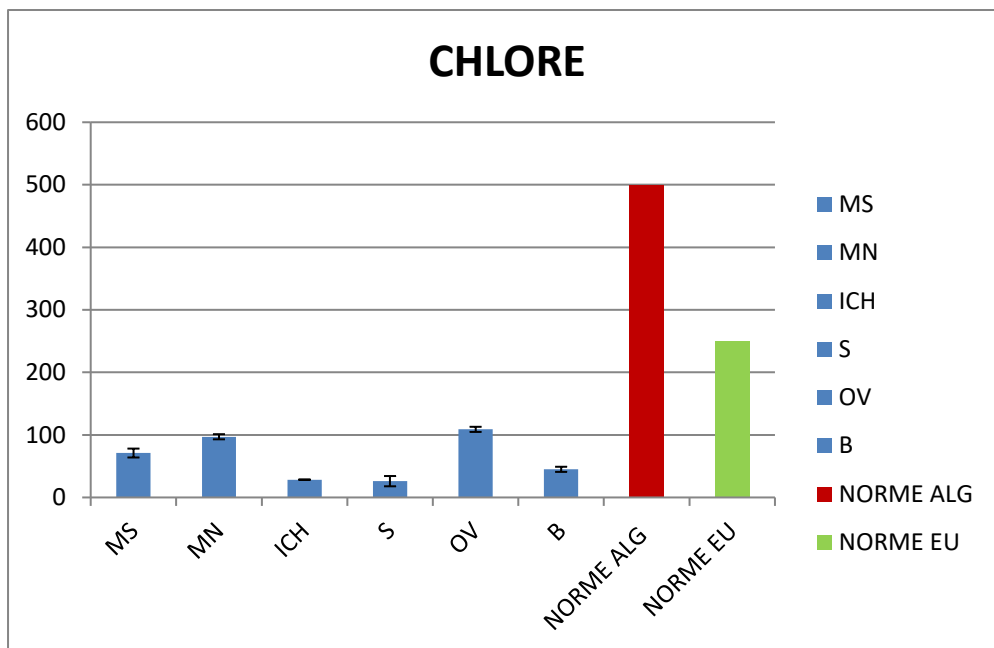


Figure 37 : histogramme de Variation de chlore mg/l des eaux de source étudiées

V.14.Sulfates SO₄⁻ :

Les sulfates sont très répandus dans la nature et constituent une composante ionique de l'eau. La concentration en ions sulfates des eaux naturelles est très variable, Les moyennes des teneurs en sulfate de l'eau de source sont respectivement entre 58.57 mg/l (B) et 277.5 mg/l (MN) (**figure37**) tous les résultats obtenus sont inférieures à la norme algérienne qui est fixée à (400 mg/l) et la norme européenne (250 mg/l). (normes de l'UE 1998)

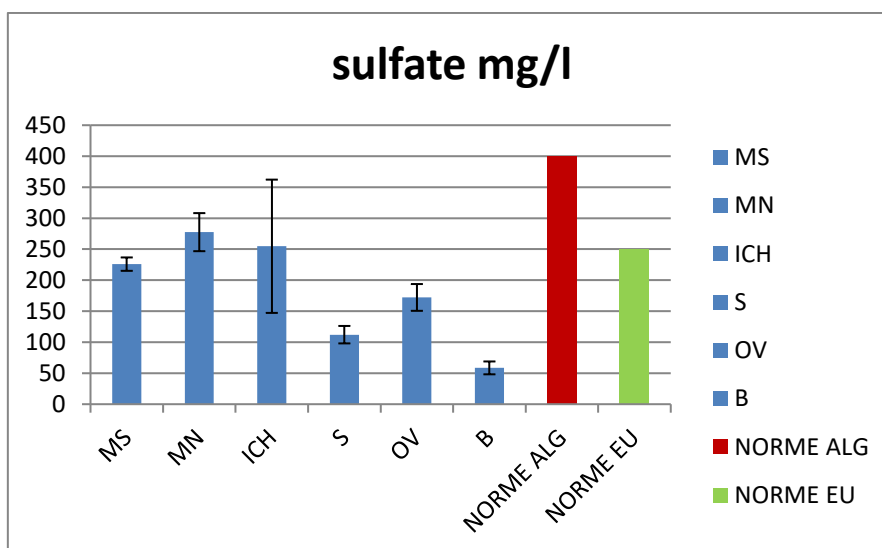


Figure 38: histogramme de Variation de sulfate en mg/l des eaux de source étudiées.

V.15.Nitrate :

Les résultats obtenus pour le nitrate dans les eaux de source étudiées sont comprises entre 0.69 mg/l (MS) et 2.29 (B) (**Annexe 02**). Ces résultats sont largement faibles à la norme algérienne (50 mg/l) et les normes européennes (50mg/l). (norme de l'UE 1998)

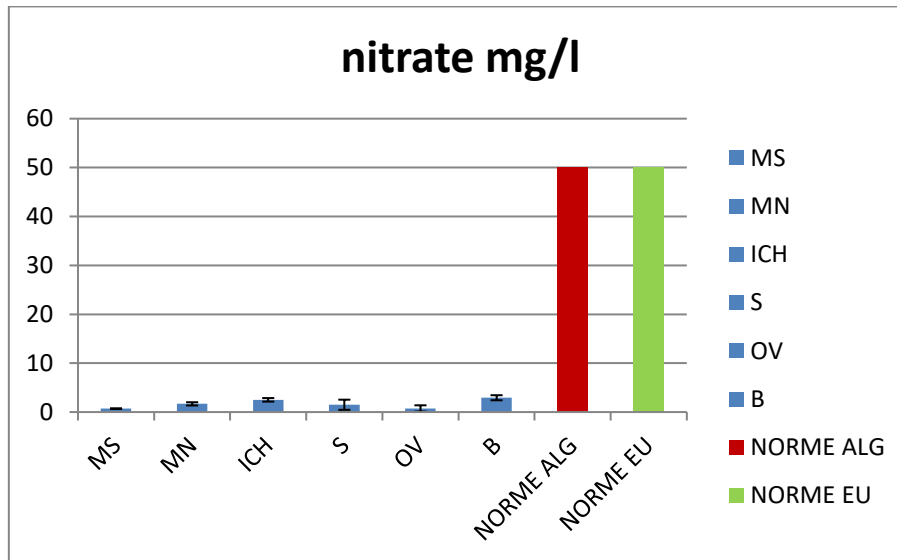


Figure 39: histogramme de Variation de nitrate mg/l des eaux de source étudiées.

V.16.Sodium Na⁺ :

La moyenne des teneurs en sodium des eaux de source étudiées sont comprises entre (3.7 mg/l) (B) et (8.5 mg/l) (MS)(**Annexe 02**). Toutes les valeurs obtenues sont très inférieures à la valeur maximale de la norme algérienne (200mg/l) et les normes européennes (200 mg/l) (normes de l'UE 1998)

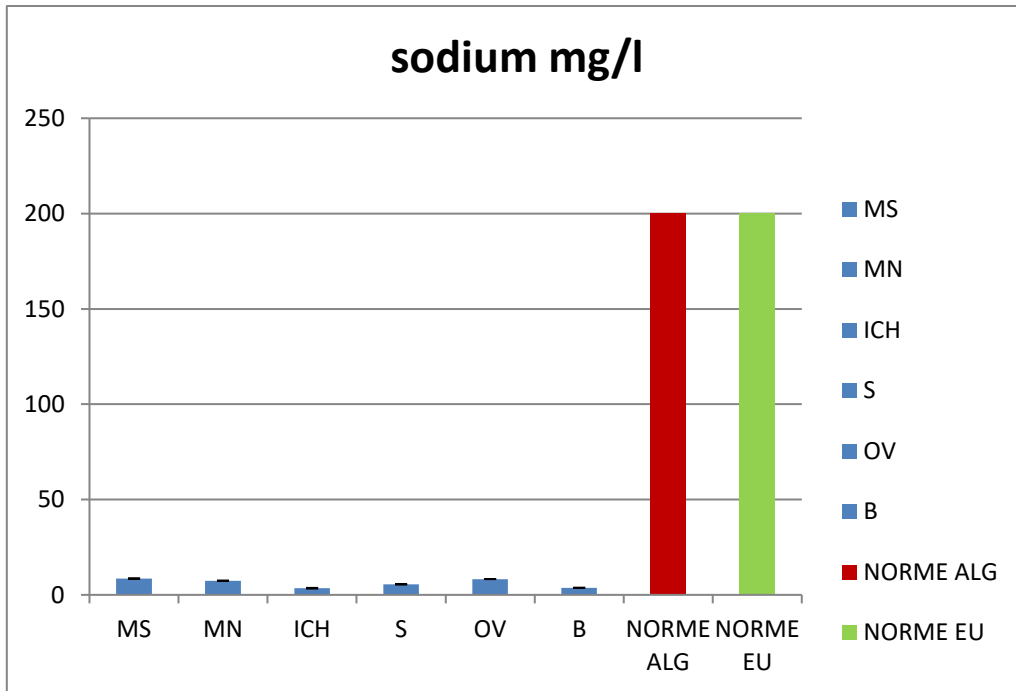


Figure 40: Histogramme de Variation de sodium mg/l des eaux de source étudié

V.17. bicarbonate :

La moyenne des teneurs en bicarbonate des eaux de source étudiées sont comprises entre (105.4 mg/l) (B) et (386.466 mg/l) (ICH) (Annexe 02) .

