

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



Université Mouloud MAMMERRI de Tizi Ouzou
Faculté des Sciences Biologiques et Sciences Agronomiques



Mémoire de fin D'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Spécialité : Biochimie de la Nutrition

Thème

**Etude de la qualité physico-chimique de
différentes eaux minérales consommées
en Algérie**

Réalisé par :

ABEDERRAHMANI LYDIA & BOUABBA NESRINE

Devant le jury:

Président : M^f BOUAZZA B. maitre de conférences A UMMTO

Promotrice : M^{me} OUALI - ABDOUNE S. maitre assistante chargée de cour UMMTO

Examinatrice : M^{me} SENANI-OULABRI N. maitre de conférences B UMMTO

Année universitaire : 2018/2019

REMERCIEMENT

Avant tout, nous remercions DIEU le tout puissant pour nous avoir donné la santé, le courage, la force, la volonté pour mener ce travail à terme.

Nous avons l'honneur et le plaisir de présenter notre profonde gratitude et nos sincères remerciements à notre promotrice

Mme ABDOUNE, pour sa précieuse aide, ces orientations et le temps qu'elle nous accordé durant notre encadrement.

Nous adressons nos sincères remerciements à Mr CHIBAH de nous avoir accueilli dans son laboratoire pour sa disponibilité, pour la confiance, et Mme Saada qui nous n'aurions pas pu réaliser notre travail sans son aide, également Mme HARCHAOUI pour l'aide qu'elle nous a accordé.

Nous remercions par ailleurs vivement les membres du jury de nous avoir fait l'honneur d'examiner notre travail et de juger nos efforts.

Enfin, nous remercions toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la concrétisation de ce mémoire.

Dédicace

Je dédie cet humble travail

A ma mère

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon grand respect, mon amour éternel et ma reconnaissance pour les sacrifices qu'elle m'a consentis pour mon éducation qui a fait de moi ce que je suis aujourd'hui. Rien au monde ne vaut l'effort qu'elle m'a fournis.

Je ne saurais point te remercier comme il se doit, ta présence à mes côtés a toujours été ma source de force et de réussite. J'implore dieu le tout puissant de t'accorder sa miséricorde, bonheur et longue vie.

A mon père

L'épaule solide, l'œil attentif, compréhensif et la personne la plus digne de mon estime et de mon respect, qui ne cesse constamment de m'enrichir de son expérience et de me prodiguer ses conseils. Que dieu te préserve et te procure santé et longue vie.

A mon mari Youcef, qui est toujours mon meilleur exemple dans la vie, pour les sacrifices qu'il a consentis pour mon avenir, la confiance qu'il m'a accordée, et sans qui je ne serais pas arrivée jusqu'ici. Je ne te remercierai jamais assez pour tes encouragements, ton soutien moral que tu n'as cessé d'offrir et ta présence à mes côtés durant ces années d'études.

Je te dédie ce modeste travail en témoignage de ma reconnaissance infinie et ma profonde affection et tendresse.

A celle qui malgré son jeune âge a été compréhensive et obéissante, ma très chère et adorable fille « **Eline** ».

A mes sœurs : Manel et son mari, Ferial, Chahrazed et Mimi qui m'ont soutenu, encouragé chaleureusement tout au long de mon parcours. Je vous remercie de tout cœur.

A mon grand frère Lyes, pour son soutien malgré la distance et sa gentillesse, ainsi qu'à sa femme Hayet.

A mon petit frère Zakaria pour son amour et mes neveux « Zinou, Samy, Ramdane et Aymen ».

A mes beaux parents, pour leur confiance et leur soutien moral. Recevez ici ma profonde gratitude.

A mes belles sœurs : Amel et son mari, ma chère Thileli adoré et son mari, qui m'ont soutenu et encouragé. Merci pour vos conseils si précieux.

A mes beaux frères : Dada Ahmed et Meziane, merci pour votre gentillesse et votre disponibilité.

A toutes mes amies, particulièrement : lyna, Lamia, doudou et Meriem, pour leur fidèle amitié et les bons moments passés ensemble.

A ma chère binôme Lydia, ma sœur de cœur, pour les moments de bonheur passés ensemble.

Nesrine

Dédicace

J'ai l'immense plaisir de dédier ce modeste travail de fin d'étude à :

*Ceux que j'aime le plus au monde, **mes chers parents** qui aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour vos sacrifices consentis, et leur soutien, dans les moments difficiles avec un tant d'amour et d'affection et qui ont souffert sans se plaindre pour m'élever et m'éduquer afin que j'atteigne ce niveau, que le bon dieu leur accorde une longue vie.*

A mes très chères sœurs, qui m'ont toujours encouragé et soutenu dans les moments les plus durs, je vous souhaite une vie pleine de bonheur et de succès et que dieu, vous protège et vous garde.

A mon chère et unique frère, que Dieu le protège.

A ma binôme et meilleure amie Nesrine, ce fut un immense plaisir de travailler et de partager tous ces moments avec toi malgré tes crises de nerfs qui m'ont toujours fait rire..

A toutes mes amies et personnes qui ont contribué de près ou de loin de réaliser ce modeste travail.



Lydia

Résumé

La consommation des eaux minérales s'est considérablement accrue ces dernières années. Cette étude a pour objectif d'effectuer une caractérisation physico-chimique des eaux minérales embouteillées, disponibles dans les commerces. Pour cela 148 analyses (méthodes titrimétriques, spectrométriques, spectroscopies d'absorption, photométrie de flamme) ont été effectuées. 13 paramètres ont été déterminés pour les 11 marques analysés dont certains ne figurent pas sur l'étiquette. Les résultats obtenus pour chaque paramètre étudié ont été confrontés aux normes algériennes et ont permis de les classer selon leur minéralisation globale, leurs composition physico-chimique et selon leurs dureté. Le logiciel de diagramme intégrant le diagramme de piper a permis de déterminer le faciès chimique global des eaux analysées. Cette étude met en valeur la richesse, la diversité des eaux minérales naturelles algériennes et la nécessité d'adapter leurs consommation en fonction de l'état physiologique et / ou pathologique des personnes. Ainsi cette étude a permis de déterminer les marques d'eau embouteillées adaptées à 12 catégories différentes de personne comme les nourrissons, les femmes enceintes, les sportifs, personnes âgées ou encore les personnes souffrant de calcul rénaux ou d'hypertension artérielle.

Mots clés : eau minérale, paramètres, méthodes, minéralisation, piper.

Abstract

The consumption of bottled water has increased considerably in recent years. The objective of this study is to carry out a physico-chemical characterization of bottled mineral waters, available in shops. For this purpose, 148 analyses (titrimetric methods, spectrometric, absorption spectroscopy, flame photometry) were carried out. With 13 parameters determined for the 11 brands collected, some of which are not included in the label. The results obtained for each parameter studied were compared with Algerian standards and made it possible to classify them according to their overall mineralization, their physico-chemical composition and their hardness. The diagram software integrating the piper diagram made it possible to determine the overall chemical facies of the analyzed waters. This study highlights the richness and diversity of Algerian natural mineral waters and the need to adapt their consumption according to the physiological and/or pathological state of people. Thus this and determined the brands of bottled water suitable for 12 different categories of people such as infants, pregnant women, sportswomen, the elderly or people suffering from urinary stones or high blood pressure.

Keywords: mineral water, parameters, mineralization, methods, piper.

TABLE DES MATIERES

LISTE DES ABREVIATIONS

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES FIGURES

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

INTRODCTION.....1

CHAPITRE I : GENERALITES SUR L'EAU

1-La structure de l'eau 3

2-Cycle de l'eau 4

3-Ressources hydriques naturelles..... 5

4-Captage de l'eau..... 7

5-Les normes de potabilité..... 12

6-Différents types d'eau de boisson..... 14

CHAPITRES II : L'EAU MINERALE

1-Définition de l'eau minérale naturelle..... 16

2-Origine et composition chimique de l'eau minérale 16

3-Caractéristiques de l'eau minérale naturelle 16

4-Classification des eaux minérales..... 17

5- Qualité de l'eau minérale..... 19

6- Lessel minereaux dans l'eau minerale..... 22

7-Les substances indésirables.....24

7- Les substances toxiques..... 25

8-Les paramètres microbiologique.....26

9-Critères de choix de l'eau minérale naturelle..... 27

10-Processus générales d'embouteillages de l'eau minérale naturelle..... 31

PARTIE EXPERIMENTALE

CHAPITRE III : MATERIELS ET METHODES

1-Materiels utilisées..... 34

2-Produits chimiques utilisés..... 35

3-Echantillonnage des eaux minérales embouteillées en Algérie.....35

4-Méthodes utilisées pour la détermination des paramètres physiques.....36

5-Méthodes utilisées pour la détermination des paramètres chimiques.....37

TABLE DES MATIERES

6-Etudes statistiques.....	47
CHAPITRE IV: RESULTATS ET DISCUSSION	
1-Présentation Globale des résultats.....	48
2-Résultats et discussion des paramètres physico-chimiques.....	50
3- Eléments indésirable	61
4- Détermination du facies chimique globales des eaux minérales analysées.....	65
5-Comparaison entre les resultats obtenus et ceux mentieonnés sur les étiquettes.....	66
CONCLUSION.....	74
RECOMMANDATIONS.....	76
REFERANCESBIBLIOGRAPHIQUES	
ANNEXES	

LISTE DES ABREVIATIONS

AFNOR : Association Française de Normalisation

CE : Conductivité électrique

C_T : Conductivité à Température ambiante

DT : Dureté Totale

E.D.T.A : Acide éthylène diamine tétra-acétique

F : Facteur de correction de la temperture

f° : Degrés français

HF° : Degré Hydrotimétrique Français

H₂CO₃ : Acide carbonique

KMnO₄ : Permanganate de potassium

MES : Matières En Suspension

Moy : Moyenne

MO : matière organique

Mg(HCO₃)₂ : Bicarbonate de Magnésium

NET : Noir Erichrome T

Nm : Nanomètre

Nacl : Chlorures de sodium

NaHCO₃ : Bicarbonate de sodium

NH₄⁺ : Ammonium

NO₂⁻ : Nitrites

NO₃⁻ : Nitrates

NTU : Unité Néphrélométrique de Turbidité

O.M.S : Organisation Mondiale de Santé

PE : Polyéthylène

PET : Polyéthylène Téréphtalate

R² : Coefficient de Corrélation

Sal : Salinité

TA : Titre Alcalin

TAC : Titre Alcalin Complet

TH : Titre Hydrométrique (dureté)

Turb : Turbidité

µS : micro-Semens

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Caractéristiques des eaux de surface et souterraines (KETTAB, 2001)	8
Tableau II : Avantages et inconvénients des eaux superficielles et des eaux souterraines (BAMBA et <i>al.</i> , 2000 ; SCHRIVER-MAZZUOLI, 2012).....	9
Tableau III : Grille normative pour estimer la qualité de l'eau en Algérie (OMS, 1972).....	12
Tableau IV: Etude comparative entre eau minérale, eau de source et eau potable (FRICKE et <i>al.</i> , 2003).....	15
Tableau V : Classifications des eaux minérales selon leurs minéralisations (GUILLERIN ,2018).....	17
Tableau VI : Classification de l'eau minérale selon la composition physicochimique(ARRETE,2007).....	18
Tableau VII : Classification des eaux minérales selon la conductivité(FERRY,2012).....	20
Tableau VIII : Relation entre dureté de l'eau minérale naturelle et la concentration équivalente en CaCO ₃ (ARRETE ,2006).....	21
Tableau IX : La potabilité en fonction des résidus sec(Rodier ,2005).....	22
Tableau X : Les concentrations maximal admissible des substances toxique dans l'eau minérale(ARRETE, 2006).....	25
Tableau XI : Apports quotidiens conseillés en eau du nouveau-né, du nourrisson et de l'enfant(DUHAMEL et BROUARD, 2010).....	28
Tableau XII : Verrerie utilisés pour réaliser l'analyse physico-chimique des eaux collectés.....	34
TableauXIII : Les appareils utilisés pour réaliser l'analyse physico-chimique des eaux collectées, anisi que leur model et leur fonction	34
Tableau XIV : Les différentes marques d'eaux minérales collectées ainsi que, la localisation géographique de leurs sources et les numéros que nous leurs avons attribué.....	36
Tableau XV: Gamme d'étalonnage de potassium.....	40
Tableau XVI: Gamme d'étalonnage de sodium.....	41
Tableau XVII: Protocole suivie pour l'établissement de la gamme d'étalonnage des sulfates.....	43
Tableau XVIII: Protocole suivie pour l'établissement de la gamme d'étalonnage des fluorures.....	44
Tableau XIV : Gamme d'étalonnage des Nitrates.....	45
Tableau XX : Résultats de l'analyse des paramètres physico-chimiques et des éléments indésirables des eaux minérales collectées.....	48

LISTES DES FIGURES

Figure 01 : Structure de l'eau (anonyme, 2013).....	3
Figure 02: Cycle externe de l'eau (anonyme, 2013).....	4
Figure 03 : Différents types de nappe (VILAGINES, 2005).....	7
Figure 04 : Captage par galerie (VILAGINES, 2005).....	8
Figure 05 : Captage par puits(VILAGINES, 2005).....	11
Figure 06 : Captage d'eau par source(VILAGINES, 2005).....	11
Figure 07 : Les différentes marques d'eau minérale collectées(original, 2019).....	36
Figure08 : Virage de l'indicateur coloré lors du dosage de titre alcalimétrique complet (TAC) (original, 2019).....	37
Figure 09: Virage de l'indicateur coloré lors du dosage de la dureté (original, 2019).....	39
Figure10 : Virage de l'indicateur coloré lors du dosage de la dureté calcique par une solution d'EDTA(original, 2019).....	39
Figure 11: Courbe d'étalonnage du potassium.....	41
Figure12 : Courbe d'étalonnage du sodium.....	41
Figure13 :Changement de la coloration de l'échantillon analysé lors du dosage des chlorures.....	42
Figure 14: Courbe d'étalonnage des sulfates $DO = f(c)$	43
Figure 15: changement de coloration de nitrate de lanthane en présence des fluorures.....	43
Figure16: courbe d'étalonnage des fluorures : $DO=f(C)$	44
Figure 17:changement de la coloration de l'échantillon analysé lors du dosage des fluorures.....	44
Figure 18 : courbes d'étalonnage des Nitrates : $DO= f(c)$	45
Figure 19: Gamme d'étalonnage des nitrates	46
Figure 20: Etapes de détermination des résidus secs.....	46
Figure21 : Diagramme de piper vierge.....	47
Figure22 : Résultats de l'analyse du pH des eaux minérales.....	50
Figure23 : Conductivité électrique des eaux minérales étudiées.....	51
Figure 24 : Résidus secs des eaux minérales étudiées.....	52
Figure 25: Les Teneurs en Bicarbonates des eaux minérales étudiées.....	53
Figure 26: Dureté des eaux minérales étudiées.....	54
Figure 27: Les teneurs en Calcium des eaux minérales étudiées.....	55
Figure 28 : les teneurs en magnésium des eaux minérales étudiées.....	56

LISTES DES FIGURES

Figure 29 : les teneurs en sodium des eaux minérales étudiées.....	57
Figure 30 : les teneurs en sodium des eaux minérales étudiées.....	58
Figure 31 : les teneurs en chlorures des eaux minérales étudiées.....	59
Figure 32 : les teneurs en sulfates des eaux minérales étudiées.....	60
Figure 33 : les teneurs en nitrates des eaux minérales étudiées.....	61
Figure 34 : les teneurs en fluorures des eaux minérales étudiées.....	62
Figure 35: Diagramme de Piper des eaux minérales analysées.....	65
Figure 36: Comparaison entre l'étiquette et nos résultats de l'eau minérale E1.....	66
Figure 37 : Comparaison entre l'étiquette et nos résultats de l'eau minérale E2.....	67
Figure 38 : Comparaison entre l'étiquette et nos résultats de l'eau minérale E3.....	67
Figure 39 : Comparaison entre l'étiquette et nos résultats de l'eau minérale E4.....	68
Figure 40 : Comparaison entre l'étiquette et nos résultats de l'eau minérale E5.....	68
Figure 41 : Comparaison entre l'étiquette et nos résultats de l'eau minérale E6.....	69
Figure 42 : Comparaison entre l'étiquette et nos résultats de l'eau minérale E7.....	70
Figure 43: Comparaison entre l'étiquette et nos résultats de l'eau minérale E8.....	70
Figure 44: Comparaison entre l'étiquette et nos résultats de l'eau minérale E9.....	71
Figure 45 : Comparaison entre l'étiquette et nos résultats de l'eau minérale E10.....	72
Figure 46 : Comparaison entre l'étiquette et nos résultats de l'eau minérale E11.....	72

Introduction

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

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

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

Actuellement, presque toutes les catégories sociales et à tous âge consomment de l'eau minérale. Le taux de consommation de l'eau minérale était de 0.5 litre par habitant en 2003. En 2012, le taux a atteint 23.7 litres par habitant et en 2018 c'est 54.2 litres par habitant (METAOUI, 2018).

Les eaux minérales naturelles se caractérisent par leur pureté originelle et par la stabilité de leur composition en minéraux et oligo-éléments, ce qui leur confère des propriétés favorables à la santé reconnues par l'Académie de Médecine. Elles font l'objet de centaines de contrôles quotidiens qui garantissent leur qualité et leur pureté (GUILLERIN, 2018).

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

Notre travail consiste à faire l'analyse physico-chimique des eaux minérales embouteillées les plus consommées en Algérie. Les résultats obtenus sont comparés d'une part aux données mentionnées sur les étiquettes et d'autre part aux normes Algériennes de 2006. Cette étude permettra d'établir le faciès chimique global des eaux minérales analysées et aussi leur classification en différentes catégories afin de déterminer les marques d'eaux minérales adaptées aux différentes populations cible.

Chapitre I
GENERALITES
SUR L'EAU

GENERALITES SUR L'EAU

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

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

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

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

1-La structure de l'eau

L'eau est un liquide transparent, incolore et insipide, dont les molécules sont formées de deux atomes d'hydrogène et d'un atome d'oxygène (H_2O). L'eau boue à $100\text{ }^\circ\text{C}$ à la pression atmosphérique et se solidifie à $0\text{ }^\circ\text{C}$. Sur terre, l'eau est la seule substance qu'on trouve dans ses trois phases à l'état naturelle : Solide (glace, neige), liquide (eau liquide) et gazeux (vapeur d'eau) (HOSPITALIER et POIRIER, 2008).

La figure 01 représente la structure de la molécule d'eau.



Représentation de Lewis

Model 3D

Figure 01 : structure de l'eau (anonyme, 2013)

GENERALITES SUR L'EAU

2-Cycle de l'eau dans la nature

Depuis son apparition il y a quatre milliards d'années, l'eau est recyclée en permanence. Les changements d'états de l'eau (états solide, liquide, gazeux) permettent sa circulation entre tous les réservoirs et son transfert par évaporation entre les océans et les continents.

Sous l'effet du rayonnement solaire, l'eau s'évapore à la surface des océans et des continents. Transportée dans l'atmosphère, elle se condense sous l'effet d'une baisse de la température et retombe par le biais des précipitations sur les océans et sur les continents, ou elle ruisselle et s'infiltrate dans le sol. Elle retourne à l'océan et s'évapore de nouveau (DENIS *et al.*, 2011).

2-1-Cycle externe : Schématiquement, l'eau évolue entre trois secteurs (figure 02)

- l'hydrosphère : partie liquide de la croûte terrestre ;
- l'atmosphère : couche gazeuse qui enveloppe la terre ;
- la lithosphère : couche externe du globe terrestre, rigide, constituée par la croûte.

La terre recevant l'énergie solaire, l'hydrosphère, chauffée par celle-ci, s'évapore conduisant à la présence d'eau dans l'atmosphère (VILAGINES, 2005).

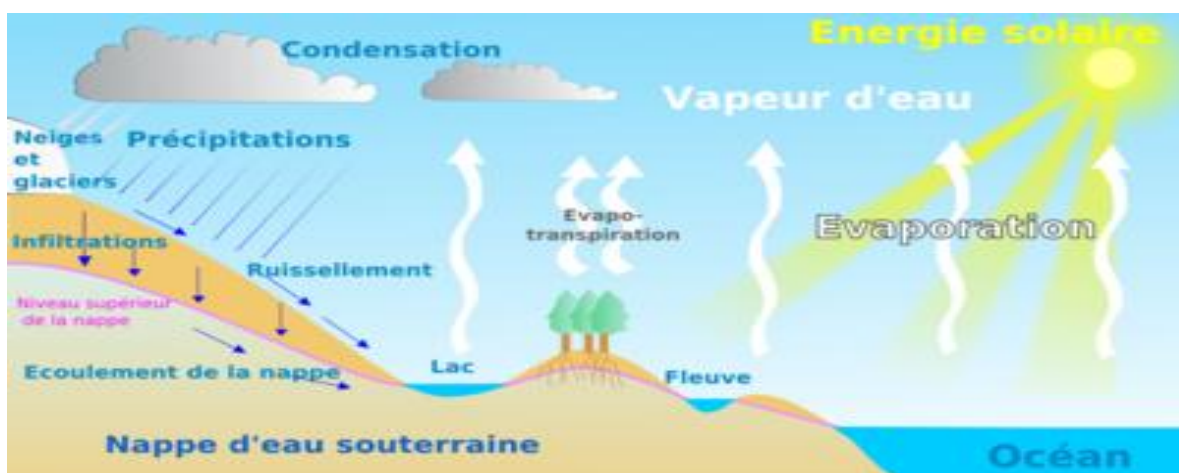


Figure 02: Cycle externe de l'eau (Anonyme, 2013).

Les processus qui interviennent dans le cycle hydrologique (évaporation, évapotranspiration, précipitation, interception, ruissellement, infiltration) sont des mécanismes déterminés principalement par : l'énergie thermique du soleil, la force de gravité, l'attraction solaire et lunaire, la différence de pression atmosphérique (déplacements d'air), les forces intermoléculaires du sol et les activités humaines (DUBREUIL, 2003).

2-2-Cycle océanique

Le Cycle océanique produit un excès de vapeur d'eau qui est transférée dans la haute atmosphère vers les continents. Elle alimente ainsi en partie le cycle continental (DUBREUIL, 2003).

2-3-Cycle continental

Le cycle continental est alimenté d'une part par l'excès du cycle océanique et d'autre part par l'évapotranspiration. Par le phénomène des précipitations, il produit autant d'eau qu'il en reçoit. L'eau peut alors s'écouler par ruissellement ou s'infiltrer plus profondément dans les sols pour alimenter les aquifères. Il y'a ensuite un retour de l'excès d'eau vers le cycle océanique par l'écoulement des cours d'eau et des eaux souterraines le long des rivages (BARBIER, 2004).

3-Ressources hydriques naturelles

L'homme à recours généralement, pour satisfaire ses propres besoins et permettre l'usage de l'eau dans ses diverses activités industrielles et agricoles, à deux types de ressources naturelles (LIVET, 2004) qui sont :

- **les eaux superficielles ou de surface**

Ce terme englobe toutes les eaux circulantes ou stockées dans les continents (rivière, lacs, étangs, barrages...etc.). Elles ont pour origine soit les eaux de nappes profondes, soit les eaux de ruissellement. Ces eaux se rassemblent en cours d'eau, caractérisés par une surface de contact eau-atmosphère toujours en mouvement et une vitesse de circulation appréciable.

Elles peuvent se trouver stockées en réserves naturelles (étangs et lacs) ou artificielles (retenues, barrages) (HOSPITALIER et POIRIER, 2008).

Ces eaux sont le siège, dans la plupart des cas d'un développement d'une vie microbienne à cause des déchets rejetés dedans et de l'importante surface de contact avec le milieu extérieur. Il s'agit d'une ressource facilement accessible mais malheureusement fragile et vulnérable.

La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature des terrains traversés par l'eau durant son parcours dans l'ensemble des bassins versants. Au cours de son cheminement, l'eau dissout les différents éléments constitutifs des terrains. Par échange à la surface eau-atmosphère, l'eau va se charger en gaz dissous (oxygène, azote, dioxyde de carbone) (KETTAB, 2001).

GENERALITES SUR L'EAU

- **Eaux souterraines**

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

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

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

- Nappe active (ou nappe libre)**

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

- Nappe captive**

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

- Nappe alluviale**

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

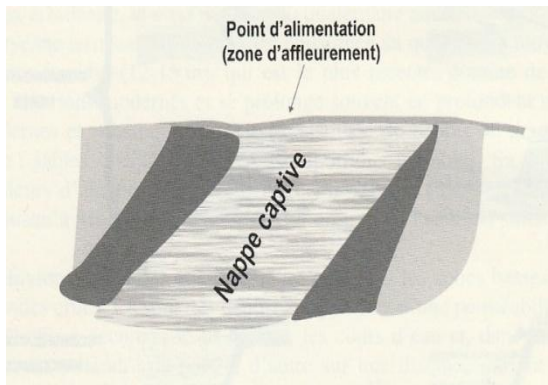
- la très haute terrasse (80-100 m) est la plus ancienne. Elle est constituée de sable, de cailloux siliceux et d'argile ;
- la haute terrasse (55 m) est formée de cailloutis, roches granitiques et calcaire ;
- la moyenne terrasse (30-35 m) ;
- la basse terrasse (12-15 m), qui est la plus récente, domine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

- Nappe phréatique**

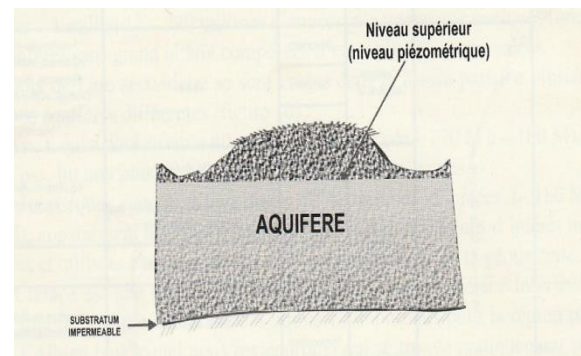
C'est la première nappe rencontrée lors du creusement d'un puit, proche du sol, a tendance à suivre les variations de pluviosité, dont la surface piézométrique est peu profonde. L'inconvénient de cette nappe est qu'elle est quasi totalement polluée, sur tout le territoire, par les pesticides, engrais...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

GENERALITES SUR L'EAU

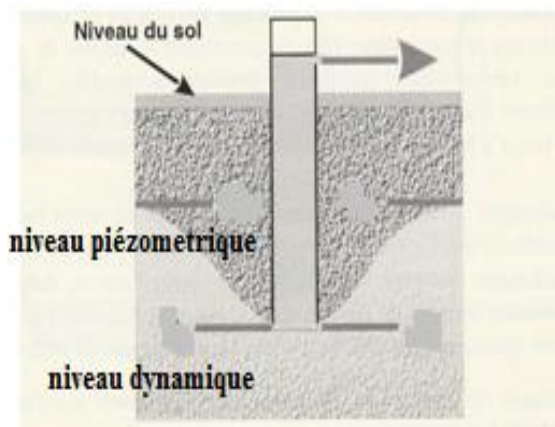
La figure 03 ci dessous représente les différentes nappes d'eau.



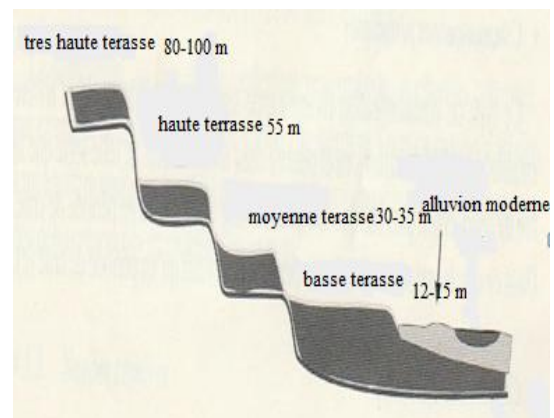
Nappe captive



Nappe active



Nappe phréatique



Nappe alluviale

Figure 03 : différents types de nappe (VILAGINES, 2005).

GENERALITES SUR L'EAU

3-1-Caractéristiques des eaux de surface et souterraines

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

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

Tableau I : Caractéristiques d'eaux de surface et souterraines (KETTAB, 2001).

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

GENERALITES SUR L'EAU

Le tableau II représente les avantages et les inconvénients des eaux superficielles et des eaux souterraines

Tableau II : Avantages et inconvénients des eaux superficielles et des eaux souterraines (BAMBA et *al.*, 2000 ; SCHRIVER-MAZZUOLI, 2012).

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

4-Captage de l'eau

4-1-Captage des eaux superficielles

Il est simple et s'effectue à partir de rivières ou de lacs. Les prises d'eau doivent être situées à une profondeur convenable pour éviter les objets flottants et la glace en hiver et à une distance convenable des berges pour éviter les décharges intempestives et les eaux d'égouts (DANIELOPOL, 1997).

4-2-Captage des eaux souterraines

4-2-1-Captage par galerie

Dans ce cas on construit une galerie voûtée directement dans la nappe aquifère, Les eaux souterraines sont collectées puis canalisées par une galerie (figure 04). Ceci permet d'avoir un débit plus intéressant (VILAGINES, 2005).

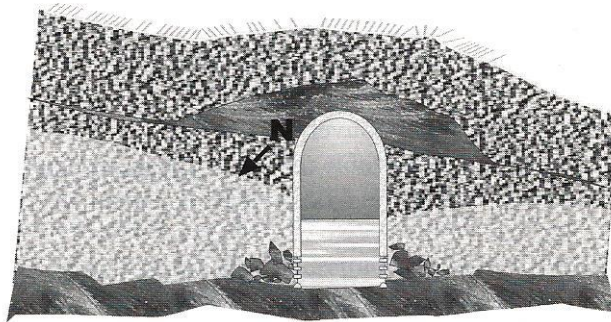


Figure 04 : Captage par galerie (VILAGINES, 2005).

4-2-2-Captage par drains

Les drains utilisés pour capter des émergences diffuses sont des conduites enterrées non étanches permettant de collecter l'eau d'un aquifère par gravité.

L'eau est captée dans les drains par un phénomène de rabattement de nappe. Dans le drain l'eau à une charge hydraulique inférieure à celle du milieu aquifère. Le dispositif de drainage est installé au fond d'une ou plusieurs tranchées creusées au niveau de l'émergence et disposées au mieux pour capter l'ensemble des filets d'eau de la source (DANIELOPOL, 1997).

4-2-3-Captage par puits

Ce sont les ouvrages de captages les plus répandus. Ils vont du simple puit individuel à des forages très profonds susceptibles de fournir de gros débits (KETTAB, 2001).

La figure 05 ci-dessous représente le captage par puits.

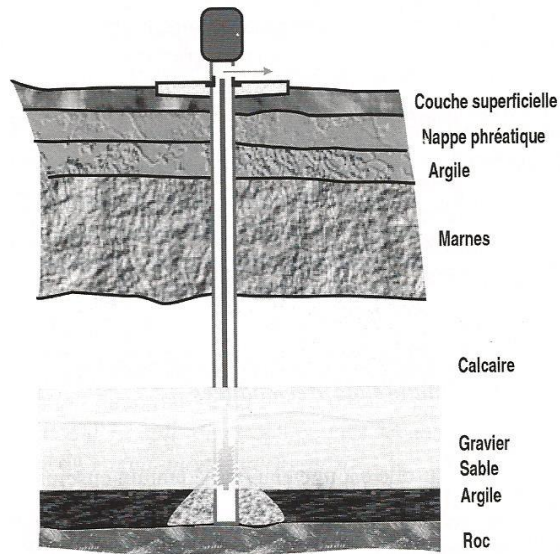


Figure 05 : captage par puits (VILAGINES, 2005).

4-2-4-Sources

On utilise le plus souvent l'exutoire naturel qu'on dégage afin de saisir l'eau à la sortie de la formation et non pas loin de l'ouvrage en un point où l'eau aura traversé des terrains susceptibles de la polluer (KETTAB, 2001).

La figure 06 ci-dessous représente le captage de l'eau par source.

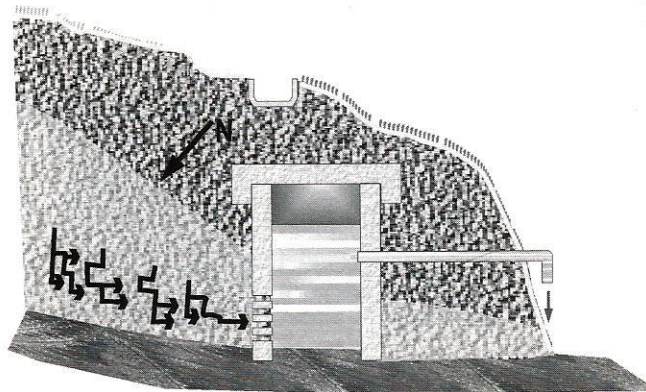


Figure 06 : captage d'eau par source (VILAGINES, 2005).