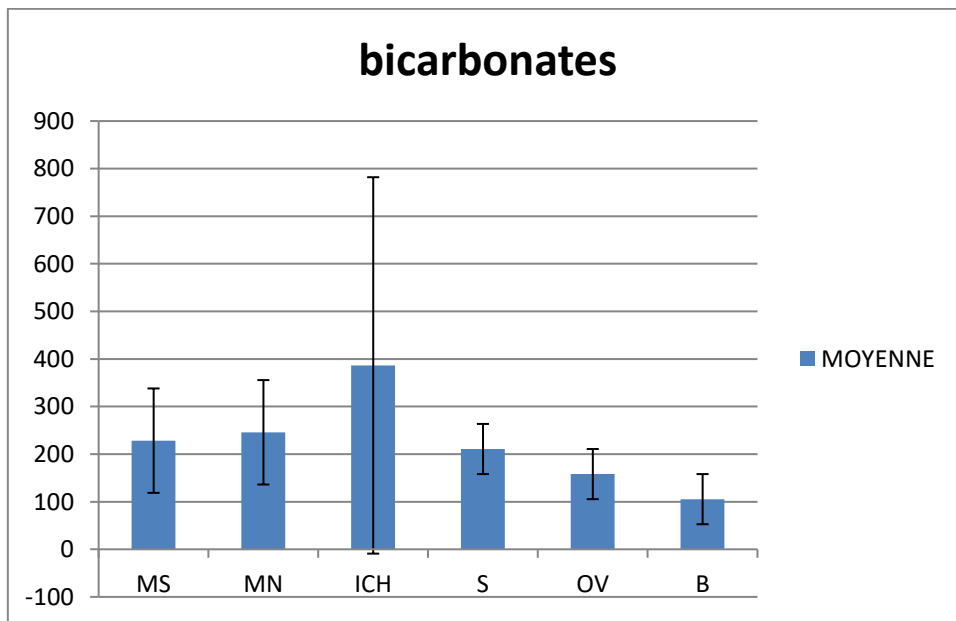


Figure 41 : Histogramme de Variation de bicarbonate mg/l des eaux de source étudiée

Comparaison entre les paramètres mesurés et les paramètres de l'étiquetage commerciale de différentes marques des eaux de sources étudiées :

1. La marque de Ms :

Selon la figure 42 on résulte que les valeurs de pH, le calcium, le magnésium et le potassium ainsi que les éléments indésirables tels que le nitrate et le nitrite ont des valeurs presque similaires avec les valeurs indiquées dans l'étiquetage commercial tandis que il y'a une différence remarquable entre les paramètres mesurés et les paramètres de l'étiquetage commerciale de paramètres suivants : (Cl^- , Na^+ , HCO_3^- , SO_4^-)

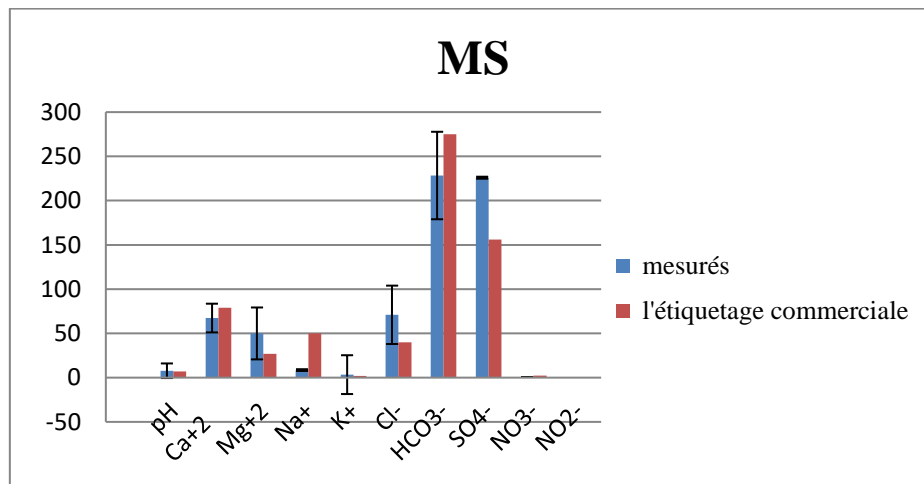


Figure 42 : histogramme comparatif entre les paramètres mesurés et les paramètres de l'étiquetage commerciale de la marque Ms

2. La marque de Mn :

Selon la figure 43 on résulte que les paramètres de pH, le potassium et les éléments indésirables tels que le nitrate et le nitrite ont des valeurs presque similaires avec celle de l'étiquetage commerciale. Par contre les paramètres restants ont des valeurs une fois supérieur aux valeurs de paramètres de l'étiquetage commerciale tel que : le magnésium, le chlore et le sulfate. Et une fois inférieur aux valeurs de l'étiquetage commerciale comme : le sodium, le calcium et le bicarbonate.

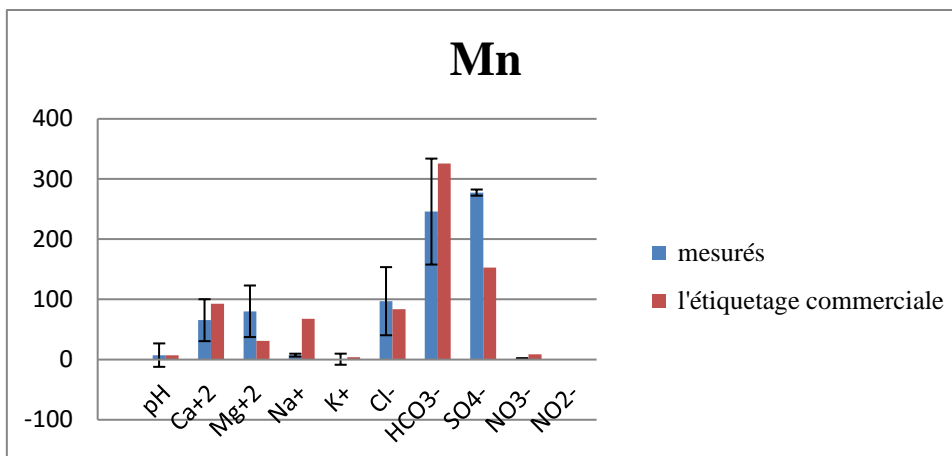


Figure 43 : histogramme comparatif entre les paramètres mesurés et les paramètres de l'étiquetage commercial de la marque Mn

3. La marque de B :

Selon la figure 44 on résulte que les valeurs de pH, potassium, et le nitrite ont des valeurs presque similaires avec les valeurs indiquées dans l'étiquetage commercial tandis que il y'a une différence remarquable entre les paramètres mesurés et les paramètres de l'étiquetage commerciale (Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ , Cl^- , SO_4^- , NO_3^-)

Remarque : La valeur de HCO_3^- non indiquée dans l'étiquetage commercial.

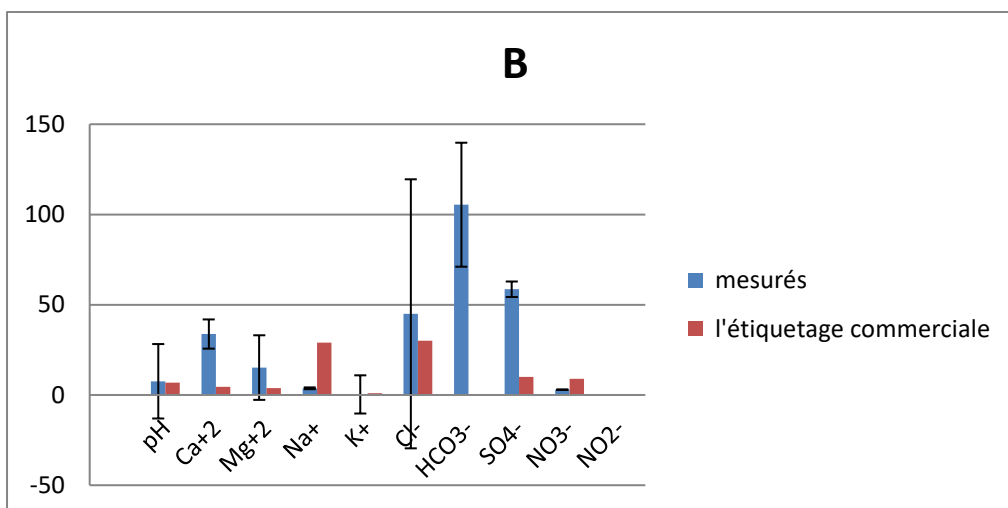


Figure 44: histogramme comparatif entre les paramètres mesurés et les paramètres de l'étiquetage commercial de la marque B

4. La marque de ICH :

Selon la figure 45 on résulte que les valeurs de pH, Ca^{+2} , potassium et le nitrite ont des valeurs presque similaires avec les valeurs indiquées dans l'étiquetage commerciale tandis que il y'a une différence remarquable entre les paramètres mesurés et les paramètres de l'étiquetage commerciale (Mg^{+2} , Na^+ , Cl^- , HCO_3^- , SO_4^- , NO_3^-)