GENERALITES SUR L'EAU

5-Les normes de potabilité

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

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

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

	Bonne	Moyenne	Mauvaise	Très mauvais e
Physico-chimiques :				
pH	6.5-8.5	6.5-8.5	>6, <9	>5, <9
T ⁰ C	25	25-30	30-35	>35
Minéralisation mg/l	300-1000	1000-1200	1200-1600	>1600
Ca ²⁺ mg/l	40-100	100-200	200-300	>300
Mg ²⁺ mg/l	30	30-100	100-150	>150
Na ⁺ mg/l	10-100	100-200	200-500	>500
Chlorures mg/l	10-150	150-300	300-500	>500
Sulfates mg/l	50-200	200-300	300-400	>400
Organiques :				
O ₂ dissous %	>100	100-50	50-30	>30
Matières organiques	5	5-10	10-15	>15

GENERALITES SUR L'EAU

Composés azotés :				
Ammonium mg/l	0-0.01	0.01-0.1	0.1-3	>3
Nitrites mg/l	0-0.01	0.01-0.1	0.1-3	>3
Nitrates mg/l	0-10	10-20	20-40	>40
Composés phosphorés :				
Phosphates mg/l	0-0.01	0.01-0.1	0.1-3	>3
Elements toxiques et indésirables :				
Fe mg/l	0-0.5	0.5-1	1-2	>2
Mn mg/l	0-0.1	0.1-0.3	0.3-1	>1
Cr mg/l	0	0-0.05	0.05-0.5	>0.5
Cu mg/l	0-0.02	0.02-0.05	0.05-1	>1
Zn mg/l	0	0-0.5	0.5-1	>1
Cd mg/l	0	0	0-0.01	>0.01
Pb mg/l	0	0	0-0.05	>0.05
F- mg/l	0	0-0.8	0.8-1.5	>1.5
CN- mg/l	0	0	0-0.02	>0.2
Phénols mg/l	0.001-0.002	0.002-0.02	0.02-1	>1

6-Différents types d'eau de boisson

Les eaux de boisson destinées à la consommation humaine répondent à diverses appellations (eau de robinet, eau de source, eau minérale...) (COURBEBAISSSE, 2015).

6-1-Les eaux du robinet

L'eau du robinet ou eau de distribution, est une eau potable que l'on peut boire sans risque pour la santé. La composition en sels minéraux et le goût de l'eau du robinet varient d'une région à l'autre (BEAULIEU et FISSET, 2009).

6-2-Les eaux de source

L'eau de source est directement potable à l'état naturel car elle est issue des nappes d'eaux souterraines non polluées, profondes ou protégées des rejets dus aux activités humaines. Elle fait l'objet d'analyses régulières pour vérifier qu'elle reste de bonne qualité mais n'est pas spécialement tenue d'avoir une formule fixe.

Les seuls traitements qu'il est permis d'appliquer aux eaux de source, afin d'éliminer les éléments instables comme les gaz, le fer et le manganèse, sont l'aération, la décantation et la filtration. Les eaux de source ne doivent pas utiliser d'expression contenant le mot "minéral" ou ses dérivés et elles ne doivent mettre en avant aucun élément relatif à leur composition (HUBERT, 2010).

6-3-Les eaux minérales

Les eaux minérales sont des eaux souterraines ayant des propriétés particulières ; leur pureté originelle, leur source unique tenue à l'abri de tout risque de pollution et leur composition minérale constante. Contrairement à l'eau du robinet et à l'eau de source, leurs teneurs en minéraux et en oligo-éléments ne sont pas limitées et c'est ce qui peut leur conférer des vertus thérapeutiques, et leurs composition est stable dans le temps. Les eaux minérales ont l'avantage d'un nom commercial spécifique et d'une composition constante. Ainsi, le consommateur est assuré de la stabilité et de la composition de l'eau de la marque choisie (FRICKE et *al.*, 2003).

GENERALITES SUR L'EAU

Le tableau IV représente la différence entre eau minérale, eau de source et eau de robinet.

Tableau IV: Etude comparative entre eau minérale, eau de source et eau potable (FRICKE et *al.*, 2003).

	Eau minérale naturelle	Eau de source	Eau du robinet
Origine	Souterraine	Souterraine	Multiples (de surface, de pluie, souterraine...)
Protection naturelle	Obligatoire	Obligatoire	Pas exigée
Traitements chimiques	Aucun traitement chimique	Aucun traitement chimique	Traitement (chimique) obligatoire pour rendre l'eau potable (adjonction de chlore)
Composition minérale	Obligatoirement constante	Pas nécessairement constante	Variable
Allégations santé	Peut revendiquer ces allégations selon sa composition	Non	Ne peut pas faire de revendications santé
Effet reconnu sur la santé	Effet favorable sur la santé reconnu par le conseil supérieur de la santé	Non	Ne convient pas pour la préparation de l'alimentation des nourrissons

Chapitre II
L'EAU MINERALE

L'EAU MINÉRALE

1-Définition de l'eau minérale naturelle

L'eau minérale naturelle est d'origine souterraine, captée soit d'une source, soit d'un forage (FOULON, 2015).

Définie en tant que telle par la réglementation, elle est utilisée pour l'embouteillage et/ou le thermalisme. Pure, protégée géologiquement et présentant une composition minérale parfaitement stable, elle ne fait l'objet d'aucun traitement chimique ni désinfection avant son embouteillage ou son utilisation thermique.

Par définition ces eaux appartiennent à des aquifères à forte inertie, en général profonds, carbo-gazeux dans certains cas. Bien protégés des contaminations superficielles par leur couverture géologique et également par des politiques de protection dédiées, ces aquifères se situent en général dans des régions peu soumises aux pressions anthropiques (agriculture intensive, industrie, urbanisation...) (LACHASSAGNE, 2019).

L'appellation «eau minérale naturelle» (EMN) est accordée par le ministère de la santé publique sur la base d'un dossier complet, elle est reconnue par l'Académie Royale de Médecine (Arrêté, 2000).

2. Origine et composition chimique de l'eau minérale

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

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

3. Caractéristiques de l'eau minérale naturelle

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

- sa teneur en certains sels minéraux, les proportions relatives de ses sels et la présence d'oligo-éléments ou d'autres constituants;
- elle provient directement de nappes souterraines par des émergences naturelles ou forées pour lesquelles toutes les précautions devraient être prises afin d'éviter toute pollution ou influence extérieure sur ses propriétés physiques et chimiques

(JEAN, 2008) ;

L'EAU MINERALE

- elle est captée dans des conditions qui garantissent la pureté microbiologique et la composition chimique de ses constituants essentiels (ARRETE, 2000) ;
- elle est conditionnée à proximité de l'émergence de la source avec des précautions d'hygiène particulières (JEAN, 2008) ;
- elle n'est soumise à aucun traitement ;
- elle se différencie de l'eau de source par la stabilité de sa composition minérale (ARRETE, 2000).

Selon CONSTANT et HAWILI (2011), ces caractéristiques doivent être appréciées sur les plans géologique, hydrogéologique, physique, chimique, microbiologique et si nécessaire, pharmacologique, physiologique et clinique, conformément à certaines dispositions du code de la santé publique.

4. Classification des eaux minérales

La classification des eaux minérales naturelles peut se faire en se basant sur différents critères à savoir principalement : La minéralisation globale, la composition physicochimique et la réglementation en vigueur.

4.1. Minéralisation globale

La minéralisation des eaux minérales naturelles, représente la quantité totale des sels dissous exprimée en mg/l d'eau. Le résidu sec à 180C° est un bon témoin de la teneur en sel minéraux (GUILLERIN, 2018).

Selon GUILLERIN (2018) elle doit être constante dans le temps mais peut varier de quelques milligrammes par litre à quelques dizaines, voir exceptionnellement, une centaine de milligrammes par litre, ce qui permet de distinguer cinq catégories, représentées dans le tableau V.

Tableau V : Classifications des eaux minérales selon leur minéralisation (GUILLERIN, 2018)

Type d'eau	critères
Eaux très faiblement minéralisées	Teneur totale en sels minéraux <50 mg / l
Eaux faiblement minéralisées	Teneur totale en sels minéraux 50–500 mg / l
Eaux moyennement minéralisées	Teneur totale en sels minéraux 500–1000 mg / l
Eaux minéralisées	Teneur totale en sels minéraux 1000-1500 mg/l
Eaux fortement minéralisées	Teneur totale en sels minéraux > 1500 mg / l

L'EAU MINERALE

4.2. Composition physicochimique

Pour caractériser et différencier les eaux minérales naturelles entre elles, il est nécessaire de prendre compte de leur profil physico-chimique, la classification se fait alors selon le tableau VI ci-dessous.

Tableau VI : Classification de l'eau minérale selon la composition physicochimique (ARRETE, 2007).

Type d'eau	Critères
Eau minérale calcique (Ca^{2+})	La teneur en calcium est supérieure à 150mg/l
Eau minérale sodique (Na^+)	la teneur en sodium est supérieure à 200mg/l
Eau minérale magnésienne (Mg^{2+})	La teneur en magnésium est supérieure à 50 mg/l
Eau minérale bicarbonatée (HCO_3^-)	La teneur en bicarbonate est supérieure à 600mg/l
Eau minérale fluorée (F^-)	La teneur en fluoré est supérieure à 1mg/l
Eau minérale sulfatée (SO_4^{2-})	La teneur en sulfate est supérieure à 200mg/l
Eau minérale chlorurée (Cl^-)	La teneur en chlorure est supérieure à 200mg/l
Eau minérale ferrugineuses (Fe^{2+})	La teneur en fer bivalent est supérieure à 1mg/l
Eau minérale acidulée (CO_2)	La teneur en dioxyde de carbone libre est supérieure à 250mg/l
Eau minérale pauvre en sodium (Na^+)	La teneur en sodium est inférieure à 20mg/l

4.3. Réglementation en vigueur

Les eaux minérales sont classées en :

- **Eau minérale naturellement gazeuse**

Désigne une eau dont la teneur en gaz carbonique naturel provenant de la source est la même dans la bouteille qu'à l'émergence sous réserve des tolérances techniques usuelles (FRICKE, 2003).

- **Eau minérale non gazeuse**

Désigne une eau minérale qui, à l'état naturel et après traitement éventuel conformément aux traitements autorisés et conditionnement, ne contient pas de gaz carbonique libre en proportion supérieure à la quantité nécessaire pour maintenir dissous les sels hydrogéo-carbonatés présents dans l'eau c'est-à-dire non effervescente (FRICKE, 2003).

- **Eau minérale naturelle dé-gazéifiée**

Désigne une eau minérale dont la teneur en gaz carbonique, après traitement éventuel conforme à la norme autorisée et conditionnement, n'est pas la même qu'à l'émergence et qui ne dégage pas visiblement et spontanément de gaz carbonique dans les conditions normales de température et de pression (FRICKE, 2003).

L'EAU MINÉRALE

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

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

5-Qualités de l'eau minérale

5-1-Qualité organoleptique

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

- **Couleur**

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

- **Gout et odeur**

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

5-2-Qualité physico-chimique

- **Température**

Il est important de connaître la température de l'eau minérale, car elle joue un rôle important dans la solubilité des sels, la conductivité électrique et sur le pH (ADIL et *al.*, 2014). Selon CELERIER et FABY (2002), la température de l'eau minérale dépend d'une série de facteurs qui sont :

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

L'EAU MINERALE

- **Potentiel hydrogène**

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

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

- **Conductivité électrique**

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

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

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

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

Tableau VII : Classification des eaux minérales selon la conductivité (FERRY, 2012).

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

- **Alcalinité de l'eau (TA- TAC)**

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

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

- titre alcalimétrique (TA) est une mesure des bases fortes (carbonates et alcalis), elle est titrée en présence de phénol phtaléine comme indicateur coloré. Cette alcalinité est nulle pour une eau dont le pH est compris entre 4.5 et 8.3 ;

L'EAU MINÉRALE

- titre alcalimétrique complet (TAC) est une mesure des bases fortes et des bases faibles (bicarbonates), elle est titrée en présence d'hélianthine au pH de 4.5, ce qui revient à déterminer les ions HCO_3^- , CO_3^{2-} , OH^- .

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

- **Dureté totale (TH)**

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

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

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

Tableau VIII : Relation entre dureté de l'eau minérale naturelle et la concentration équivalente en CaCO_3 (ARRETE, 2006).

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

- **Résidu sec**

La détermination du résidu sec d'une eau minérale naturelle permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes et en suspension, non volatiles, obtenues après une évaporation à 180°C d'eau minérale.

Une eau minérale dont la teneur en résidu sec est extrêmement faible peut être inacceptable à la consommation en raison de son goût plat et insipide.

L'EAU MINERALE

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

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

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

6-Les sels minéraux présents dans l'eau minérale

- **Calcium (Ca²⁺)**

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

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

- **Magnésium (Mg²⁺)**

Le magnésium est l'un des éléments les plus réponsus dans la nature. Sa teneur dépend de la composition des roches sédimentaire rencontrées.

Selon FARDELLONE (2015), Le magnésium permet de diminuer la fatigue, le stress et l'anxiété.

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

- **Sodium (Na⁺)**

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

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

L'EAU MINERALE

- **Potassium (K^+)**

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

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

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

- **Chlorures (Cl^-)**

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

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

- **Sulfates (SO_4^{2-})**

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

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

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

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

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

L'EAU MINERALE

- **Bicarbonates**

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

7-Les substances indésirables

- **Ammonium (NH^{4+})**

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

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

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

- **Nitrates (NO^{3-})**

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

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

- **Nitrites (NO^{2-})**

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

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

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

L'EAU MINERALE

- **Fer (Fe) et manganèse (Mn)**

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

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

- **Fluor (F⁻)**

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

La concentration élevé en fluor peut causer : des désordres neurologiques, des taches sur l'émail des dents, des dommages sur la thyroïdes et même des tumeurs (BANNOUD et DARWICH, 2006).

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

8- Les substances toxiques

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

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

Tableau X : les concentrations maximal admissible des substances toxiques dans l'eau minérale (ARRETE, 2006).

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

L'EAU MINERALE

9-Paramètres microbiologiques

Le 1^{er} article de l'arrêté de 14 mars 2007 précise qu'à l'émergence et au cours de leur commercialisation, les eaux minérales naturelles doivent être exemptées de germes témoins de contamination fécale, de parasites et de micro-organismes pathogènes.

Selon l'arrête précité,

- les examens concernant les critères microbiologiques doivent comporter :
 - l'absence de parasites et de micro-organismes pathogènes ;
 - l'absence d'*Echerichia coli*, coliformes totaux, entérocoques, *psedomonas aeruginosa* dans des échantillons d'eau de 250ml à 37°C et 44.5°C ;
 - l'absence de bactéries sulfito-reductrices y compris les spores dans des échantillons d'eau de 50 ml ;
 - l'absence de germes aérobies revivifiables à 22 et à 37°C dans des échantillons d'eau de 1 ml.
- La détermination de la teneur total en micro-organismes par millilitre d'eau se fait à l'émergence et après embouteillage :
 - A l'émergence, les valeurs ne doivent pas dépasser respectivement :
 - 20 par ml à 20°C en 72h sur agar agar ou mélange agar gélatine ;
 - 5 par ml à 37°C en 24h sur agar agar. Ces valeurs doivent être considérées comme des nombres guides et non comme des concentrations maximales.
 - Après l'embouteillage, La teneur total en micro-organismes revifiabes ne doit pas dépasser 100 par ml à 20-22°C en 72 heures sur agar agar ou agar –gélatine et 20 par ml à 37°C en 24 heures sur agar agar. Cette teneur doit être mesurée dans les 12 heures suivant l'embouteillage, l'eau étant maintenue à 4 °C +/-1°C pendant cette période de 12heurs
- La présence de flore aérobie revivifiable peut être un indicateur de l'éventuelle présence d'autres éléments ou organismes pouvant avoir une incidence direct sur la santé des consommateurs. De ce fait la présence d'algue et de moisissure, à tous stade de commercialisation, ne doit pas être tolérée dans les eaux minérales naturelles car elle traduit un manquement aux règle d'hygiène (ARRETE, 2007).

L'EAU MINERALE

10-Critères de choix de l'eau minérale naturelle

Les eaux minérales naturelles se distinguent par leurs compositions physico-chimiques spécifiques qui déterminent leurs propriétés éventuelles. L'étiquette indique toujours cette composition et permet au consommateur d'effectuer son choix en fonction de ses goûts et de ses besoins (FOULON, 2015).