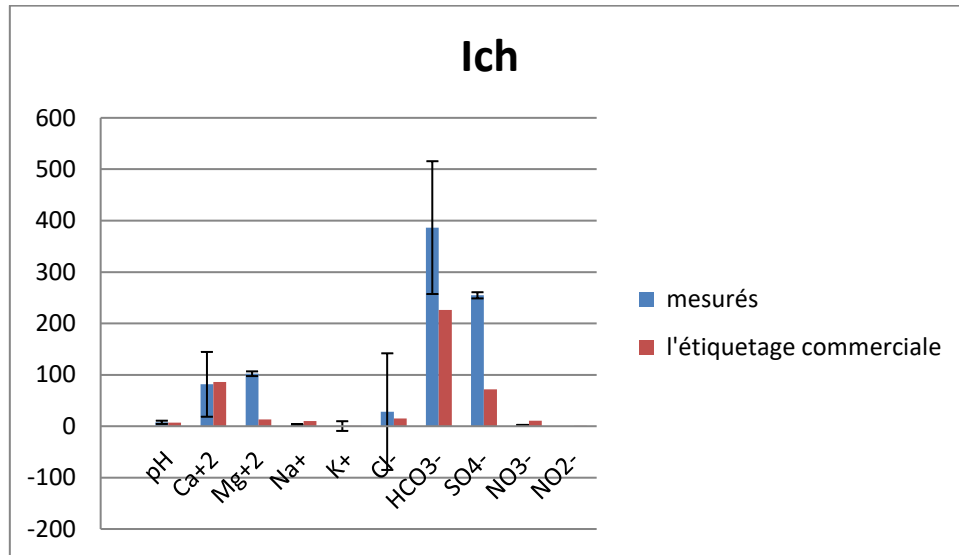


Figure 45: histogramme comparatif entre les paramètres mesurés et les paramètres de de l'étiquetage commerciale de la marque Ich

5- La marque de S :

Selon la figure 46 on résulte que les valeurs de calcium ; ph ; potassium et les élément indésirables tels que le nitrate et le nitrite ont des valeurs presque similaires avec les valeurs indiquées dans l'étiquetage commercial tandis que il y'a une différences remarquable entres les paramètres de l'étiquette commerciales (sulfate So_4 , magnésium Mg^+ , bicarbonates HCO_3^-)

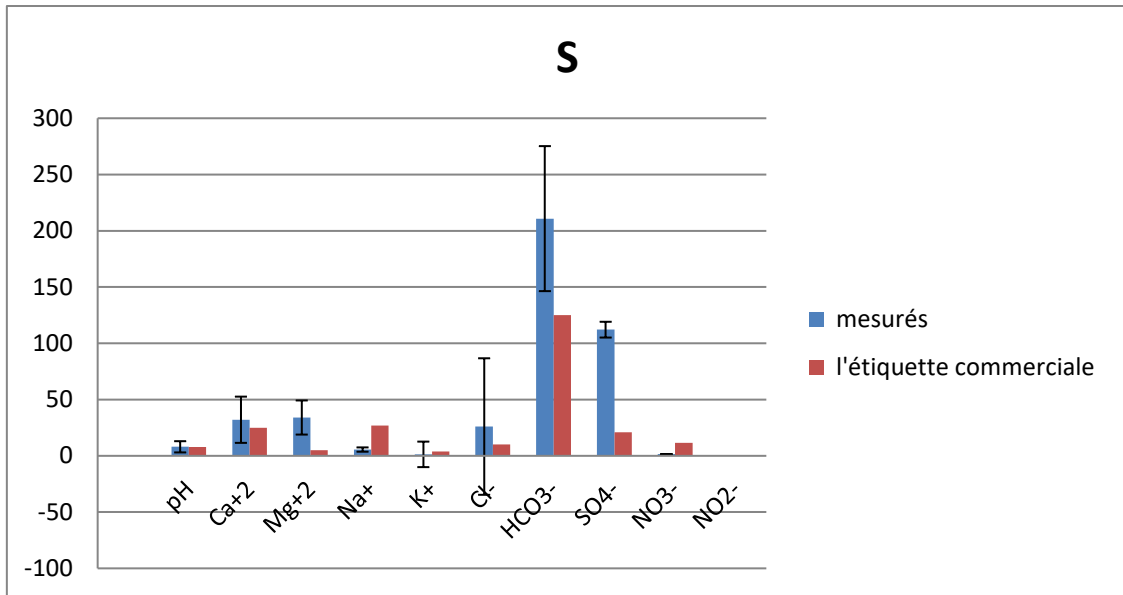


Figure 46 : histogramme comparatif entre les paramètres mesurés et les paramètres de l'étiquetage commercial de la marque **S**

6- La marque de **Ov** :

Selon la figure 47 on résulte que les valeurs de pH , potassium K^+ , bicarbonates Hco_3 , et les élément indésirables tels que le nitrate No_3 et le nitrite No_2 ont des valeurs presque similaires avec les valeurs indiquées dans l'étiquettes commerciales tandis que il y'a une différences remarquable entre les paramètres de l'étiquette commerciales (chlore Cl^- , sulfate So_4 , magnésium Mg^+ , calcium Ca^+).

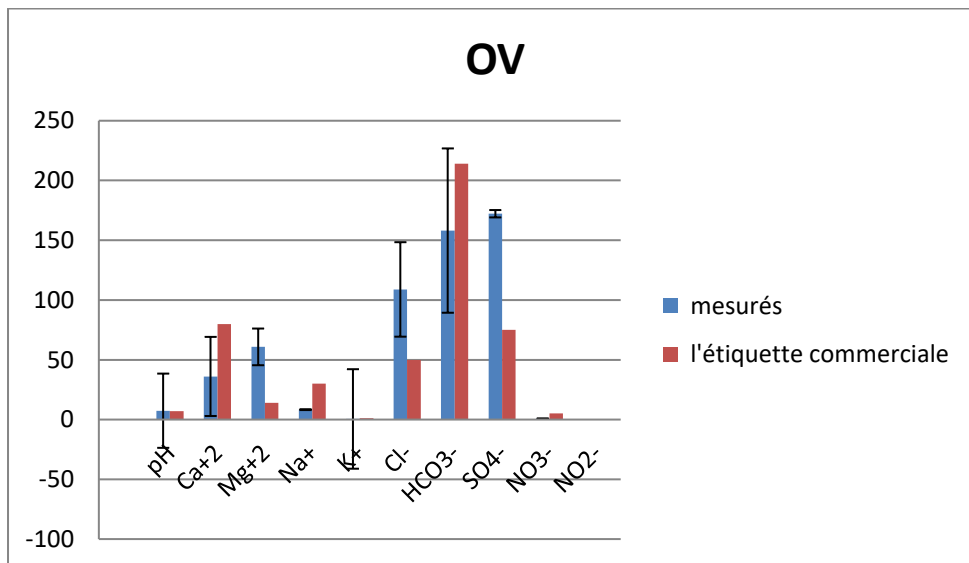


Figure 47: histogramme comparatif entre les paramètres mesurés et les paramètres de l'étiquetage commercial de la marque **Ov**

Conclusion générale

Conclusion générale :

L'eau est la source de vie, non seulement pour l'être humain mais aussi pour tous les types de plantes et d'animaux. Elle représente environ 65 % de la masse de notre corps. L'eau embouteillée ne contient aucun conservateur, elle est déjà préservée naturellement, mais elle doit encore être protégée contre tout abus risquant de la polluer, c'est la bouteille qui joue le rôle en la protégeant des agressions extérieures. Ce travail a pour but de voir la qualité physico-chimique des eaux de source embouteillées commercialisées dans la région de Laghouat, En assurant la conformité aux normes nationale et internationale. Les analyses physico-chimiques effectuées conformément aux normes de potabilité de l'eau, ainsi que au l'étiquetage commercial des eaux de source étudiées. C'est-à-dire on peut constater que la plus part des valeurs de paramètres étudiées sont respectées sauf dans quelque paramètres qui ne convient pas les valeurs de l'étiquetage commercial comme la marque d'eau (B) et (Ich). Selon (Simler, 2009) ce changement, ça peut être due aux conditions climatiques comme la sécheresse et la précipitation de l'origine de provenance de ces eaux. Comme il montre l'Annexe 5. A partir des résultats obtenus lors des analyses physico-chimiques effectuées et l'étiquetage commercial, en ressort que :

Les marques Ms et Mn sont des eaux bicarbonatées sulfatées par rapport aux autres marques car ces valeurs sont toujours supérieures à 100 mg/l.

La marque Mn est l'eau la plus magnésienne que les autres marques selon l'étiquetage commercial.

Les marques Ms, Mn et Ich sont les plus sulfatées que les autres marques.

La marque B est une eau sodique car elle est riche en sodium.

La marque S est une eau bicarbonatée car elle est riche en bicarbonate 125 mg/l.

Les marques Ich et Ov sont des eaux calciques bicarbonatées.

Enfin, les besoins en eau varient d'une personne à l'autre selon l'âge et la condition, et cela est dû aux différentes proportions des composants de base de l'eau. Et en conclure que Les marques Ms, Mn et Ov sont les eaux les plus bicarbonatées que les autres marques où la teneur en HCO_3^- atteint 300 mg/l.

L'application rigoureuse de système HACCP (Hazard Analysis Critical Control Point) permet de prévenir les risques de contamination et d'assurer la sécurité des produits alimentaires comme le cas des eaux de source embouteillées, tout au long de la chaîne de production.

ANNEXES

Annexes 01 :

❖ Les réactifs :

✓ Annexe : Dosage de la dureté totale (TH)

- Solution d'EDTA qui se compose de sel disodique de l'acide éthylène diamine Tétracétique 3,725 g et d'eau désionisée à q.s.p.1000ml.
- Solution du noir d'Eriochrome T à 0.5% : qui se compose du noir d'Eriochrome à 0.5 g et du tri-éthanol-amine à q.s.p. 100ml
- Solution tampon pH=12, qui se compose de :
 - Chlorure d'ammonium (NH₄Cl)67.5g
 - Ammoniaque concentrée (d=0.925)570ml
 - Sel disodique de magnésium de l'EDTA (C₁₀H₁₄N₂ Na₂O₈ 2H₂O).5g
 - Eau désionisée.....q.s.p 1000 ml

✓ Annexe : Dosage du calcium Ca⁺²

- solution d'acide éthylène diamine tétra-acétique EDTA pour le titrage.
- Solution tampon pH=10
- une pincé de calcon

✓ Annexe : Dosage du sodium Na⁺ et potassium K⁺

- Acide nitrique.
- Solution mère étalon de sodium à 100 mg/L.
- chlorure de sodium déshydraté 254,2 mg, eau déionisée ou ultra-pure 1 L
- Solution fille étalon de sodium à 1 mg/L.(Rodier et al., 2009)

✓ Annexe : Dosage de Nitrite (NO₂⁻)

Réactifs mixte :

- Sulfanilamide40g
- Acide phosphorique.....100ml
- N-1-Naphtyl éthylène diamine2g
- Eau distillée.....q.s.p.1000ml

✓ Annexe : Dosage du Sulfate SO₄²⁻

Réactifs :

Solution stabilisante :

- Acide chlorhydrique (c)60 ml.

- Ethanol.....200 ml.
- Chlorure de Sodium.....150 g.
- Glycérol.....100 ml.
- Eau distillée.....q.s.p. 1000 m

✓ **Annexe: Dosage de chlore cl-**
Réactifs :

- ✓ Solution de nitrate d'argent à 0,01 N : 1,6987g d'AgNO₃→1000 ml d'eau distillée
- ✓ Indicateur coloré K₂CrO₄ à 10 % : 10 g de K₂CrO₄ → q.s.p 100 ml d'eau distillée
- ✓ Solution de chlorures à 71 mg/l : 0.107g de NH₄Cl⁻1000ml d'eau 4*7
- ✓ Eau distillée

✓ **Annexe: Dosage de des Nitrate NO₃⁻**

Reactifs :

Solution de salicylate de sodium à 0.5 % (renouveler toutes les 24 h.).

- * 0.5 g de salicylate de sodium dans 100 ml d'eau distillée.

Solution d'hydroxyde de sodium 30 % :

- * 30 g de Na OH dans 100 ml d'eau distillée.

•H₂SO₄ concentré.

• Tartrate double de sodium et de potassium.

- * Hydroxyde de sodium Na OH..... 400 g.
- * Tartrate de sodium et de potassium 60 g.
- * Eau distillée..... q.s.p 1000 ml.

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

•Solution mère d'azote d'origine nitrique à 1000 mg/l :

- * Nitrate de potassium anhydre 0.722 g.
- * Eau distillée 1000 ml.
- * Chloroforme.....1 ml.

•Solution fille d'azote d'origine nitrique à 5 mg/l. (norme internationale iso 5667-3).

Dosage de sodium Na^+ :

❖ Reactifs :

Solution fille de sodium (Na^+) à 10 mg/l de la solution mère de Na Cl à 1000 mg/l dans 100 ml d'eau distillée (2,54 mg de Na Cl 1000cc d'H₂O distillée : solution mère de Na^+ à 1 g/l).

Solution fille de potassium (K^+) à 10 mg/l : 1 ml de la solution mère de K cl à 1 g/l dans 100 ml d'eau distillée (1.91 g de K cl 1000 cc d'H₂O distillée : solution mère de K^+ à 1 g/l).

Eau distillée

✓ Annexe des bicarbonates HCO_3^- :

Réactifs :

- _ Indicateur méthyle d'orange ;
- _ L'acide sulfurique

Annexes 02 :

1. pH (potentiel d'hydrogène)

Annexe : résultats d'analyse du pH des échantillons d'eaux analysées

les noms des eaux	Ms	Mn	ich	S	Ov	B
Echantillon 1	8,09	7,37	7,71	7,96	7,4	7,71
Echantillon2	7,44	7,52	6,72	8,03	7,46	6,72
Echantillon 3	7,83	7,31	8,35	8,05	7,33	8,35
pH	7,786666667	7,4	7,593333333	8,013333333	7,396666667	7,593333333
Ecart type	0,327159492	0,108166538	0,8212389	0,04725816	0,06506407	0,8212389

La température :

Annexe : résultats d'analyse de température des échantillons d'eaux analysées

Marque	Ms	Mn	ich	S	Ov	B
Echantillon 1	20,1	21	21,3	21,3	21,3	20,7
Echantillon 2	20,8	20,9	21,3	21,4	21,2	2,7
Echantillon 3	20,8	20,8	21,6	21,3	21,2	20,7
Température °C	20,56666667	20,9	21,4	21,33333333	21,23333333	14,7
Ecart type	0,404145188	0,1	0,17320508	0,05773503	0,05773503	10,39230485

2. la conductivité électrique :

Annexe: les résultats d'analyse de la conductivité électrique des échantillons d'eaux analysées

Noms des eaux	Ms	Mn	B	Ich	S	OV	NA	NE
Echantillon 1	941	842	146. 5	558	282	776	/	/
Echantillon 2	866	846	134. 2	561	275	783	/	/
Echantillon 3	867	846	133. 6	560	274	785	/	/
Conductivité	891.33 3	844.66 6	138. 1	559.66 6	277	781.333	280 0	250 0
Ecart type	43.0155	2.30940 1	7.280 7	1.52752	4.35889 9	4.72581 6		

3. TDS :

Annexe : les résultats d'analyse de TDS dans les échantillons d'eaux analysées

Noms des eaux	MS	Mn	B	Ich	S	OV	NA
Echantillon1	462	413	69.4	271	135.1	379	/
Echantillon2	425	415	63.5	272	131.3	383	/
Echantillon3	425	414	63.2	272	131.1	384	/
TDS	437.333	414	65.366	271.666	132.5	382	1000
Ecart type	21.36196	1	3.496188	0.57735	2.253886	2.645751	

4. la minéralisation :

Annexe: les résultats d'analyse de minéralisation des échantillons d'eaux analysées

Noms des eaux	Ms	Mn	B	Ich	S	Ov
Echantillon1	713.78	638.69	111.12	423.26	213.9	588.63
Echantillon2	656.89	641.72	101.79	425.54	208.59	594.69
Echantillon3	657.65	641.72	101.34	424.78	207.84	595.45
Minéralisation	676.106	640.71	104.75	424.526	210.11	592.923
Ecart type	32.62828	1.749371	5.521168	1.160919	3.30358	3.73750

Echantillon1	00	00	00	00	00	00	/	/
--------------	----	----	----	----	----	----	---	---

5. la salinité :

Annexe: les résultats d'analyse de salinité des échantillons d'eaux analysées

Noms des eaux	Ms	Mn	B	Ich	S	OV
Echantillon1	0.462	4.13	0.694	2.71	1.35	3.79
Echantillon2	0.425	4.15	0.635	2.72	1.31	3.83
Echantillon3	0.425	4.41	0.632	2.72	1.31	3.84
Salinité	0.43733	4.23	0.653667	2.71666	1.32333	3.82

Echantillon2	00	00	00	00	00	00	/	/
Echantillon3	00	00	00	0.02	00	00	/	/
Le nitrite	00	00	00	00	00	00	0.2	0.5
	Ms	Mn	B	Ich	S	OV	NA	NE
Echantillon1	00	00	00	00	00	00	/	/
Echantillon2	00	00	00	00	00	00	/	/
Echantillon3	00	00	00	0.02	00	00	/	/
Le nitrite	00	00	00	00	00	00	0.2	0.5

6. la turbidité :

Annexe : les résultats d'analyse de turbidité des échantillons d'eaux analysées

Nomes des eaux	Ms	Mn	B	Ich	S	OV	NA
Echantillon1	0.98	1.07	1.43	0.797	0.745	1.6	/
Echantillon2	0.96	1.47	0.92	0.89	0.918	0.78	/
Echantillon3	0.86	1.71	0.8	0.87	0.881	1.12	/
Turbidité	0.93333	1.41666	1.05	0.8523	0.848	1.1666	5
Ecart type	0.064291	0.323316	0.334515	0.048952	0.09109	0.4119	