- **L'eau pour les femmes enceinte**

Le corps de la future mère a particulièrement besoin d'eau pendant la grossesse. Tout d'abord, pour augmenter son volume sanguin afin d'alimenter le placenta, le fœtus et le protéger de certaines infections. Boire plus permet effectivement d'améliorer le transit et donc d'éviter la constipation, problème très courant pendant la grossesse. Autre bienfait d'une hydratation suffisante c'est le fonctionnement correct des reins et la prévention des troubles urinaires (GLOVER-BONDEAU, 2009).

Les eaux contenant du calcium et du magnésium sont intéressantes pendant la grossesse. Les besoins en ces deux minéraux sont en effet accrus chez la femme enceinte. Il faut 100 mg de calcium, 40 mg de magnésium (AFSSA, 2001).

- **L'eau pour les nourissants et les enfants**

La teneur en eau d'un nourrisson représente environ 78% de son poids total, et encore plus chez un prématuré ; L'organisme du bébé est sensible nécessitant toutes les attentions. Il est important de privilégier pour le bébé une eau très faiblement minéralisée, que ce soit pour la préparation de ses biberons ou pour sa boisson. Pour cela il faut choisir une eau pauvre en nitrates (<10mg/l) et faible en minéraux (résidu sec <500mg/l) car une trop grande concentration en minéraux entrainerait une charge osmotique rénale très importante pour les reins immatures du nourrisson (DUHAMEL et BROUARD, 2010).

Pour les biberons et plus généralement, pour l'hydratation des bébés de moins d'un an, il faut chercher la mention : « convient à l'alimentation du nourrisson ». Elle est réservée aux eaux embouteillées qui respectent les critères de qualité établis par la réglementation (ARRETE, 2007).

-Apports conseillés en eau, de la naissance à l'adolescence

Compte tenu des particularités en termes de biologie du développement du nouveau-né, a comparer a 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 (DUHAMEL et BROUARD, 2010).

L'EAU MINERALE

Le tableau XI représente les apports quotidiens conseillés en eau du nouveau-né, du nourrisson et de l'enfant

Tableau XI : Apports quotidiens conseillés en eau du nouveau-né, du nourrisson et de l'enfant (DUHAMEL et BROUARD, 2010).

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

- **L'eau pour les femmes ménopausées**

Les eaux minérales 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 (GLOVER-BONDEAU, 2009). Seuls des apports importants en calcium (1 200 mg pour une femme de plus de 55 ans) peuvent prévenir la perte osseuse, (FARDELLONE, 2015).

- **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 (CONSTANT et JEQUIER, 2015).

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).

L'EAU MINÉRALE

- **L'eau pour l'hydratation des sportifs**

L'hydratation est devenue un élément majeur de la prise en charge nutritionnelle du sportif, quelle que soit la discipline pratiquée.

Quand on s'adonne à une activité physique ou sportive, surtout s'il fait chaud, les pertes en eau peuvent être très rapides. Or une déshydratation même mineure impacte les capacités de concentration et d'endurance. Une perte équivalente à 2 % du poids du corps peut entraîner des risques et une baisse des performances. Elle réduit le débit cardiaque, ce qui peut provoquer une augmentation de son rythme et donc une baisse de l'endurance, la sensation de fatigue est plus forte, les réflexes et la vigilance sont diminués et les temps de réaction peuvent être plus longs. Pour cette raison que l'agence européenne de sécurité des aliments (EFSA) a reconnu le rôle de l'eau minérale comme contribuant au maintien de la thermorégulation (SICARD, 2018).

Selon SICARD (2018), il est conseillé de choisir une eau minérale naturelle riche en bicarbonate (plus de 1 500 mg par litre) ou en sodium (plus de 200 mg par litre). Et boire régulièrement, 100 à 200 ml d'eau pendant et après l'effort.

- **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 (CONSTANT et JEQUIER, 2015).

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 (FARDELLONE, 2015). Les sulfates, grâce à leurs propriétés diurétiques, participent à l'élimination des toxines de l'organisme et aident à améliorer le transit intestinal (DUPONT, 2015). 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).

- **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 minérales à des concentrations importantes en sulfates (au-delà de 300mg de sulfate / litre d'eau) participent à l'amélioration du transit intestinale (DUPONT, 2015).

L'EAU MINERALE

- **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 (BATAILLE et *al.*, 2016).

- **L'eau pour les personnes atteinte de calculs rénaux**

Selon ALLEN (2000) 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.

- **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 (<20 mg/l) car si sa teneur est élevée, les bienfaits des autres minéraux sur la pression reste réduits. (ALLEN, 2000).

- **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).

- **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 hypomotivité ; Dans ce cas, boire une eau minérale naturelle magnésienne (> 50 mg/l) peut contribuer à satisfaire les besoins journaliers quotidiens en magnésium et lutter contre le stress (HURET, 2018).

L'EAU MINÉRALE

11-Processus générales d'embouteillages de l'eau minérale

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

Chaque étape est contrôlée et tous les soins sont apportés pour garantir la conservation de la pureté originelle de l'EMN (AL RAYES et al., 2015).

11-1-Captage de l'eau minérale naturelle

➤ Extraction

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

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

➤ Protection de la zone d'extraction

Tout équipement servant à l'extraction de l'eau minérale naturelle et tout réservoir devrait être conçu et entretenu afin d'éviter toute contamination de l'eau et de préserver ses qualités d'origine. Les tuyaux, pompes, et autres éventuels dispositifs entrant en contact avec l'eau minérale naturelle et utiliser pour l'extraction, devraient être constitués de matériaux inertes afin d'assurer que les qualités originelles de l'eau minérale naturelle ne puissent être modifiées (CAC/RCD, 1985).

➤ Exploitation des eaux minérales naturelles et mesures de surveillance

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

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

L'EAU MINERALE

➤ Traitements de l'eau minérale

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

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

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

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

11-2-L'acheminement (AL RAYES et al., 2015)

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

11-3-Soufflage

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

11-4-Insoufflage

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

11-5-Remplissage

L'eau est acheminée dans les bouteilles par soutireuses.

11-6-Bouchage

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

11-7-Etiquetage et marquage

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

11-8-Fardelage

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

CHAPITRE III
MATERIELS ET
METHODES

MATERIELS ET METHODES

1-Matériels utilisés

Le tableau XII présente la verrerie et le consommable que nous avons utilisés.

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

Verrerie	consommable
Baguette en verre	Compte goutte
Becher en verre de différents volumes	Gants propre
Burettes	Masque FFP2
Capsule en porcelaine de 60ml	Micropipette de 20-200µl
Erlenmeyers de différents volumes	Micropipette de 1000 µl
Flacons en verre, hermétiques, opaques de différents volume	Pissettes d'eau distillée
Flacons en verre, hermétiques, opaques de différents volumes	Poires
Pipettes jaugées en verre de 2ml, 5ml, 10ml, 20ml, 25ml	Portoir métallique
Tubes en verre de 10 ml	Spatules en inox
Tube en plastique de 10 ml	
Barreaux magnétiques	

Le tableau XIII présente la liste des appareils utilisés pour réaliser l'analyse physico-chimique des eaux collectées.

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

Appareillages	Fonctions
Agitateurs magnétiques/plaques chauffantes	Agitation magnétique et chauffage
Four a moufle	évaporation pour l'extraction des nitrates
Balance de précision	Pesée précise
conductimètre	Mesure de la conductivité
PH-mètre	Mesure de pH
Spectromètres de flamme	Dosage du sodium et du potassium
Spectrophotomètre UV-visible	Mesure des densités optique à de longueurs d'ondes du spectre UV-visible
Dessiccateur	Dosage de résidus sec
Etuve	Dosage des résidus sec

MATERIELS ET METHODES

2-Produits chimiques utilisés

Produit chimiques	
Acétate de sodium anhydre	Dioxyde d'azote solide
Acétone	Ethanol
Acide acétique	Fluorure de sodium
Acide ascorbique	Glycérol
Acide calcane carboxylique	Hydroxyde de sodium
Acide chlorhydrique pur (d=1.19)	Nitrate de sodium anhydre
Acide éthylène diamine tétracétique (EDTA)	Nitrate d'argent
Acide sulfurique pure	Nitrate de lanthane
Acide nitrique pur	Noir d'ériochrome T
Alizarine complexons	Potassium dihydrogène phosphate
Ammoniaque pure	Rouge de méthyle
Chloroforme	Sulfate de sodium
Chlorure d'ammonium	Salicylate de sodium
Chlorure de baryum	Tartrate double de sodium et de potassium
Chlorure de potassium	Thiocyanate de potassium
Chlorure de sodium	Vert de bromocrésol

3-Echantillonnage des eaux minérales embouteillées en Algérie

Nous avons collecté 11 marques d'eau minérale les plus consommées et utilisés en Algérie, 2 marques sont des eaux minérales gazeuses (figure 07).

Le tableau XIV, représentent les différentes marques d'eau minérale échantillonnées ainsi que, la localisation géographique de leurs sources et les numéros que nous leurs avons attribué afin de faciliter leurs identification.

MATERIELS ET METHODES

Tableau XIV : Les différentes marques d'eau minérale collectées ainsi que, la localisation géographique de leurs sources et les numéros que nous leur avons attribués.

Numéros attribués	Eaux minérales	Localisation géographique de la source
1	Lala khadidja	Agouni Gueghrane, Djurdjura. TIZI-OUZOU
2	Guedila	DJAMORA , BISKRA
3	Ifri	Source ouzelaguen, soumam. BEJAIA
4	Toudja	Village larbaa, toudja. BEDJAIA
5	Saida	Saida
6	Alma (Hamoud Boualem)	Ifri Ouzelaguene. BEDJAIA
7	Ben Haroun (pétillante)	Djebahia. BOUIRA
8	Mouzaia (pétillante)	BLIDA
9	Texana-Sidi Yakob	JIJEL
10	Messgherine	Messergline. ORAN
11	Thevest	LAGHOAT



Figure 07 : les différentes marques d'eaux minérales collectées (original, 2019)

4-Méthodes utilisées pour la détermination des paramètres physique

- Détermination du pH

La détermination du pH par la méthode potentiométrique repose sur la mesure de la différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence (calomel-KCL saturé) plongeant dans une même solution. Cette différence de potentiel est une fonction linéaire du pH de la solution (RODIER et *al.*, 2009).

MATERIELS ET METHODES

- Détermination de la conductivité et de la température

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métallique de 1 cm² de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm. Elle est mesurée par un conductimètre. La conductivité d'un liquide dépend de la température. Cette dernière sera relevée très exactement au cour de la mesure. La détermination de la température se fait en introduisant le thermomètre ou la sonde thermique du conductimètre aussi près que possible de la cellule. La température du liquide ne doit en aucun cas varier pendant la mesure (RODIER *et al.*, 2009).

En dehors de 25°C, il faut effectuer une correction de la conductivité électrique mesurée en utilisant la formule suivante

$$C_{25^{\circ}\text{C}} = C_T \cdot f$$

f : facteur de correction de la température.

C_T : conductivité obtenue à la température lue sur le thermomètre (RODIER *et al.*, 2009).

5- Méthodes utilisées pour la détermination des paramètres chimiques

- Détermination du titre alcalimétrique (TA) et du titre alcalimétrique complet (TAC)

La détermination titrimétrique du TA et du TAC sont basées sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué, en présence d'un indicateur coloré (Annexe 07).

Le dosage doit être effectué rapidement pour réduire les pertes de CO₂ qui pourraient entraîner une élévation du pH de virage (figure 08).



Figure 08 : virage de l'indicateur coloré lors du dosage de titre alcalimétrique complet (TAC) (originale, 2019).

MATERIELS ET METHODES

▪ Expression des résultats

L'alcalinité de l'eau est exprimée en degré français °f

$$6\text{mg/l}(\text{CaCO}_3) = 1^\circ\text{f}$$

1) TA

$$\text{TA} = N \times V \times 1000 / V_E \text{ (meq/l)}$$

$$\text{TA} = N \times V \times 1000 \times 50 / V_E \text{ (mg/l de CaCO}_3\text{)}$$

$$\text{Donc TA} = 40 \times V$$

$M_{\text{eq}} = M/Z$ avec $M(\text{CaCO}_3) = 100\text{g/l}$ et $Z = 2$

V : volume de H_2SO_4 titré ;

N : normalité de l'acide (0.02N) ;

V_E : volume de l'échantillon ;

M_{eq} : masse équivalente de (CaCO_3) ; $M_{\text{eq}} = 50$

2)TAC

$$\text{TAC} = N \times V \times 1000 / V_E \text{ (meq/l)}$$

$$\text{TAC} = N \times V \times 1000 \times 50 / V_E \text{ (mg/l de CaCO}_3\text{)}$$

$$\text{Donc TAC} = 40 \times V$$

V : volume de H_2SO_4 titré ;

N : normalité de l'acide (0.02N) ;

V_E : volume de l'échantillon ;

- Détermination de la dureté totale par complexométrie

Principe

Les alcalinoterreux présents dans l'eau sont amenés à former un complexe du type chélate par le sel disodique de l'acide éthylènediamine tétracétique à pH 10. La disparition des dernières traces d'éléments libres à doser est décelée par le virage d'un indicateur spécifique (figure 09), le noir ériochrome. En milieu convenablement tamponné pour empêcher la précipitation du magnésium, la méthode permet de doser la somme des ions calcium et magnésium.

MATERIELS ET METHODES



Figure 09: virage de l'indicateur coloré lors du dosage de la dureté.

▪ Expression des résultats

La concentration totale en calcium et magnésium, exprimée en milliéquivalents par litre, est donnée par l'expression suivante :

$$T_{Ca+Mg} = 1000 \times c \times V_1 / V_2$$

T_{Ca+Mg} = concentration totale en calcium et magnésium

c = Concentration en milliéquivalents par litre de la solution d'EDTA.

v_1 = Volume en ml de la solution d'EDTA.

v_2 = Volume d'échantillon

Elle est exprimée en degrés français (°f) : $1^\circ = 4$ milligramme de calcium par litre ou 2.4 milligrammes de magnésium par litre.

- Dosage du calcium par complexométrie

Principe

Le principe est identique à celui de la méthode titrimétrique décrite pour la dureté total. Toutefois, comme le dosage se fait à un pH élevé (12-13), le magnésium est précipité sous forme d'hydroxyde et n'intervient pas. L'indicateur choisi, est l'acide calcione carboxylique, qui ne se combine qu'avec le calcium pour former un complexe rouge (Figure 10).



Figure 10 : virage de l'indicateur coloré lors du dosage de la dureté calcique par une solution d'EDTA (originale, 2019).

MATERIELS ET METHODES

▪ Expression des résultats

Soit V le volume d'EDTA versé.

Pour une prise d'essai de 50ml, la teneur en calcium est égale à :

$$Ca \text{ (mg/l)} = V_{EDTA} \times 0.4008 \times 1000 / 50$$

La teneur en carbonate de calcium est égale à

$$CaCO_3 \text{ (mg/l)} = V_{EDTA} \times 1000 / 50$$

- Dosage de magnésium

La teneur en magnésium, exprimé en mg/l, peut être estimée par la différence entre la dureté totale et la dureté calcique :

$$C_{Mg} \text{ (mg/l)} = C_{Ca+Mg} - C_{Ca}$$

C_{Mg} : la teneur en Magnésium en mg/l

C_{Ca+Mg} : teneur globale en calcium et en magnésium en mg/l

C_{Ca} : teneur en calcium en mg/l

- Dosage du sodium et du potassium par spectrométrie de flamme

Principe

Pour un atome à l'état libre, le passage de l'état fondamental à l'état excité est conditionné par la fourniture d'un quantum d'énergie correspondant à la différence d'énergie entre le niveau excité E_n et le niveau fondamental E_0 . Plusieurs transitions électroniques étant possibles et être réémise spontanément sous forme de photons lors du retour à l'état fondamental initial. L'utilisation de ce phénomène constitue la base de la spectrométrie d'émission, encore appelée photométrie de flamme.

- Etablissement de la gamme d'étalonnage

Tableau XV: gamme d'étalonnage de potassium

Numéro de fiole	T	I	II	III	IV	V
Solution mère	0	0.05	0.1	0.3	0.5	1
Eau distillé	50	49.95	49.9	49.7	49.5	49
Correspondance en en mg/l K^+	0	0.5	1	3	5	10

MATERIELS ET METHODES

Tableau XVI: gamme d'étalonnage de sodium

Numéro de fiole	T	I	II	III	IV
Solution mère	0	0.3	0.5	1	1.5
Eau distillée (ml)	50	49.7	49.5	49	48.5
Correspondance en mg/l de Na+	0	3	5	10	15

Les figures 11 et 12 représentent les résultats que nous avons obtenus suite à la lecture des solutions étalons de potassium et de sodium ainsi que les courbes d'étalonnage correspondantes.

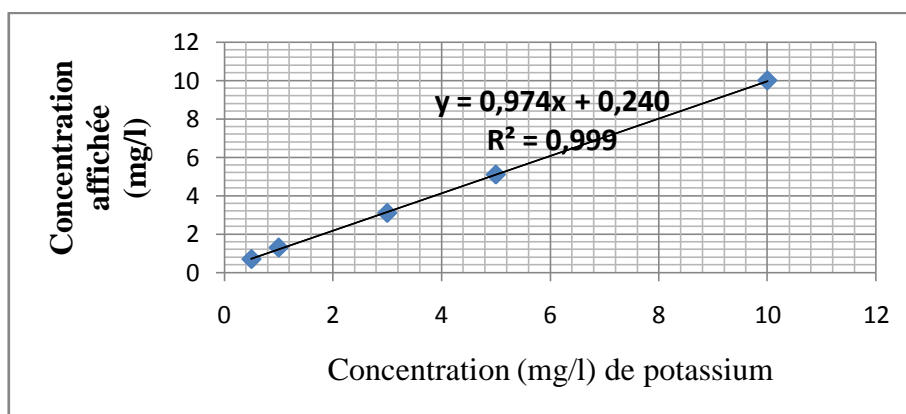


Figure 11: courbe d'étalonnage du potassium

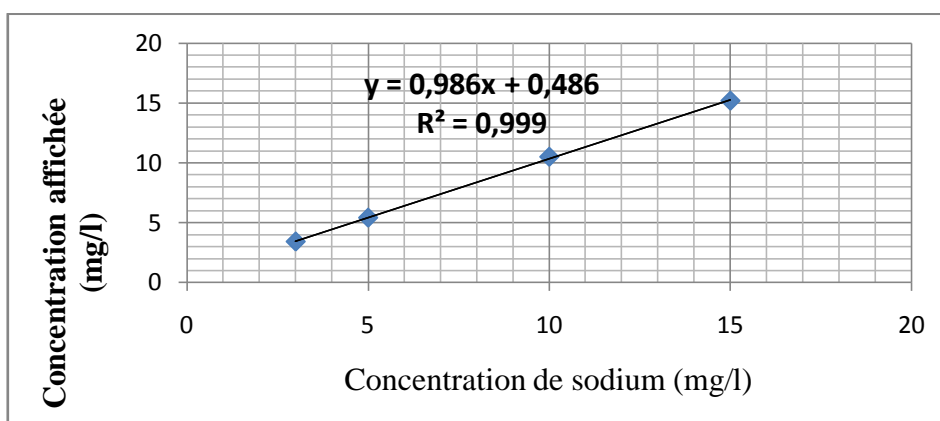


Figure 12 : courbe d'étalonnage du sodium

- Détermination de la teneur des chlorures par la méthode de Mohr

Principe

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du chromate d'argent (Figure 13).

MATERIELS ET METHODES



Figure13 : changement de la coloration de l'échantillon analysé lors du dosage des chlorures (originale, 2019).

▪ Expression des résultats

La concentration en chlorure (CL^-) exprimée en milligramme par litre et donnée par les formules suivantes :

$$(CL^-) = N \times V \times 35.5 \times 1000 / V_E \quad \text{mg/l}$$

N : Normalité d' $AgNO_3$;

V : Volume d' $AgNO_3$ titré ;

V_E : Volume d'échantillon.

- Détermination de la teneur en sulfates

▪ Principe

Les sulfates sont précipités en milieu chlorhydrique à l'état de sulfate de baryum. Le précipité ainsi obtenu est stabilisé par une solution stabilisante. Les suspensions homogènes sont mesurées au spectrophotomètre à 420nm.

▪ Etablissement de la courbe d'étalonnage

Dans une série de tubes numérotés, introduire successivement les différents volumes comme les montres le tableau XVII ci-dessous. Les tubes subissent une agitation pendant une minute. La lecture se fait au spectromètre à 420 nm ce qui permettra d'établir la courbe d'étalonnage (figure 14).

MATERIELS ET METHODES

Tableau XVII: protocole suivie pour l'établissement de la gamme d'étalonnage des sulfates

Numéro des fioles	T	I	II	III	IV	V
Solution étalon de sulfate 1mg/l (ml)	0	1	3	5	7	9
Eau distillée (ml)	50	49	47	45	43	41
Solution stabilisante (ml)	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Solution de chlorure de baryum	1	1	1	1	1	1
Correspondance en mg/l de sulfates	0	20	60	100	140	180

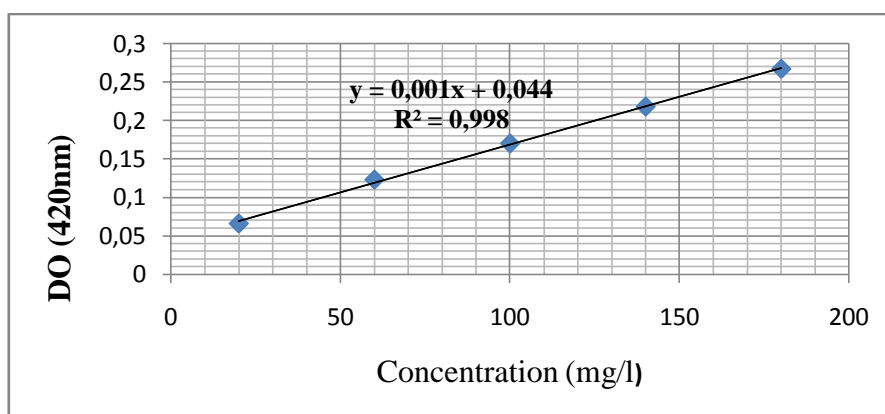


Figure 14: courbe d'étalonnage des sulfates $DO = f(c)$

- Détermination de la teneur en fluorures

Principe

La méthode utilisée est la Methode de Belcher-West. En présence d'Alizarine complexone, le nitrate de lanthane donne une coloration rouge en milieu aqueux. En présence des anions F^- , il se forme un complexe de coloration bleue plus stable que le chélate organométallique (décoloration) comme le montre la figure 15 ci dessous. Le nouveau complexe ainsi formé est soluble dans l'acétone susceptible d'un dosage spectrométrique à la longueur d'onde de 618 nm.



Figure 15: changement de coloration de nitrate de lanthane en présence des anion F^- (Originale, 2019).

MATERIELS ET METHODES

▪ Etablissement de la courbe d'étalonnage

Une série de tubes en plastique à base conique de 15ml contenant différents volumes sont introduit successivement dans le spectromètre.

Les tubes sont agités après addition du réactif. La lecture de la DO se fera à 618 nm, après 5 à 10 minutes, ce qui nous permettra de tracer la courbe d'étalonnage.

Tableau XVIII: protocole suivi pour l'établissement de la gamme d'étalonnage des fluorures

Numéro des tubes	T	I	II	III	IV	V	VI
Solution mère à 10 mg /l (ml)	0	0.125	0.250	0.375	0.50 0	0.625	0.750
Eau distillée (ml)	5	4.875	4.750	4.625	4.50 0	4.375	4.250
Solution d'Alizarine Complexons (ml)	1	1	1	1	1	1	1
Solution de nitrate de lanthane (ml)	1	1	1	1	1	1	1
Acétone (ml)	2. 5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Correspondance en mg/l de fluor	0	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50

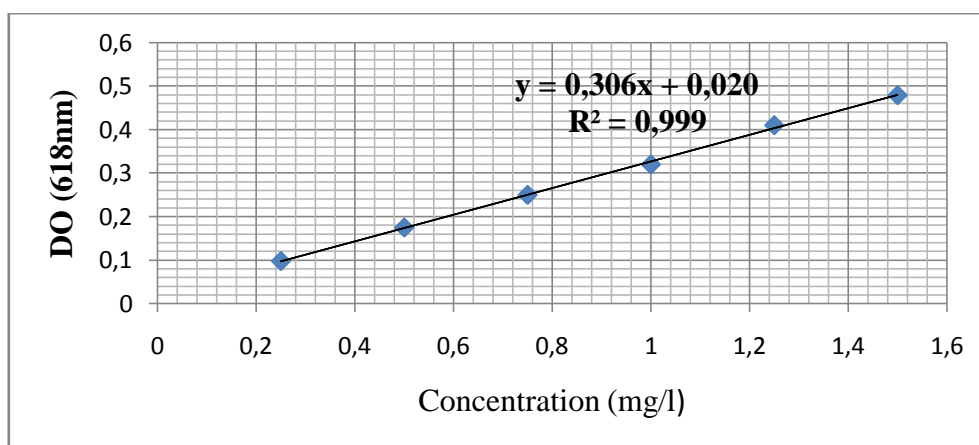


Figure16 : courbe d'étalonnage des fluorures : $DO=f(C)$

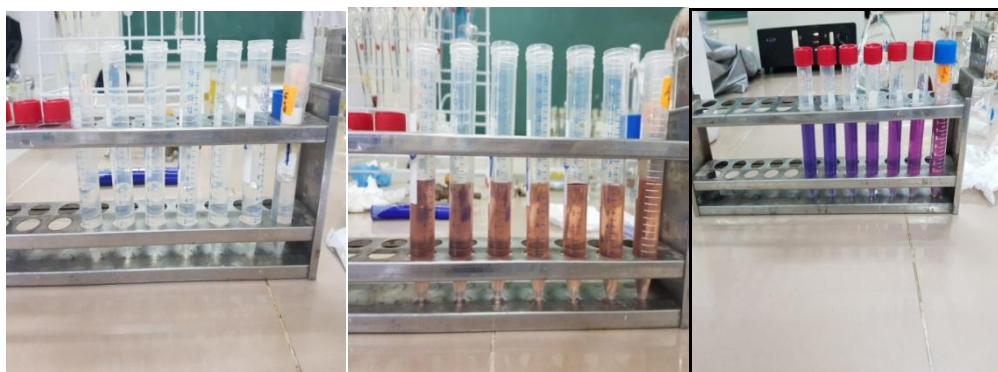


Figure 17 : changement de la coloration de l'échantillon analysé lors du dosage des fluorures (originale, 2019).

MATERIELS ET METHODES

- Détermination de la teneur en nitrates

▪ Principe

La méthode utilisée est celle au salicylate de sodium. En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitro-salicylate de sodium, coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique.

▪ Etablissement de la courbe d'étalonnage

Dans une série de capsules de 60 ml, introduire directement les différents volumes comme le montre le tableau XIV ci dessous.

Tableau XIV : Gamme d'étalonnage des Nitrates.

Numéro des capsules	T	I	II	III	IV
Solution étalon d'azote nitrique à 0.005 (ml)	0	1	2	5	10
Eau distillée (ml)	10	9	8	5	0
Solution de salicylate de sodium (ml)	1	1	1	1	1
Correspondance en mg/l d'azote nitrique	0	0.5	1	2.5	5

- Evaporer dans un four a moufle porté à 75-85°C.
- Laisser refroidir. Reprendre le résidu par 2ml d'acide sulfurique concentré en ayant soin de l'humecter complètement. Attendre 10 minutes , ajouter 15ml de l'eau distillée puis 15ml de la solution d'hydroxyde de sodium et de tartrate double de sodium et de potassium qui développe la couleur jaune comme le montre la figure 18 ci-dessous.
- Effectuer les lectures au spectromètre à la longueur d'onde de 420 nm. construire la courbe d'étalonnage



Figure 18: Gamme d'étalonnage des nitrates (originale, 2019).

MATERIELS ET METHODES

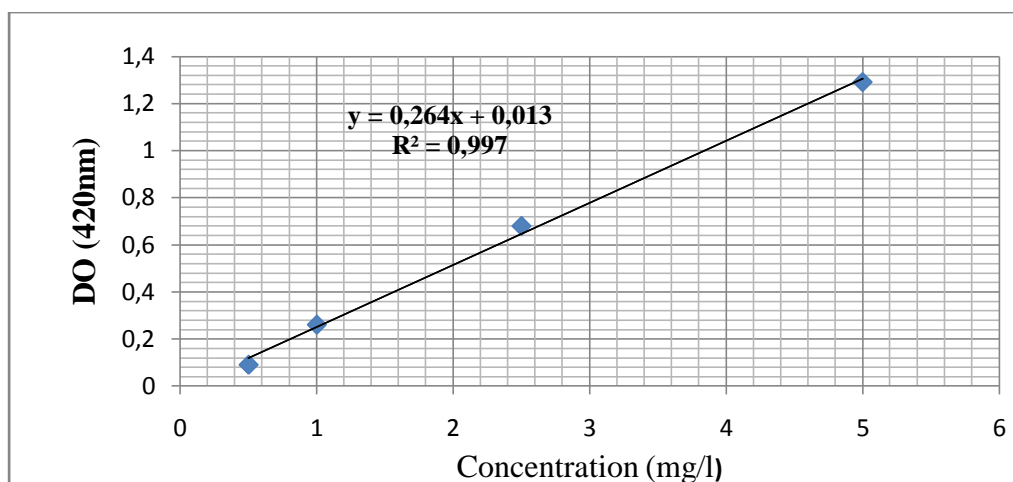


Figure 19: Courbes d'étalonnage des nitrates : DO= f(c)

- Détermination des résidus secs

La détermination du résidu sec d'eau non filtrée permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes et en suspension ; c'est le résidu total. Si l'eau est filtrée préalablement, le résidu correspond alors aux matières dissoutes

La présente méthode d'essai a pour objet la description des étapes de détermination des résidus secs dans les eaux à 180°C.

Evaporation au bain d'eau bouillante d'un volume d'eau choisi en fonction des quantités de matières fixes présentes, dessiccation à l'étuve à température donnée et pesée du résidu (Figure 20) .



Figure 20 : Etapes de détermination des résidus secs (originale, 2019)

▪ Expression des résultats

$$R_s = \frac{M_0 - m_1}{v} * 10^6$$

M0 : masse de la capsule à vide (mg)

M1 : masse de la capsule avec résidus secs (mg)

V : volume de l'échantillon versé (ml)

Le poids des résidus sec est exprimé en mg/l

MATERIELS ET METHODES

6-Etudes statistique

Pour des différents éléments analysés nous avons réalisé plusieurs répétitions. Nous avons utilisé pour la présente étude 02 logiciels :

6-1-Microsoft Excel

Il nous a permis de visualiser plus efficacement nos données et les intégrer dans des graphiques et dans des diagrammes.

6-2-logiciel diagramme

Le logiciel diagramme crée par ROLAND SIMLER de laboratoire d'hydrogéologie d'Avignon est un logiciel d'hydrochimie en distribution libre facilitant l'exploitation des analyses d'eau, ces fonctions sont variées et complètes.

A partir de données importées d'un tableau, il permet la création de diagramme spécifique à l'hydrogéologie et la validation des données analytiques (diagramme piper).

- le diagramme piper

Le diagramme de piper utilise des éléments majeurs pour représenter les différents faciès des eaux souterraines. Il s'agit d'une approche descriptive et comparée qui permet de représenter sur un même graphique un grand nombre de stations de suivi autorisant des regroupements par familles.

Le diagramme de piper (figure 21), permet de présenter le faciès chimique d'un ensemble d'échantillons d'eau. Il est composé de deux triangles permettant de représenter le faciès cationique et le faciès anionique et d'un losange synthétisant le faciès global (SIMLER, 2012).