7. Le calcium Ca²⁺ :

Annexe: résultats d'analyse du Calcium des échantillons d'eaux analysées

Noms des eaux	Ms	Mn	B	ich	S	Ov
Echantillon 1	89,76	64,128	20,04	52,104	28,056	28,056
Echantillon 2	56,112	64,128	20,04	156,312	36,072	40,08
Echantillon 3	56,112	68,136	61,2	36,072	32,064	40,08
Calcium mg/l	67,328	65,464	33,76	81,496	32,064	36,072
Ecart type	19,42668186	2,31401988	23,7637371	65,286535	4,008	6,942059637

8. Le magnésium Mg²⁺ :

Annexe: résultats d'analyse de Magnésium des échantillons d'eaux analysées

Noms des eaux	Ms	Mn	B	ich	S	Ov
Echantillon 1	16,06	72,96	48,64	272,38	26,752	60,8
Echantillon 2	63,232	94,848	9,728	-21,888	24,32	58,368
Echantillon 3	70,528	72,96	-12,81	55,936	51,072	63,232
Magnésium mg/l	49,94	80,256	15,186	102,142667	34,048	60,8
Ecart type	29,56685144	12,6370427	31,0864592	152,478543	14,7932785	2,432

9. Le potassium K⁺ :

Annexe: résultats d'analyses de Potassium des échantillons d'eaux analysées

Noms des eaux	Ms	Mn	B	ich	S	Ov
Echantillon 1	3,4	0,7	0,3	0,3	1,3	0,5
Echantillon 2	3,4	0,6	0,3	0,3	1,3	0,5
Echantillon 3	3,4	0,6	0,3	0,3	1,3	0,5
Potassium mg/l	3,4	0,633333333	0,3	0,3	1,3	0,5
Ecart type	0	0,057735027	0	0	0	0

10. Le nitrite NO₂⁻ :

Annexe : les résultats d'analyse de nitrite des échantillons d'eaux analysées

échantillon	Ms	Mn	B	Ich	S	Ov	NA	NE
Nitrite mg/l	00	00	00	00	00	00	0.2	0.5

11. Chlore :

Annexe : résultats d'analyse du chlore des échantillons d'eaux analysées :

Noms des eaux	Ms	Mn	ICH	S	OV	B
Echantillon 1	78,1	99.4	28.4	21.3	49.7	106.5
Echantillon 2	63,9	92.3	28.4	35.5	42.6	106.5
Echantillon 3	71	99.4	28.4	21.3	42.6	113.6
Chlore	71	97.0333	28.4	26.033333	44.9666667	108.8666667
Ecart type	7.1	4.099186911	4.35117	8.1983738	4.0991869	4.09918691 1

12. Sulfate :

Annexe : résultats d'analyse du sulfate des échantillons d'eaux analysées :

Noms des eaux	Ms	Mn	ICH	S	OV	B
Echantillon 1	222.85	291.43	373.55	96.03	154.48	49.31
Echantillon 2	216.94	242.29	226.39	112.08	165.87	69.78
Echantillon 3	237.88	298.78	164.24	118.28	196.26	56.64
Sulfate	225.89	277.5	254.726667	112.13	172.203333	58.5766667
Ecart type	10.7959298	30.7134124	107.493693	14.0718691	21.5980423	10.3715107

13. Nitrate :

Annexe : résultats d'analyse du nitrate des échantillons d'eaux analysées :

Noms des eaux	Ms	Mn	ICH	S	OV	B
Echantillon 1	0.78	1.77	2.09	0.33	1.06	3.04
Echantillon 2	0.67	1.95	2.77	1.82	0	2.36
Echantillon 3	0.64	1.31	2.64	2.33	1.16	3.38
Nitrate	0.69666667	1.676666667	2.5	1.493333333	0.74	2.92666667
Ecart type	0.0737111	0.330050501	0.360970913	1.0392465	0.6428063	0.51935859

14. Sodium :

Annexe : résultats d'analyse De sodium des échantillons d'eaux analysées :

Noms des eaux	Ms	Mn	ICH	S	OV	B
Echantillon 1	8.4	7.4	3.4	5.6	8.3	3.7
Echantillon 2	8.5	7.4	3.4	5.5	8.3	3.7
Echantillon 3	8.7	7.4	3.7	5.6	8.3	3.7
Sodium	8.533333333	7.4	3.5	5.566666667	8.3	3.7
Ecart type	0.1527525	1.08779	0.173205081	0.057735	0	5.43896

15. Bicarbonates :

Annexe : résultats d'analyse De bicarbonates des échantillons d'eaux analysées :

Noms des eaux	Ms	Mn	ICH	S	OV	B
Echantillon 1	10.5	158.1	843.2	263.5	105.4	52.7
Echantillon 2	263.5	210.8	158.1	210.8	210.8	105.4
Echantillon 3	316.2	368.9	158.1	158.1	158.1	158.1
Bicarbonate	228.366667	245.933333	386.4666667	210.8	158.1	105.4
Ecart type	109.7038	109.7037982	395.5426694	52.7	52.7	52.7

Annexe 03 : Les réglementations applicables à l'exploitation des eaux embouteillées en Algérie

Les textes adoptés répondent à deux objectifs fondamentaux, à savoir le respect des qualifications requises pour la sélection de ces types d'eaux et pour leur consommation et le respect de l'environnement (**Hazzab, 2011**). Les eaux souterraines sont de droit public et leur exploitation est soumise à l'accord de l'autorité compétente de l'Etat. La concession d'exploitation est réglementée par le décret exécutif 04-196 du 15/07/2004, modifié et complété par le décret 13-298 (**Zella.L, 2024**). Ainsi le décret exécutif n 04-196 du 15 juillet 2004, définit l'eau de source comme étant une eau d'origine exclusivement souterraine apte à la consommation humaine, microbiologiquement saine et protégée contre les risques de pollution (**JORADP, 2004**). Au sens du présent décret, l'eau minérale naturelle est une eau microbiologiquement saine provenant d'une nappe ou d'un gisement souterrain, exploitée à partir d'une ou plusieurs émergences naturelles ou forées, à proximité desquelles elle est conditionnée. Elle se distingue nettement des autres eaux destinées à la consommation humaine par sa nature caractérisée par sa pureté, et par sa teneur spécifique en sels minéraux, oligo-éléments ou autres constituants. Ces eaux minérales naturelles peuvent posséder des propriétés thérapeutiques favorables à la santé humaine. (**JORADP, 2004**). L'exploitation des eaux minérales naturelles et des eaux de source à des fins commerciales ne peut être exercée que pour des eaux dont la qualité d'eau minérale naturelle ou d'eau de source a fait l'objet d'une procédure de reconnaissance, et, exclusivement, en vertu d'une concession d'exploitation à des fins commerciales d'eaux minérales naturelles et d'eaux de source. Lors des différents contrôles effectués par l'exploitant ou par les services concernés de l'Etat et notamment ceux relevant du ministère chargé des ressources en eau, du ministère chargé de la santé et du ministère chargé de la protection du consommateur, toute variation constatée dans les caractéristiques de l'eau minérale naturelle ou l'eau de source doit faire l'objet d'une nouvelle analyse des propriétés de l'eau auprès des laboratoires prévus par l'article 13. Lorsque l'eau, de façon temporaire, présente un danger pour la santé ou ne présente plus les caractéristiques ou les qualités qui lui ont été reconnues lors de la reconnaissance de sa qualité d'eau minérale naturelle ou d'eau de source, la concession est suspendue jusqu'à rétablissement de la qualité de l'eau qui prévalait lors de l'octroi de la concession concernée. Le rétablissement de cette qualité ne peut être décidé qu'après un nouvel examen par la commission permanente. Conformément aux dispositions de l'article 114 de la loi n° 83-17 du 16 juillet 1983, susvisée, il est institué autour de chaque point d'eau minérale naturelle ou d'eau de source un périmètre de protection qualitative. (**JORADP, 2004**)

Annexes 04 :

Les meilleures marques d'eaux pour la santé en France :

Ces 4 eaux minérales en bouteille sont les meilleures au France et en peut dire dans le monde pour votre santé :

La marque d'eau	Leurs caractères
Evian	Un taux élevé de sels minéraux, un pH faible
Volvic	Est souvent citée comme l'une des meilleures eaux minérales en raison de sa composition équilibrée en minéraux essentiels et de son pH neutre.
Nestlé	Sa composition équilibrée en minéraux essentiels et de son pH neutre
Mont Roucous	Faible teneur en sodium", "ce qui est bénéfique pour ceux qui cherchent à limiter leur consommation de sel"

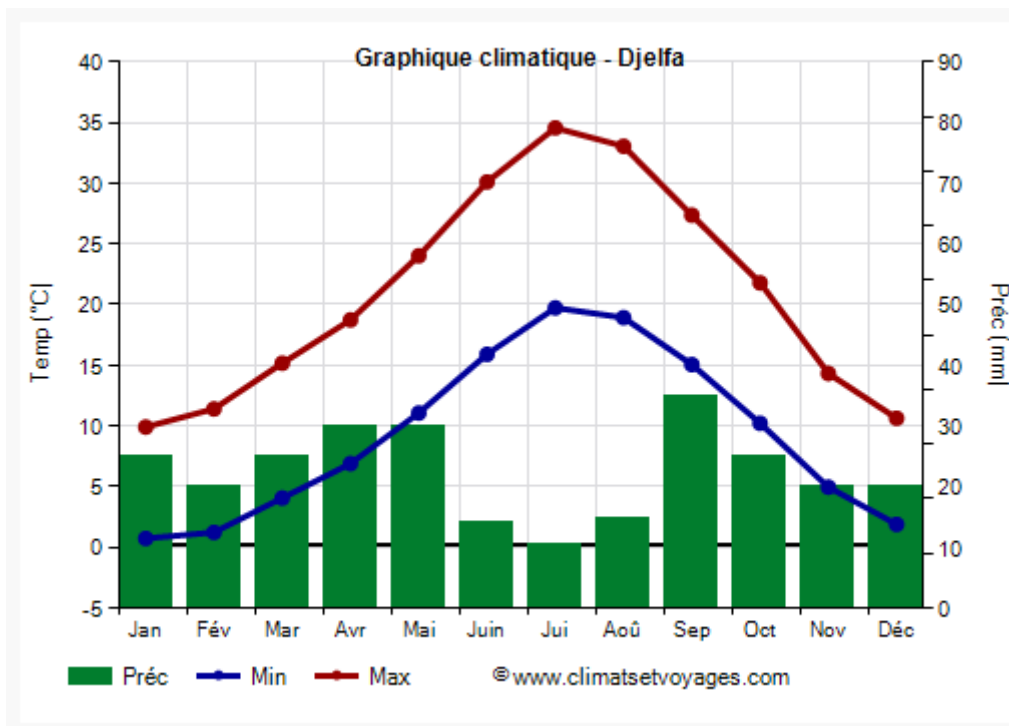
(Jonathan H,2024)

Annexe 05 :

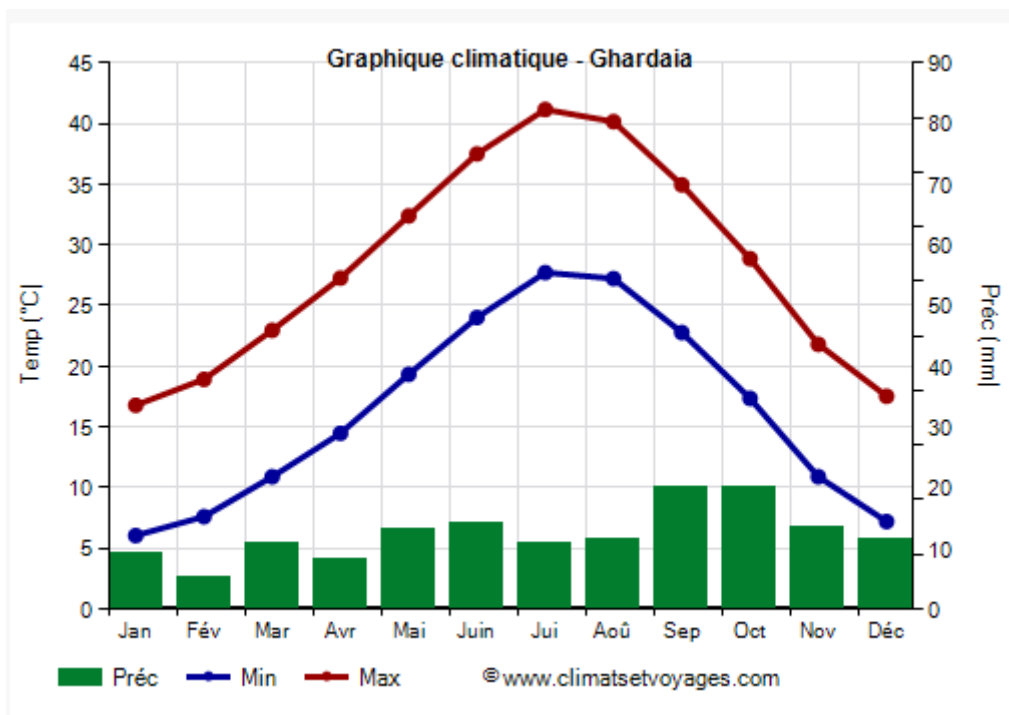
Tableau : Provenance des eaux de source embouteillées étudiées.

Les noms des eaux	Wilaya de provenance
Ms	DJELFA
Mn	BISKRA
B	EL TAREF
Ich	BATNA
S	GHARDAIA
Ov	BEJAIA

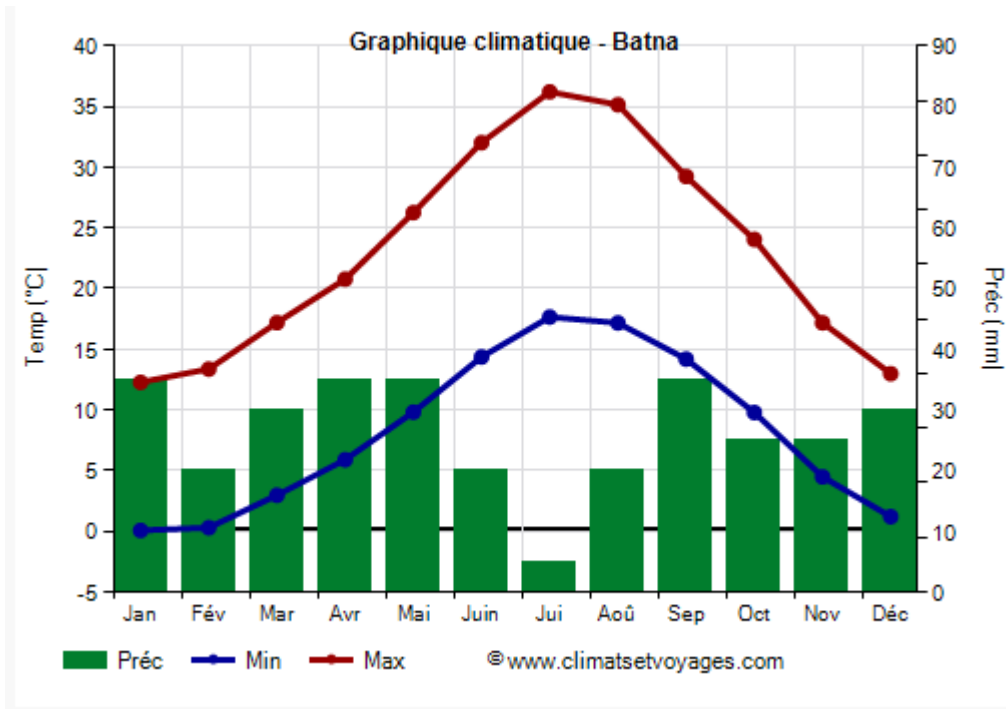
Graphique climatique (Djelfa) [1] :



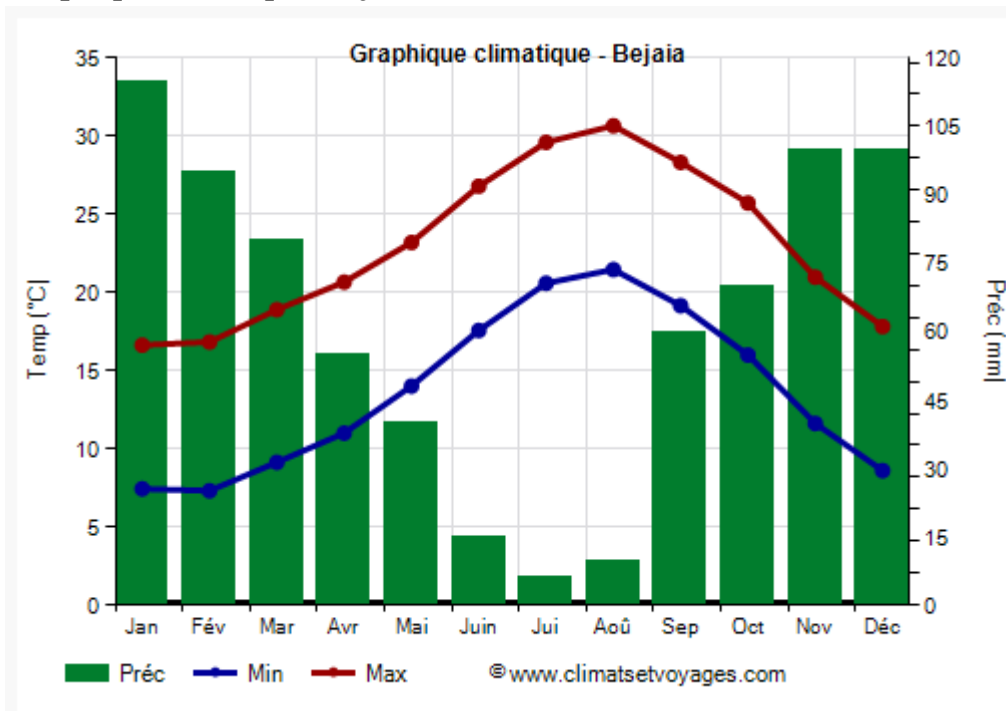
Graphique climatique (Ghardaia) [2]:



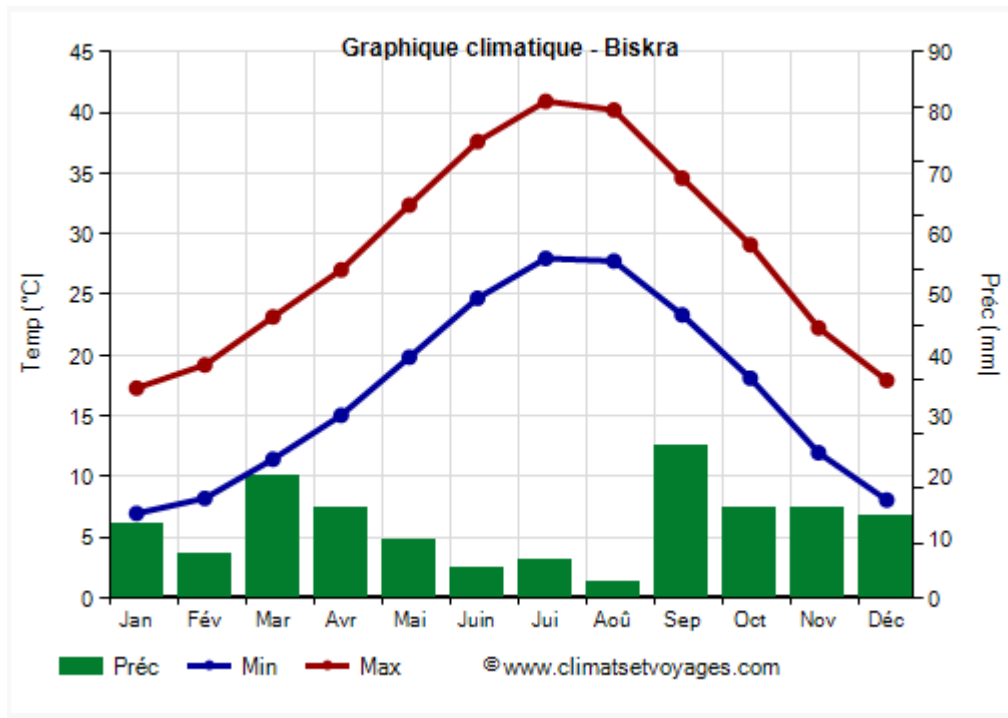
Graphique climatique (Batna) [3]:



Graphique climatique (Bejaia) [4] :



Graphique climatique (Biskra) [5] :



Références bibliographiques

Références bibliographiques :

A

A.Bedoud, I.Benouikes, A.Boukharouba. « La qualité physicochimique et bactériologique de l'eau de surface de Guelma ».Mémoire de master. Université de Guelma, 2008.

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 Talet N et Abdellaoui M (2019). Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux embouteillées commercialisées en Algérie, Mémoire de Doctorat en pharmacie. Université Aboubaker Belkaid, 148 p

AFSSA, 2003 (selon les recommandations de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments AFSSA) du 2.12.2003)

Algérie presse service ; ressources en eau : 60ans de réalisations pour assurer la sécurité hydrique, 17juillet 2022

Allen B., Aramini J., Copes R., Holt J., Melean M., Sears W., Wilson J. (2000). Qualité de l'eau potable et utilisation des services de santé pour des troubles rénaux et hypertensive dans le Grand Vancouver. Santé Canada.

A.KHADRAOUI, S .TALEB, « Qualité des eaux dans le sud algérien (potabilitépollution et impact sur le milieu) », (2008).

Arjen (2010). Connaissances des méthodes de captage des eaux souterraines. Un manuel sur l'hydrologie appliquée, l'équipement et le développement des forage ,fondation PRACTICA, Oostende p10.

ARRETE international du22 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 2006. P9)

Aminot, A. et kerouel , R. (2004). Hydrologie des écosystèmes marins : paramètres et analyses. Editions Ifremer, France.

Abdesselem, A. (1999). Suivie de La qualité microbiologique et physicochimique de trois serres alimentant de la région de Tlemcen. Institut de biologie, Université De Tlemcen

B

Bataille M., BEAUME S., BERTOCCHIO J.P., CITARDA, S., HANF, W., VRIGNEAUD L. (2016). Prescription des eaux riches en bicarbonate en France : les malades au cœur de la prise en charge pour les néphrologues et les urologues. *Néphrologie& Thérapeutique*, 12(1) : 38–47.

Bellmont J., Bolla M., Briers E., Cornford P., De Santis M., Grosst et Mottet N. (2017). Guidelines on Prostate Cancer. *European Urology*, 71(4) : 630–642

Bouhali A, Charef I et Cheikh K (2020). Les eaux minérales naturelles embouteillées et commercialisées en Algérie : Qualité et vertus thérapeutiques. Mémoire de Master. Université 8 Mai 1945 Guelma, 94p

Bligny J.C et Hartemann P. (2005). Les eaux minérales naturelles et les eaux de source : cadre réglementaire et technique. *C. R. Geoscience* 337, 279–284

Brouard J., Duhamel J. (2010). L'eau et l'hydratation : une nécessité pour la vie. *Journal de pédiatrie et de puériculture*, 23 : 9-12. Méditerranéen de Montpellier

BOUTI N-E., BRIK F., 2017, étude d'évolution de la qualité des eaux de la nappe du miocène destinée à L'AEP (CAS DE LA CUVETTE DE OUARGLA), Mémoire Master Génie Chimique, Université Ouargla,

p47.)

C

Chambre Syndicale des Eaux Minérales (CSEM). (2016). Les Français attachés à l'eau en bouteille : La qualité, la naturalité et la santé plébiscitées par les consommateurs. Paris

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.*

Colliffe J. (1856). Sur les eaux minérales naturelles en Algérie. *J. Pharm. Chim.*, 29 (3) 283 285.

Codex alimentarius : (CXS 108-1981). Norme pour les eaux minérales naturelles.

Copin-Montégut G. (1996). Chimie de l'eau de mer, Institut Océanographique.

CORMY, G.J., DEMIANS D.(1997). Les Possibilités Géothermiques de l'Algérie, U.N., Symposium on the Development and Utilization of Geothermal Resources, Pisa 1997 o., Vol. 2, Part1, Issue 2 Geothermics

D

Décret n° 89-369 du 6 juin 1989 relatif aux eaux minérales naturelles et aux eaux potables préemballées

Décret exécutif n°04-196 du 15 juillet 2004 relatif à l'exploitation et la protection des eaux minérales naturelles et des eaux de source. / Art3.

Degremont G., (2005). Mémento technique de l'eau, Tome 1, 10^{ème} édition, Edit. Tec et

Desjardins. R (1988).le traitement des eaux. Edition de l'école polytechnique de Montréal.

Directive 80/777/CEE du 15 juillet 1980 modifiée par la directive 96/70/CE relative au rapprochement des législations des États membres concernant l'exploitation et la mise dans le commerce des eaux minérales naturelles, Publication des Communautés européennes, Luxembourg.doc, PP: 3- 38.

Dupont C. (2015). Eaux minérales naturelles et transit intestinal. Cahiers de nutrition et de diététique. 50 : 38-43.

E

EFSA Panel on Dietetic Products Nutrition and Allergies (NDA) (2011) Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to water and maintenance of normal physical and cognitive functions (ID 1102, 1209, 1294, 1331), maintenance of normal thermoregulation (ID 1208) and "basic requirement of all living things" (ID 1207) pursuant to Article 13(1) of Regulation (EC) No 1924/2006. EFSA Journal 9:2075

Encyclopédie. (2006). L'eau. Edition. Encarta

F

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.

F.Sekiou et A.Kellil. (2014).CARACTERISATION ET CLASSIFICATION EMPIRIQUE, GRAPHIQUE ET STATISTIQUE MULTIVARIABLE D'EAUX DE SOURCE EMBOUTEILLEES DE L'ALGERIE

Faiez MAALOUL. Quelles sont les menaces de la nappe phréatique et comment la protéger ?
Publié le 26 septembre 2019.

Farch S (2017).Incidence des eaux embouteillées sur la dissolution de l'hydroxyapatite dentaire. Influence de différents paramètres. Thèse de doctorat. Université DjillaliLiabes Sidi Bel Abbès, 251 p

Festy B, Hartemann P, Ledrans M, Levallois P, Payment P, Tricard D (2003).Qualité de l'eau. In : Environnement et santé publique - Fondements et pratiques, pp.333-368.

G

G. de Marsily, 1995. La protection des eaux minérales et des eaux de source: des zones de protection renforcées ?, La Houille Blanche, 81:2-3, 77-80, Published online : 01 Aug 2009

Gay, G. Hartemann,p. (2009). Fiche de recommandation alimentaire. Club de réflexion des cabinets et groupes d'hépatogastroentérologie

H

H. Leclerc, A. Moreau, Microbiological safety of natural mineral waters, FEMS Microbiol. Rev. 26 (2002) 207–222.

Hanriot M. (1911). Les eaux minérales de l'Algérie. Ed. Dunod et Pinat, Paris, 412P.
Disponible en ligne : <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k5849085x/f10.item>

Hauissi, A., Houhmdi, M. Contribution à l'étude de la qualité de l'eau de quelques sources et puits dans les communes de Belkebir et Boumahra Ahmed (Wilaya de Guelma, Nord est Algérien).