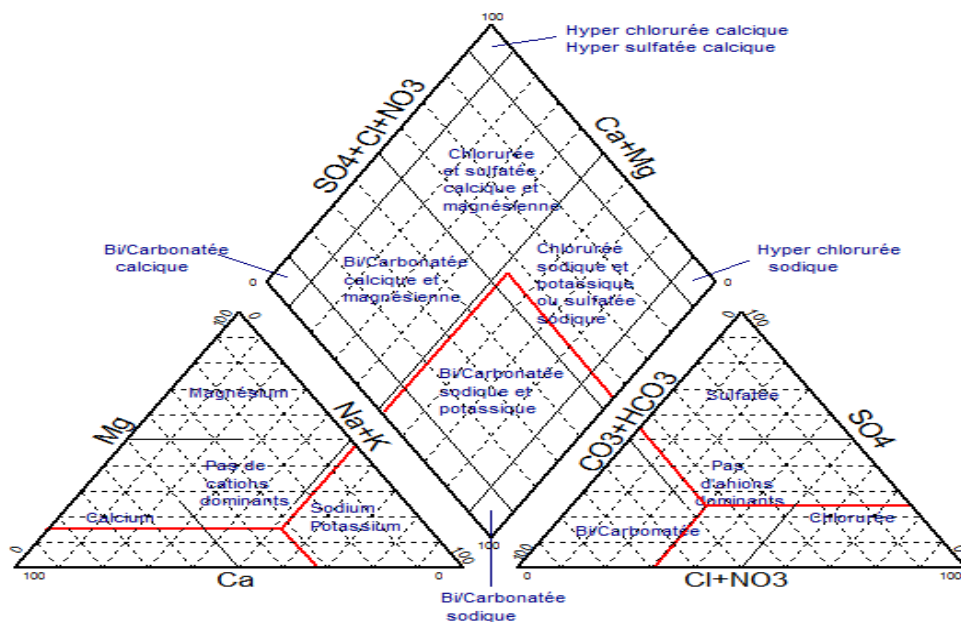


Figure 21: Diagramme de piper vierge.

Chapitre IV
RESULTAS ET
DISCUSSIONS

RESULTATS ET DISCUSSION

1-Présentation Globale des résultats

Les résultats d'analyse physicochimique des eaux minérales testées sont donnés dans le tableau XX.

Tableau XX : Résultats de l'analyse des paramètres physico-chimiques et des éléments indésirables des eaux minérales collectées

Nom de l'eau minérale	Paramètres physico-chimiques						
	pH	Cond.* ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	TDS (mg/l)	TA	HCO_3^- (mg/l)	Dureté ($^\circ\text{F}$)	Ca^{2+} (mg/l)
Lalla khedidja	6.41	245.00	190.00	0.00	172.02	15.20	48.90
Ghedilla	7.20	674.00	400.00	0.00	317.20	35.00	72.95
Ifri	7.05	688.00	480.00	0.00	305.00	37.80	105.01
Toudja	7.92	582.91	200.00	0.00	215.94	20.40	57.72
Saida	7.60	1125.03	450.00	0.00	395.28	44.80	86.57
Alma	7.76	995.02	510.00	0.00	325.74	30.00	84.97
Ben haroun	6.10	4055.03	2710.0	0.00	1782.42	112.40	347.09
Mouzaia gazeuse	5.82	1659.04	1320.00	0.00	722.24	64.60	64.13
Texanna	7.72	316.06	160.00	0.00	150.06	23.00	128.26
Messerg hine	7.63	726.41	360.00	0.00	274.50	28.20	42.48
Thevest	7.60	964.94	590.00	0.00	247.66	39.80	82.56

RESULTATS ET DISCUSSION

Nom de l'eau minérale	Paramètres physico-chimique					Eléments indésirables	
	Cl ⁻ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	F ⁻ (mg/l)
Lalla khadidja	10.65	7.14	7.50	3.70	0.50	0.65	0.25
Guedilla	39.93	40.23	25.83	29.40	1.80	0.97	0.757
Ifri	66.5	27.71	16.67	30.00	1.80	6.37	0.010
Toudja	63.90	14.33	12.50	44.00	0.60	0.13	0.132
Saida	95.85	55.58	67.50	61.00	3.00	8.93	0.227
Alma	92.30	21.02	85.00	35.00	2.50	5.15	0.143
Ben Haroun	337.25	61.50	156.67	600.00	9.60	0.55	0.889
Mouzaia gazeuse	127.80	116.56	81.67	115.00	2.30	3.21	0.489
Texanna	10.65	32.11	14.17	13.20	1.30	0.49	0.095
Messerghine	49.70	42.19	4.17	48.00	1.90	1.62	0.221
Thevest	67.45	45.98	244.17	60.00	2.80	0.69	0.482

*Conductivité à 25° (μS/cm)

RESULTATS ET DISCUSSION

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

2-1- pH

La figure 22 présente les valeurs du pH des eaux minérales étudiées.

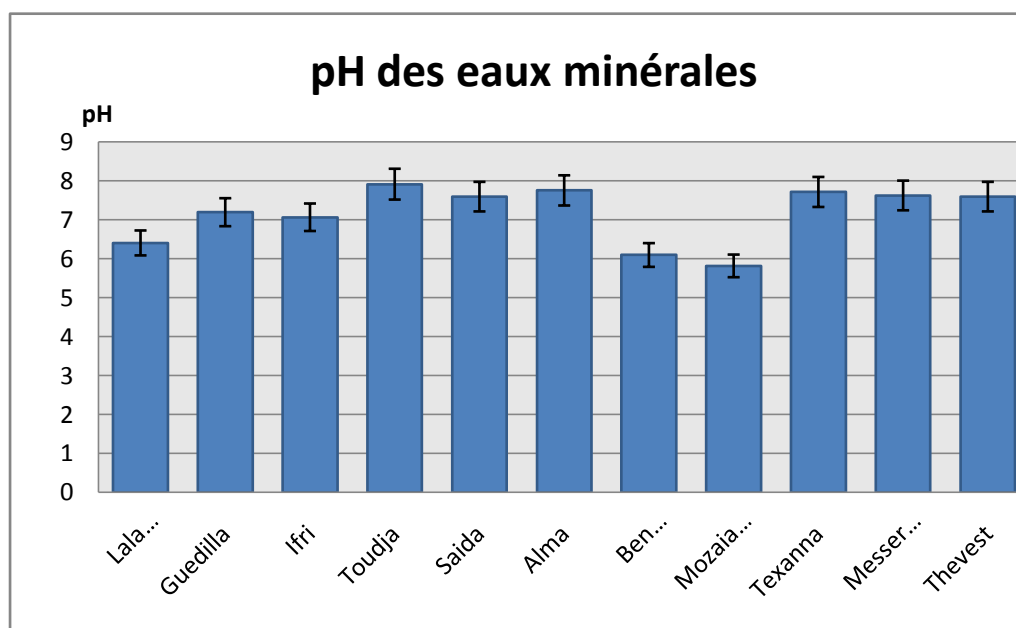


Figure 22 : Résultats de l'analyse du pH des eaux minérales.

Les données obtenues révèlent que le pH des eaux minérales est légèrement alcalin ; leur pH moyen est de 7.16

Le pH le plus bas est de 5.82 (Mouzaïa gazeuse) et le pH le plus élevé est de 7.92 (Toudja).

On constate que ces 02 marques d'eaux minérales gazeuses (Ben Haroun (6.10) ; Mouzaïa gazeuse (5.82) ont un pH inférieur à 6.5 car elles ont été enrichies en gaz carbonique.

Selon HAZZAB (2011) et BRAHIMI (2016), la majorité des eaux minérales étudiées ont un pH supérieur à 7, à l'exception de Ben haroun et Mouzaïa gazeuse qui présentent un caractère acide.

D'après KELLIL et SEKIOU (2014), dans la plupart des eaux minérales, le pH est compris entre 6 et 8,5.

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

D'une façon générale, on constate que les eaux minérales analysées sont conformes à la norme algérienne de 2006 ou le pH doit être compris entre 6.5 et 8.5.

RESULTATS ET DISCUSSION

2-2- Conductivité électrique

La figure 23 présente les conductivités électriques des eaux minérales analysées.

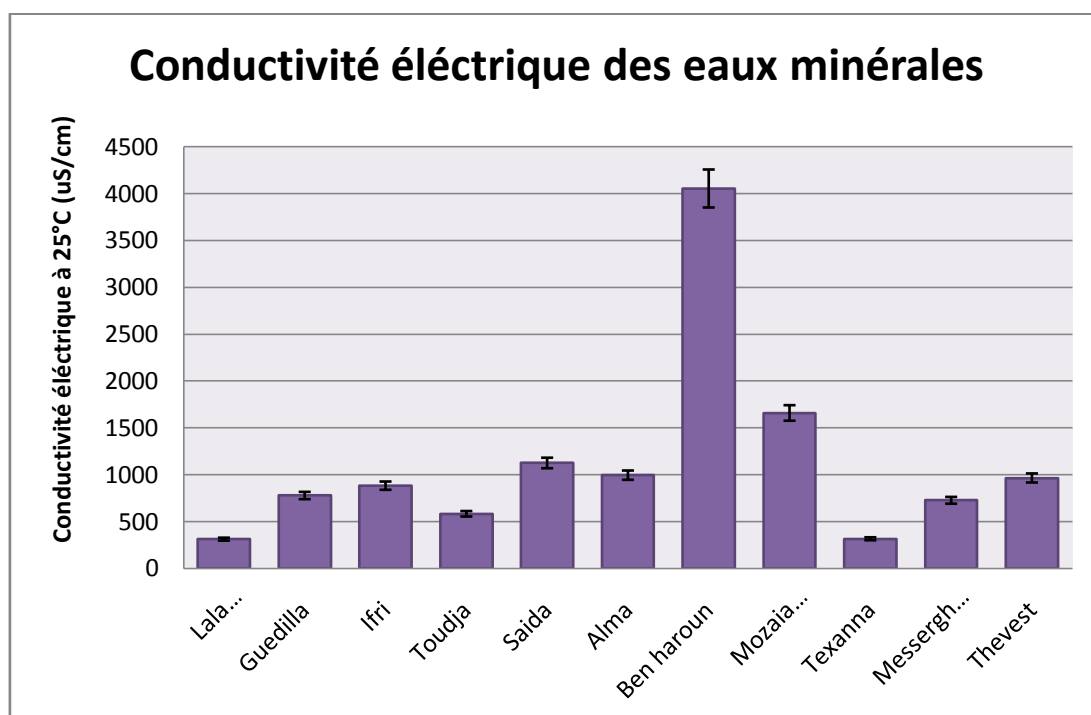


Figure 23 : Conductivité électrique des eaux minérales étudiées.

La conductivité moyenne des eaux minérales étudiées est de 1093.7 $\mu\text{S/cm}$, elle est comprise entre 245.00 $\mu\text{S/cm}$ (Lalla khedidja) et 4055.03 $\mu\text{S/cm}$ (Ben Haroun).

On constate que les eaux minérales sont conformes à la norme algérienne de 2006 qui ne doit pas dépasser 2800 $\mu\text{S/cm}$ à 20°C, à l'exception de l'eau minérale gazeuse Ben Haroun qui présente une conductivité à 25°C égale à 4055.03 $\mu\text{S/cm}$.

Selon KELLIL et SEKIOU (2014), la conductivité électrique peut être justifiée par des charges de matières organiques endogènes et exogènes, génératrices de sels après décomposition et minéralisation, ceci peut être du aussi au phénomène d'évaporation qui concentre ces sels dans l'eau minérale. Elle peut varier aussi suivant le substrat géologique.

RESULTATS ET DISCUSSION

2-3-Résidus sec

La figure 24 ci-dessous présente les résultats d'analyse de la minéralisation globale des eaux minérales étudiées.

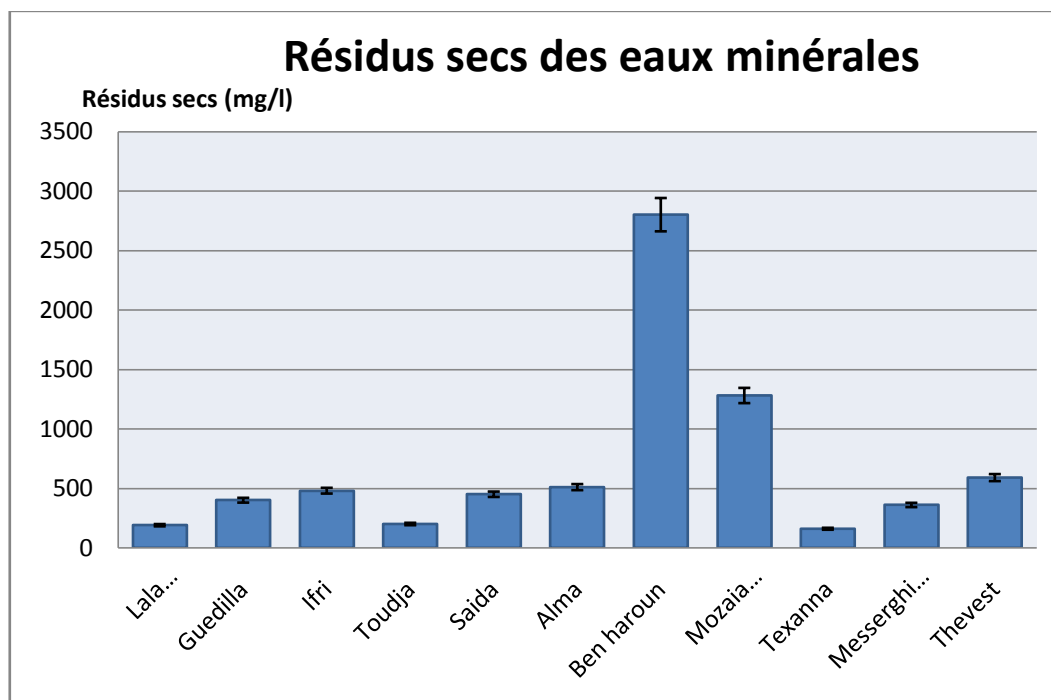


Figure 24 : Résidus secs des eaux minérales étudiées.

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

La minéralisation moyenne des eaux minérales étudiées est de 674.54mg/l, elle est comprise entre 160 mg/l (Texanna) et 2800mg/l (Ben Haroun).

Seules les eaux minérales Ben haroun, mouzaïa gazeuse ont une minéralisation plus élevées que la plupart des autres marques.

Nos résultats rejoignent ceux de l'étude de HAZZAB (2011) et de BRAHIMI (2016), qui ont trouvé une minéralisation moyenne respective de 680.65 mg/l et 689.35mg/l.

On constate que la plupart des eaux minérales algériennes sont moyennement minéralisées.

RESULTATS ET DISCUSSION

2-4-Alcalinité des eaux minérales naturelles

2-4-1-Titre Alcalimétrique (TA)

Pour la totalité des eaux minérales étudiées le TA est nul car leurs pH est inférieur à 8.3. Cela peut se traduire par l'absence des carbonates dans les eaux analysées conformément à la législation en vigueur.

2-4-2-Titre Alcalimétrique Complet (TAC)

La figure 25, présente les TAC en mg/l de Bicarbonates des eaux minérales étudiées.

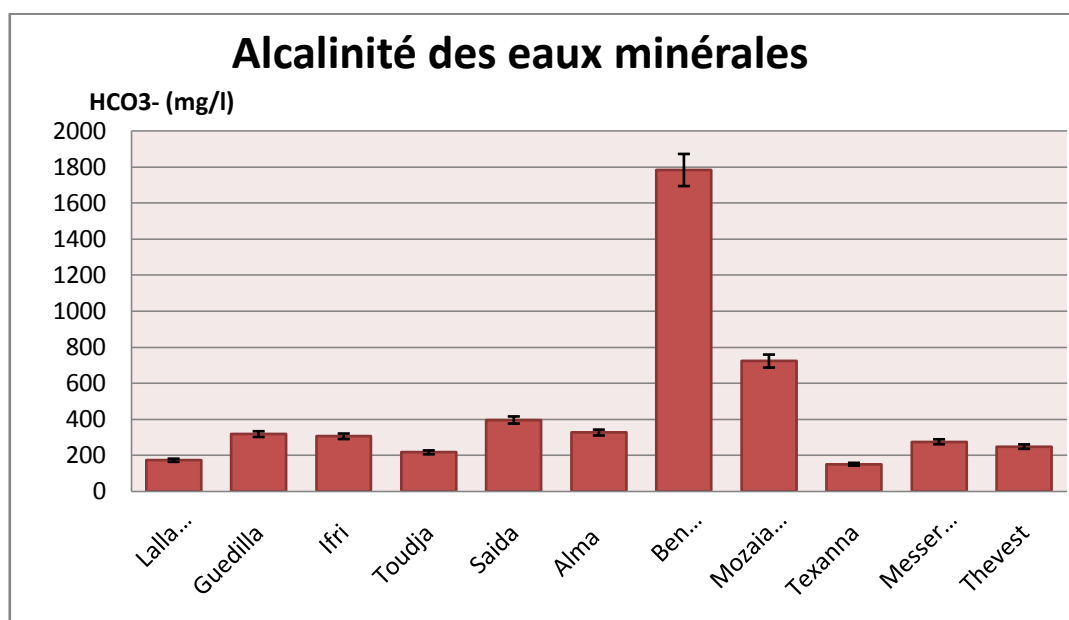


Figure 25: Les Teneurs en Bicarbonates des eaux minérales étudiées.