HazzabAbdekrim. (2011). Eaux minérale et eaux de source en Algérie. Geoscience, 343 (1)

Herch A. et Langguth H. R. (1995). Ressource et classification des eaux minérales et thermales en Allemagne. La Houille Blanche N° 213. <http://dx.doi.org/10.1051/lhb/1995020>

Huret H. (2018). Les Eaux de Consommation Humaine et la Santé Publique : nutrition et santé. Ed Larousse, Paris.

J

JORADP (2000). Caractéristiques de qualité d'une eau de source. Journal officiel de la République Algérienne. N° 51 au 20 Aout 2000

JORADP (2004). Décret Exécutif N° 04-196 du 15 Juillet 2004, relatif à l'exploitation et la protection des eaux minérales naturelles et des eaux de sources, Journal officiel de la république Algérienne.

JORADP (2006). Arrêté interministériel du 22 Janvier 2006, fixant les proportions d'éléments contenus dans les eaux minérales naturelles et se sources ainsi que les conditions de leur traitement ou les adjonctions autorisées. Journal officiel de la république Algérienne.

JORADP (2015). Caractéristiques de qualité des eaux minérales naturelles et des eaux de sources. Journal officiel de la république Algérienne N°03. Du 27 Janvier 2015 p.25-28.

Journal officiel de la République algérienne démocratique et populaire 09 mars 2014, N° 13; 53ème année.

Jesus Cardenas 08 septembre 2017, quelle eau pendant la grossesse, Doctissimo

Jonathan Hamard, Ces 4 eaux minérales en bouteille sont les meilleures au monde pour votre santé30/05/2024 à 15:11, par le site aufeminin)

K

Kaci, M., Abtroun, A. (2013). Filière boissons en Algérie.

Kourchi K et Magri A.Y (2016). Etude piezometrique et hydrochimique des eaux souterraines de la plaine d' Ain Oussera. Mémoire de Master. Universite Ziane Achour Djelfa, 96 p .

Kumar S; Muttan S (2006). PCA based image fusion. Proc. SPIE 6233, Algorithms and Technologies for Multispectral, Hyperspectral, and Ultraspectral Imagery XII, 62331T; Doi:10.1117/12.662373.

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 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

Laboratoire SITE – EMSE, cité par ZABR : Le Rhône en 100 questions ;Ouvrage collectif sous la direction de Jean-Paul Bravard et Anne Clémens ; chap8

M

MANIA J. (1999): Cours d'hydrogéologie. Univ. Besançon.

Mechelkhatib ; l'eau dans le sol ;12/07/2021

Medfouni R (2019). Analyse et classification Hydro chimique et statistique multivariées des eaux embouteillées en Algérie. Mémoire de Master. Université Larbi ben M'hidi – Oum El Bouaghi, 137 p

Medjkoune L et Allou S. 2019. Analyse physico-chimique et microbiologique de l'eau minérale naturelle embouteillée (IFRI) et sa comparaison avec l'eau de robinet alimentée par le barrage TICHIAFF ; UNIVERSITE Abderahmane Mira Bejaia, p24-26

MORGANE GILLARD. 20/08/2022 ; Nappe phréatique :qu'est-ce que c'est (futura).

Mourey et Vernoux, (2000) ; Les risques pesant sur les nappes d'eau souterraine d'Ile-de-France

Maige, A. (2005). Qualité organoleptique de l'eau de consommation produite et distribuée par LEDM. SA dans la ville de Bamako : évaluation saisonnière. Thèse de doctorat en Pharmacie, Université de Bamako, Bamako, Mali.)

N

NF T90-014. AFNOR, Février 19

Normes de l'UE (Directive 98/83/CE du conseil du 3 NOV 1998).

O

OMS (Organisation mondiale de la santé) (1985) : Directives de qualité pour l'eau de boisson. Vol. 1. Recommandations Genève.p.129

Ossian Henry Perte et Ossian Henry Fils (1858): Traité pratique d'analyse chimique des eaux minérales potables et économiques, avec leurs principales applications à l'hygiène et à l'industrie.

Office fédérale de l'environnement OFEV (DIV-2508-F) L'eau souterraines ,2003

P

Phillippe Beaulieu. « Les propriétés de l'eau ». Le centre d'information sur l'eau.com.<https://www.cieau.com/auteur/philippe-beaulieu/> (2008)

Q

Qualité de l'eau — Échantillonnage — Partie 19: Lignes directrices pour l'échantillonnage des sédiments en milieu

R

Rabiet, M (2006) Contamination de la ressource en eau par les eaux usées dans un bassin versant méditerranéen: Apport des éléments majeurs, traces et terres rares. Thèse de Doctorat.Université Montpellier II Sciences et Techniques du Languedoc., 368 p.

Ramsar (2010). Gestion des eaux souterraines ; lignes directrices pour la gestion eaux souterraines en vue de maintenir les caractéristiques écologiques des zones humides.4ème édition, Switzerland, PP12-13.

Rodier Jean, Bernard LEGUBE, Nicole Marlet et coll. (2009). L'Analyse de l'eau (9ème édition), Analyse physico-chimiques des eaux naturelles : pH (Référence de qualité « eau potable ») p.86-87. Dunod

Rodier Jean, Bernard LEGUBE, Nicole Marlet et coll. (2009). L'Analyse de l'eau (9ème édition), Analyse physico-chimiques des eaux naturelles :Sodium et Potassium, méthode de spectrométrie d'émission de flamme p356-357. Dunod

RODIER, J. Legube, B. and Merlet, N., 2005. L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 8eme édition: Dunod, Paris.

Ronald V. (2010). Eau environnement et santé publique introduction à l'hydrologie 3e édition .paris.

ROUALI., 2001traitement des eaux. ED office de la publication universitaire Algerp156.

Roumaissae Boulaich ; L'eau : une source de vie éternelle ; Mar 01, 2023

Roignant, F. (2007). L'eau en mediterranne : usage enjeux.

Rejesek, (2002). Analyse des eaux ; aspects réglementaires et techniques>> ; centre régional de documentaires techniques pédagogiques.

Rodier. J,Bazin. C,Broutin . J.P, Chambon. P,Champsaur. H,Rodier. L,(1996) L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer , 8^eédition. Dunod, paris, France.)

S

Sawyer G.N, McCarty D.L (1967).Chemistry of sanitary engineers, 2ndedn. McGraw Hill, New York.

T

TasneemAbbasiS.A.Abbasi. (2012).Chapter 1: Why Water Quality indices, 1.1 Introduction in: Water quality indices. Page 3. Elsevier

U

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

V

Van der Aa M. (2003). Classification of mineral water types and com-parison with drinking water standards, Environ. Geol., 44(5) 554–563.

VERNOUX J.F, BUCHET R. (2010) – Améliorer la protection des captages d'eau souterraine destinée à la consommation humaine. Guide méthodologique, 67 p.

Vilagines R. (2010). Eau environnement et santé publique, introduction à l'hydrologie, 3ème édition. Pp 1-178

Z

Zella.L et Smadhi.D. (2016). Introduction in : L'eau : la gouvernance et l'éthiques [en ligne].Office publications universitaire, Algérie.

Zella.L ; Barouche. A ; Amirouche.M. (2024).L'eau minérale embouteillée en Algérie : quelles perspectives ?. Faculté des sciences de la nature et de la vie, Université de Blida 1, Algérie, Revue Nature et technologie.

Les sites internet :

[1] : <https://www.climatsetvoyages.com/climat/algerie/djelfa>

[2] : <https://www.climatsetvoyages.com/climat/algerie/ghardaia>

[3] : <https://www.climatsetvoyages.com/climat/algerie/batna>

[4] : <https://www.climatsetvoyages.com/climat/algerie/bejaia>

[5] : <https://www.climatsetvoyages.com/climat/algerie/biskra>

Site 1 : <https://www.clim-pac.fr/comment-protger-la-nappe-phreatique/>

Site 2 : <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k5849085x/f10.item>

Site3:<https://sigespoc.brgm.fr/spip.php?article18>

Site 4 : <https://www.cieau.com/auteur/philippe-beaulieu>

Site 5 : <https://www.lenntech.fr/eau-bouteille.htm#ixzz8azQ0sA1D>

Site 6 : <https://www.futura-sciences.com/planete/questions-reponses/eau-sont-differentes-sources-eau-potable-1057/>

Site 7 : <https://acces.ens-lyon.fr/acces/thematiques/limites/eau/comprendre/proprietes-physico-chimique-de-leau>

Site 8 : <https://eaumineralnaturelle.fr/sante-bienfaits/composition-des-eaux-minerales-bien-choisir-son-eau#:~:text=En%20cas%20d'exercice%20sportif,%3E%20200%20mg%20l>

Site 9 : <https://www.activeau.fr/repartition-eau-monde.htm>

Site 10 : http://www.ecoledepeche.be/Fr/Caracteristiques-physico-chimique-de-l-eau_233_2.html

Site 11 : <https://omijo.app/2021/01/05/notre-corps-perd-chaque-jour-2-litres-deau/>