Il n'y a pas de valeur guide dans la réglementation algérienne.

L'alcalinité moyenne des eaux minérales naturelles étudiées est de 446.18 mg/l, elle est comprise entre 150.06 (Texana) et 1782.42 (Ben Haroun).

Trois marques représentent une alcalinité supérieure à 350 mg/l Saïda (395.28 mg/l), Mouzaïa gazeuse (722 mg/l) et Ben haroun (1782.42 mg/l).

Nos résultats corroborent avec ceux obtenus par HAZZAB (2011) et BRAHIMI (2016), dont la valeur moyenne de l'alcalinité est de 459.19mg/l et 450mg/l respectivement.

D'après FADIL et *al.* (2014), cette évolution de l'alcalinité peut être due à une dissolution des roches carbonatées.

RESULTATS ET DISCUSSION

2-5- Dureté totale

La figure 26 présente la dureté en °HF des eaux minérales étudiées.

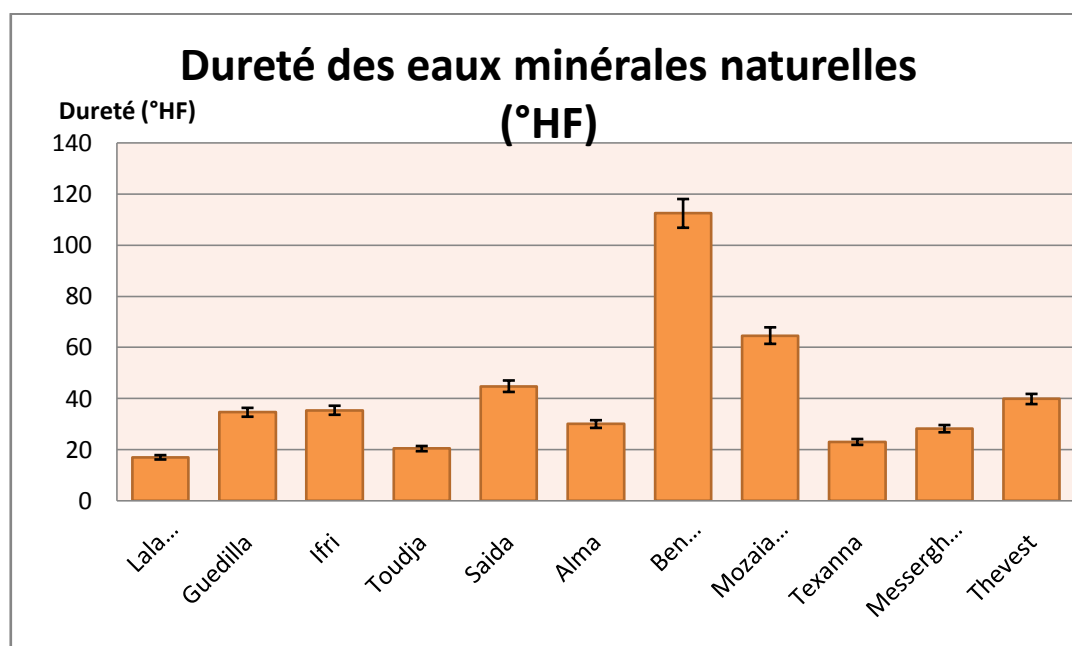


Figure 26: Dureté des eaux minérales étudiées.

La dureté moyenne des eaux minérales naturelles étudiées est de 41.01°HF elle est comprise entre 15.20°HF (Lalla khedidja) et 112.40 °HF (Ben Haroun).

Les résultats montrent que parmi les eaux minérales étudiées deux marques présentent une dureté supérieure à 50 °HF : Mouzaïa gazeuse (64.60°HF) et Ben Haroun (112.40°HF).

D'après KELLIL et SEKIOU (2014), cela est attribué aux teneurs élevées en calcium (constituant dominant de la dureté) et du magnésium qui résulte principalement du contact des eaux minérales avec les formations rocheuses. Le calcium dérive de l'attaque du CO₂ dissout par les roches calcaires (dolomies) ou de la dissolution sous forme de sulfate dans le gypse.

Les résultats montrent que seule la marque Ben Haroun (112.40 °HF) qui est non conforme à la norme algérienne qui fixe la limite maximale de la dureté à 50 °HF.

RESULTATS ET DISCUSSION

2-6-Calcium

.La figure 27, présente la concentration en calcium des eaux minérales étudiées.

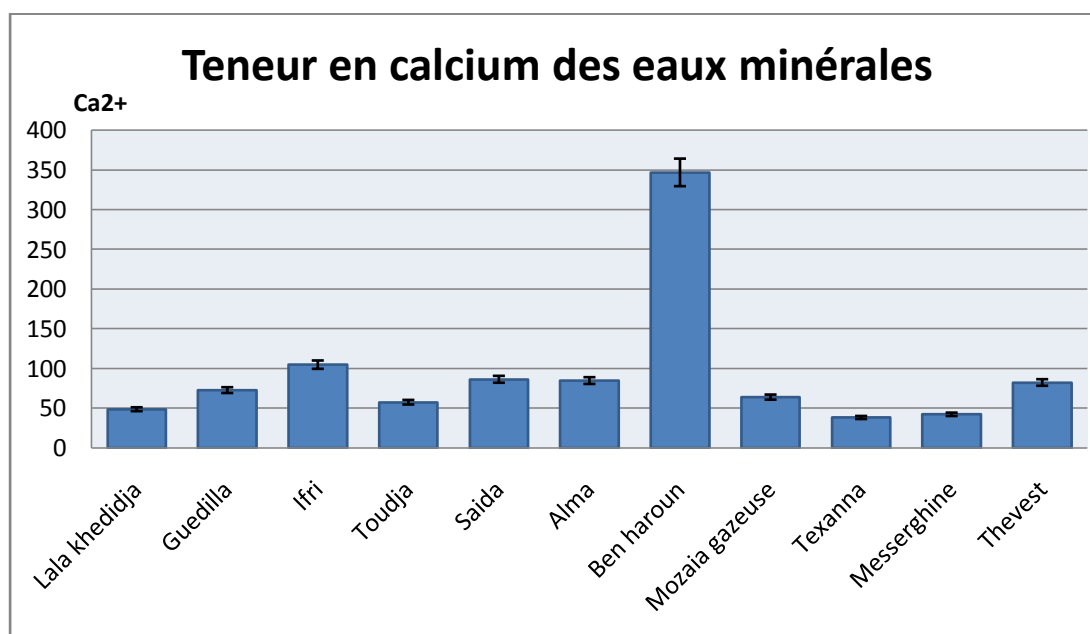


Figure 27: Les teneurs en Calcium des eaux minérales étudiées.

La teneur moyenne des eaux minérales étudiées en Ca^{2+} est de 101.87mg/l. Elle est comprise entre 42.48 mg/l (Messerghine) et 347.09 mg/l (Ben Haroun).

Parmi les eaux minérales étudiées, cinq marques d'eaux minérales présentent une teneur en calcium inférieure à 75 mg/l : Lalla khedidja (48.90 mg/l), Ghedila(72.85 mg/l), Toudja (57.72 mg/l), Mouzaïa gazeuse(64.13 mg/l), Messerghine(42.48 mg/l).

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

Nos résultats corroborent avec ceux obtenus HAZZAB (2011), qui a trouvé une teneur moyenne de 106.29 mg/l et ceux de BRAHIMI (2016) avec une moyenne de 103.25mg/l en calcium.

HAZZAB (2011), ZAROUKI (2013) et BRAHIMI (2016) ont démontré que seule la marque Ben Haroun est calcique (dépasse 150 mg/l de Ca^{2+}), et qui dépasse aussi la norme algérienne de 2006 (200mg/l).

RESULTATS ET DISCUSSION

2-7-Magnésium

La figure 28, présente la concentration en calcium des eaux minérales étudiées.

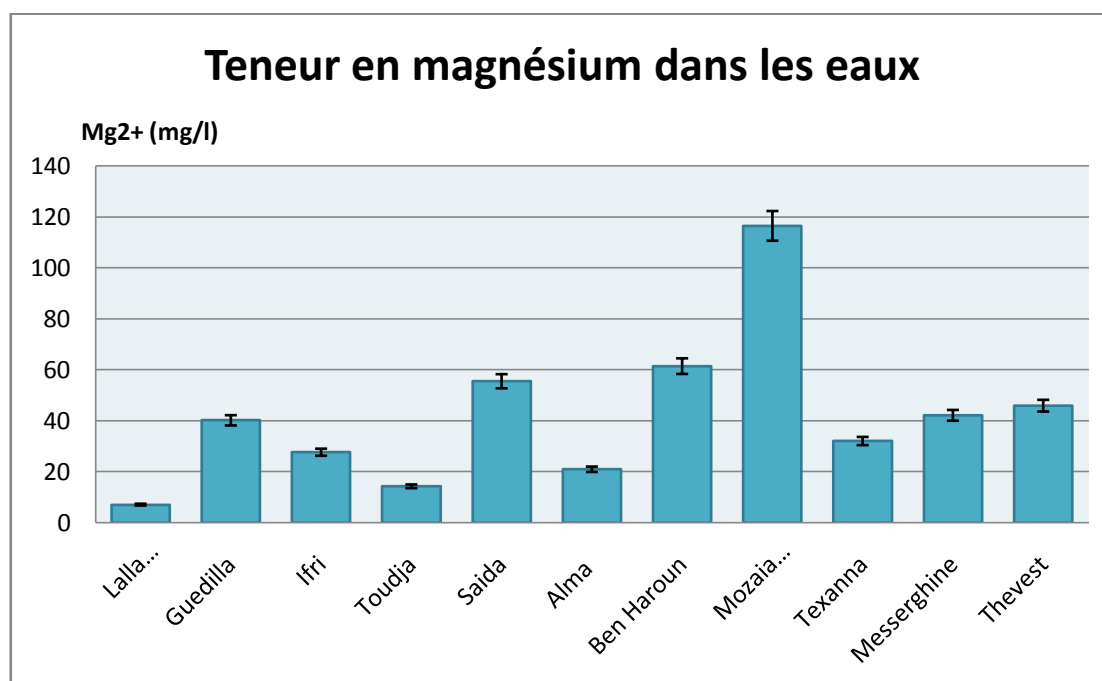


Figure 28: les teneurs en magnésium des eaux minérales étudiées.

La teneur moyenne des eaux minérales étudiées en Mg^{2+} est de 42.21mg/, elle est comprise entre 7.14mg/l (Lalla khedidja) et 116.56mg/l (Mouzaia gazeuse)

Trois marques d'eaux minérales sont magnésiennes (teneur supérieure à 50mg/l) : Saida (55.58), Ben haroun (61.50) et Mouzaia gazeuse (116.56).

Nos résultats se rapprochent de ceux de HAZZAB (2011) qui a trouvé une teneur moyenne en Mg^{2+} de 37.82mg/l, par contre elles sont identique aux résultats de BRAHIMI (2016).

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

D'une façon générale on constate que les eaux minérales analysées respectent la norme algérienne de 2006 fixé à 150 mg/l.

RESULTATS ET DISCUSSION

2-8-Sodium

La figure 29, présente la concentration en sodium (mg/l) des eaux minérales étudiées.

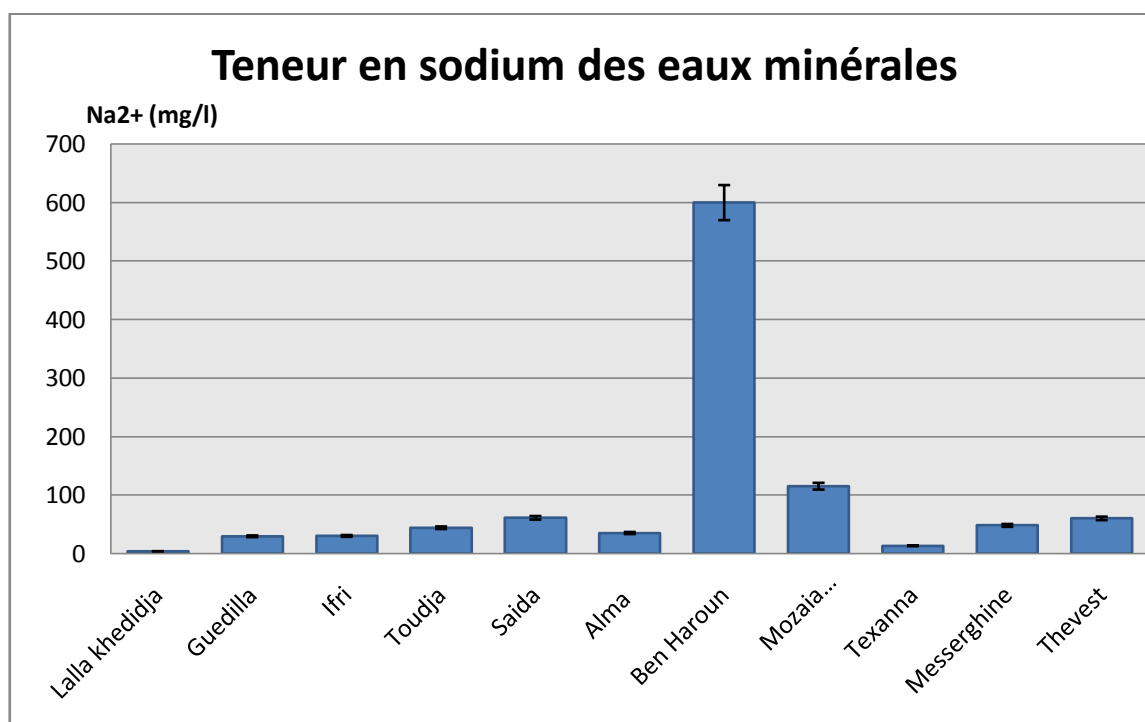


Figure 29 : les teneurs en sodium des eaux minérales étudiées.

La teneur moyenne des eaux minérales étudiées en Na^+ est de 94.48 mg/l. Elle est comprise entre 3.7mg/l (Lalla khedidja) et 600mg/l (Ben Haroun)

Nos résultats se rapprochent de ceux de HAZZAB (2011), ZAROUKI (2013) et BRAHIMI (2016), qui ont trouvé des teneurs moyennes de sodium respectivement de 106 mg/l, 99.62 mg/l et 95.02mg/l.

Seule la marque d'eau minérale Ben Haroun (600mg/l) dépasse la norme algérienne de 2006 fixée à 200 mg/l.

RESULTATS ET DISCUSSION

2-9- potassium

La figure 30 présente la concentration en potassium (mg/l) des eaux minérales étudiées.

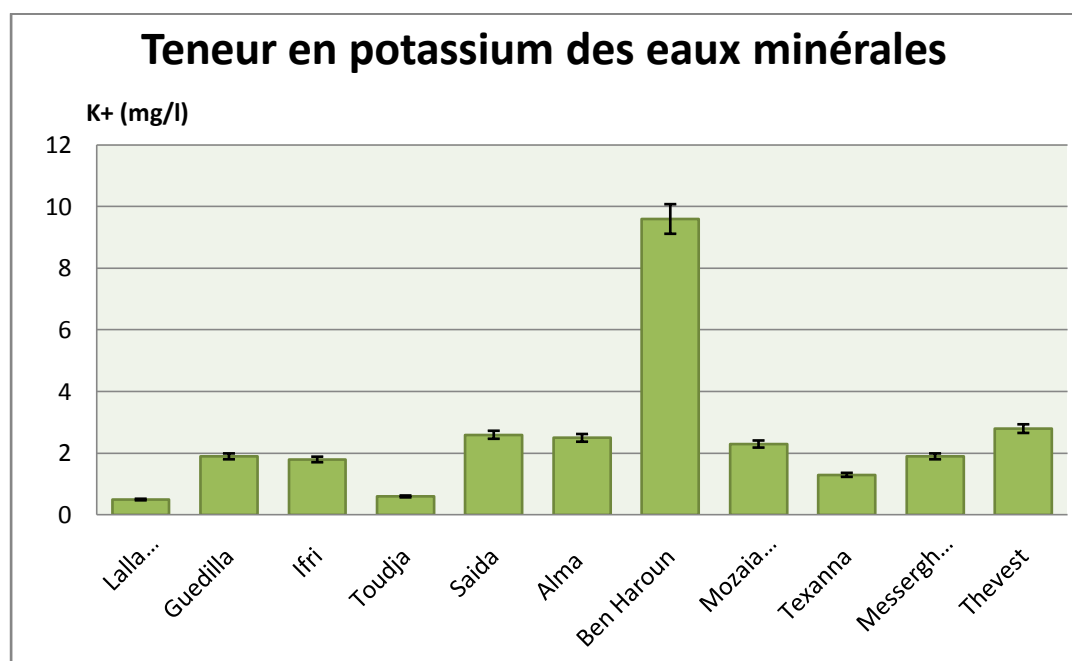


Figure 30 : les teneurs en potassium des eaux minérales étudiées.

La teneur moyenne des eaux minérales étudiées en K⁺ est de 2.55 mg/l. Elle est comprise entre 0.50 mg/l (Lalla Khadija) et 9.60 (Ben Haroun)

Nos résultats sont similaires à ceux obtenus par HAZZAB (2011), ZAROUKI (2013) et BRAHIMI (2016) qui démontrent que la valeur moyenne en K⁺ est de 2.88 mg/l, 2.34mg/l et 2.98 mg/l respectivement.

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

On constate que la concentration de potassium est assez faible dans la plupart des eaux minérales étudiées, donc aucune ne dépasse le seuil de 20mg/l en K⁺, et respecte la norme algérienne fixée à 200 mg/l.

RESULTATS ET DISCUSSION

2-10-Chlorures

La figure 31 présente les teneurs en chlorures des eaux minérales étudiées.

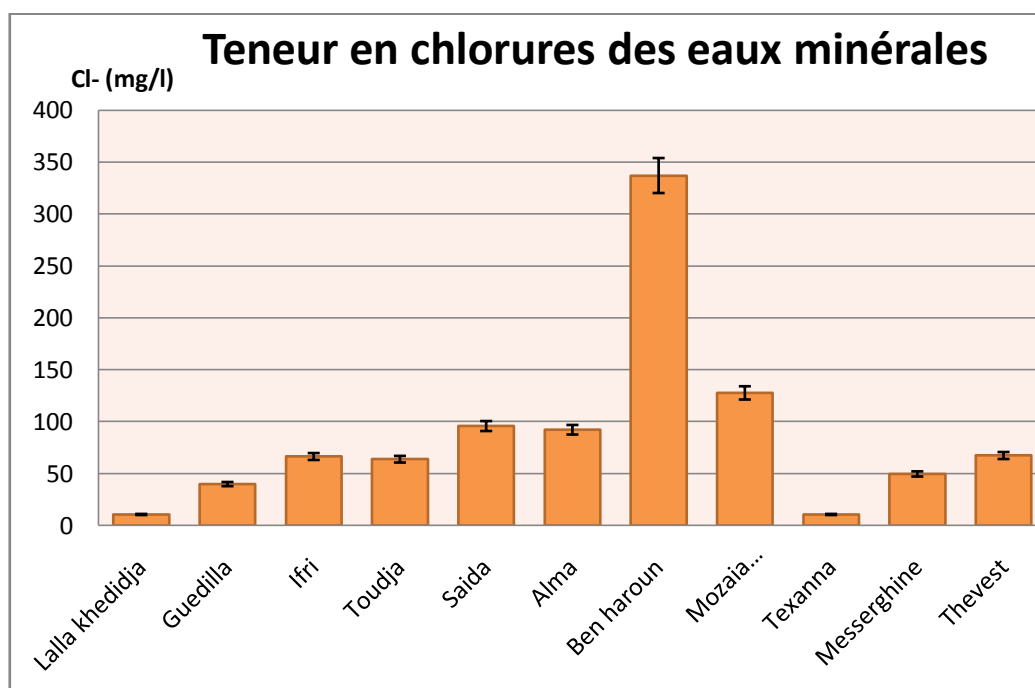


Figure 31 : les teneurs en chlorures des eaux minérales étudiées.

La teneur moyenne des eaux minérales étudiées en chlorures est de 87.45 mg/l. Elle est comprise entre 10.65mg/l (Lalla khedidja) et de 337.25 mg/l (Ben Haroun).

D'après l'étude des eaux minérales en Algérie réalisée par HAZZAB en 2011, la teneur moyenne en chlorures est de 91.24 mg/l ce qui corrobore avec nos résultats.

Les résultats de BRAHIMI (2016) sont conformes à nos résultats dont la teneur de chlorure est de 88.02mg/l.

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

En général la teneur en chlorures dans les eaux minérales étudiées reste conforme à la norme algérienne de 2006 qui fixe la teneur maximale en chlorures à 500mg/l..

RESULTATS ET DISCUSSION

2-11-Sulfates

La figure 32 présente les teneurs en sulfates des eaux minérales étudiées.

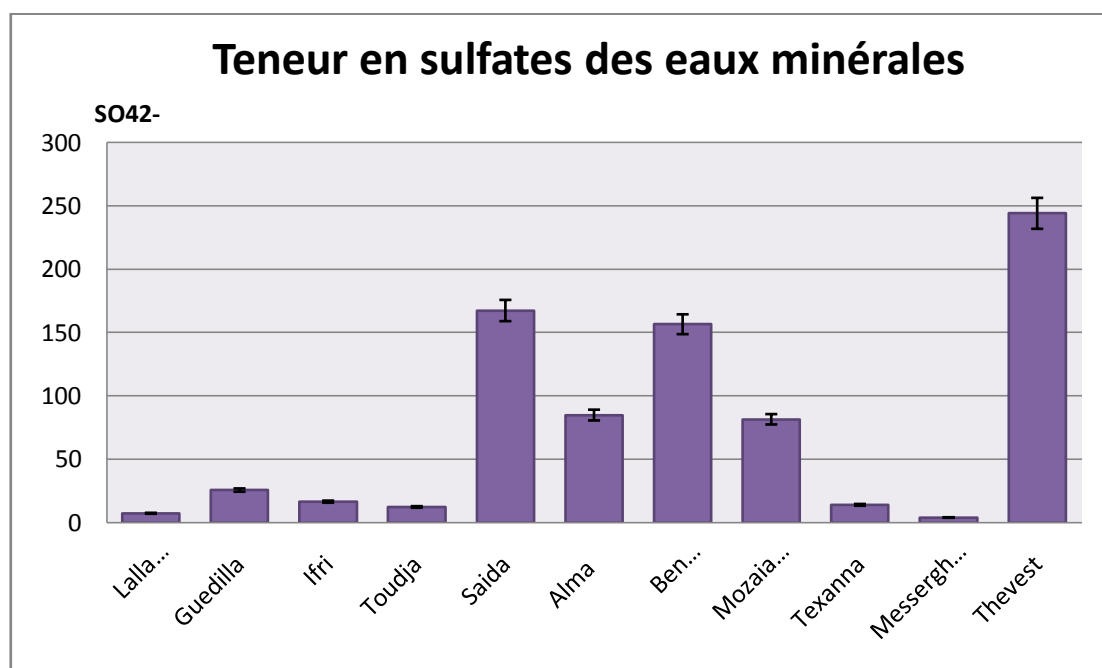


Figure 32 : les teneurs en sulfates des eaux minérales étudiées.

La teneur moyenne des eaux minérales étudiées en sulfate est de 65.07mg/l. Elle est comprise entre 4.17mg/l (Mesghrinne) et 244.17mg/l (Thevest).

D'après l'étude de HAZZAB (2011), La teneur moyenne des eaux minérales en sulfate est de 116.27 mg/l, ce résultat est bien supérieur à nos concentrations obtenues.

Par contre la teneur moyenne des eaux minérales étudiée par BRAHIMI (2016) en sulfate est de 66.09 mg/l ce qui corrobore avec nos résultats.

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

Celles-ci restent conformes à la norme algérienne de l'eau qui fixe la concentration maximale en sulfates à 400mg/l.

RESULTATS ET DISCUSSION

3- Eléments indésirables

3-1-Nitrate

La figure 33 présentes les teneurs en nitrates des eaux minérales.

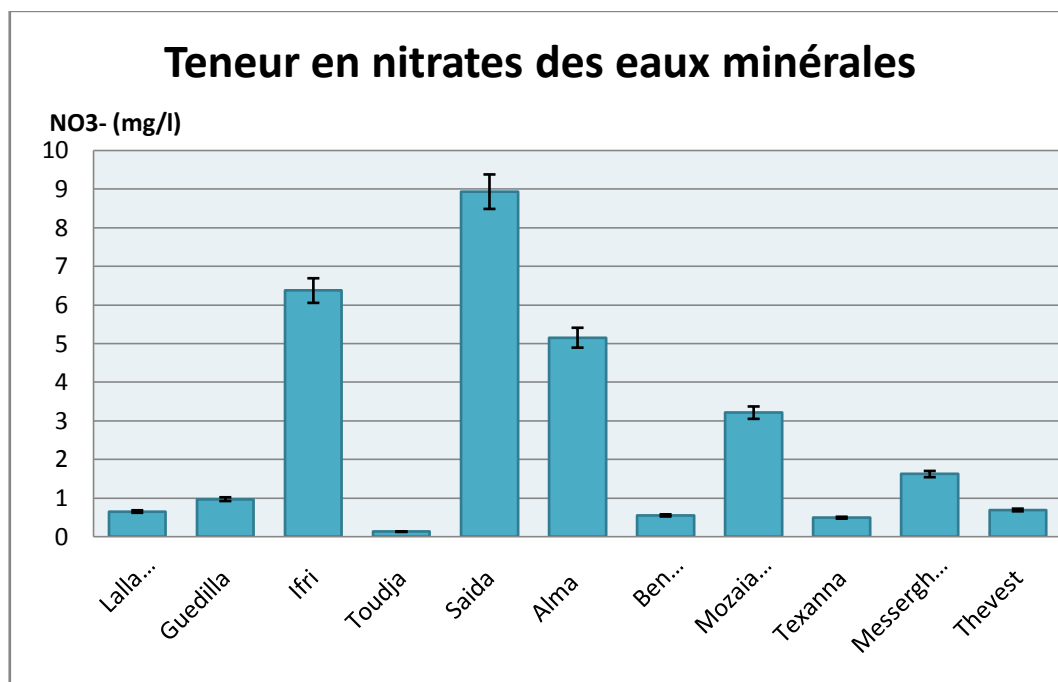


Figure 33: les teneurs en nitrates des eaux minérales étudiées.

La teneur moyenne des eaux minérales étudiées en nitrates est de 2.61mg/l. Elle est comprise entre 0.13 mg/l (Toudja) et 6.37 mg/l (Ifri).

D'après les résultats d'analyses réalisés par HAZZAB (2011), KELLIL et SEKIOU (2014) et BRAHIMI (2016), les teneurs moyennes en nitrates sont respectivement de 2.67 mg/l 2.7 mg/l et 2.83mg/l. Ces résultats qui sont relativement identiques à nos résultats et sont conformes à la norme algérienne de 2006 qui fixe la teneur maximal en nitrates à 50 mg/l.

RESULTATS ET DISCUSSION

3-2-fluorures

La figure 34 ci-dessous, présente les teneurs en fluorures des eaux minérales étudiées.

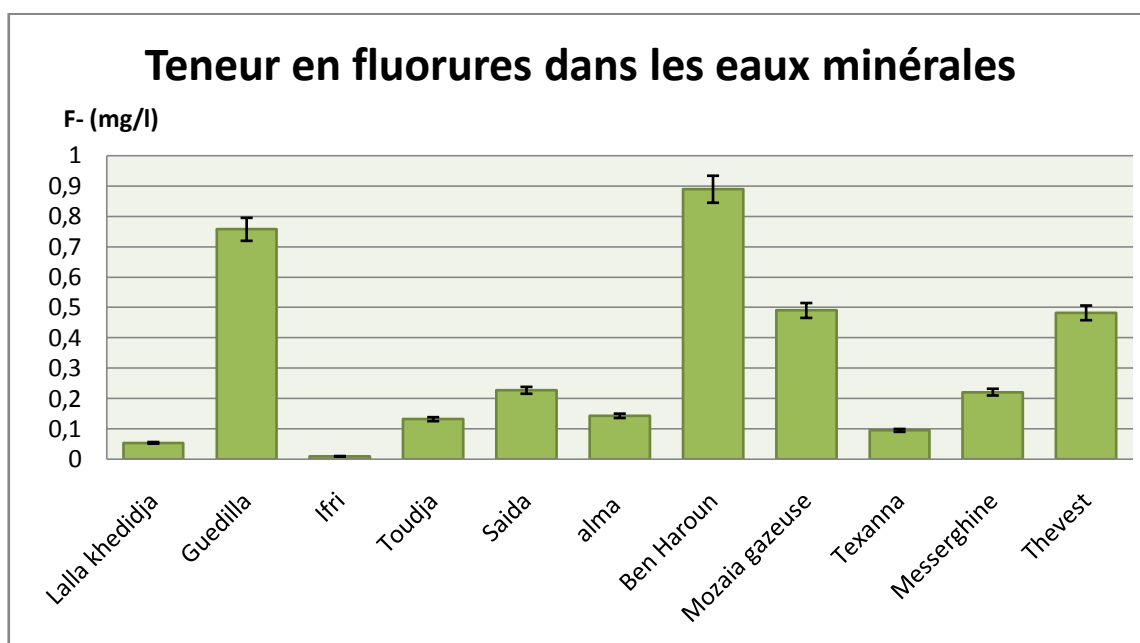


Figure 34 : les teneurs en fluorures des eaux minérales étudiées.

La teneur moyenne des eaux minérales étudiées en fluorures est de 0.31mg/l. Elle est comprise entre 0.01mg/l (Ifri) et 0.889 mg/l (Ben Haroun).

Selon HAZZAB (2011), la teneur moyenne en fluorures est de 0.34 mg/l, comparée à nos valeurs on constate une similarité. Nos résultats sont conformes à ceux signalé par BRAHIMI (2016).

D'après KELLIL et SEKIOU (2014), la source de fluor dans l'eau minéral est principalement les roches sédimentaires mais également les roches magmatiques et certains filons.

Les teneurs en fluorures des eaux minérales analysées sont conformes à la norme algérienne de 2006 qui fixe la teneur maximale en fluorures à 5 mg/l.

RESULTATS ET DISCUSSION

L'étude de l'analyse physico-chimique de différentes eaux minérales en Algérie nous a permis de les répartir en différents groupes et déterminer les marques d'eaux minérales adaptées aux différentes populations cible.

Selon la minéralisation globale

- Eaux très faiblement minéralisées, dont la minéralisation est inférieure à 50 mg/l : aucune marque d'eau minérale parmi les marques étudiées ne présente ce caractère.
- Eaux faiblement minéralisées ou oligo-minérales, dont la minéralisation est comprise entre 50 et 500 mg/l telles que Texanna (243.23 mg/l), Toudja (417.24 mg/l), Lalla khedidja (189.23 mg/l), soit un total de 03 marques d'eaux minérales conseillées pour les enfants et les nourrissants.
- Eaux moyennement minéralisées, dont la minéralisation est comprise entre 500 et 1000 mg/l telles que Alma (795 mg/l), Ifri (669.80 mg/l), Ghedila (483 mg/l), Saida (898.9 mg/l), Thevest (771 mg/l), soit 05 marques d'eaux minérales conseillées aux personnes qui ont des carences en minéraux.
- Eaux minéralisées, dont la minéralisation est comprise entre 1000 et 1500 mg/l telle que Mouzaia gazeuse (1325.5 mg/l) donc une seule marque.
- Eau fortement minéralisées, dont la minéralisation est supérieure à 1500 mg/l telle que Ben Haroun (3239.8 mg/l), soit une seule marque d'eau minérale, conseillée pour les sportifs.

Selon la composition physico-chimique

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

- les eaux minérales calciques (Ca^{2+})

Parmi les eaux minérales étudiées, seule la marque Ben Haroun est calcique ($\text{Ca}^{2+} > 150$ mg/l). Ces eaux sont déconseillées aux personnes souffrant de calculs rénaux et conseillées pour les personnes âgées afin de contribuer à la couverture des besoins journalières en calcium et ainsi d'aider à diminuer les risques de déminéralisation osseuse liée à l'âge, comme l'ostéoporose. Elle est conseillée aussi pour les femmes enceintes et allaitantes car les besoins de calcium augmentent à cette période, et également pour les femmes ménopausées dont le calcium contribue à maintenir la densité osseuse.

RESULTATS ET DISCUSSION

➤ Les eaux minérales sodiques (Na^+)

Parmi les eaux minérales étudiées, seul la marque Ben Haroun qui dépasse les 200 mg/l, elle est dite « riche en sodium ». Ces eaux sont déconseillées aux patients ayant tendance à faire de la rétention d'eau (formation d'œdèmes), souffrant d'hypertension artérielle, d'insuffisance cardiaque ou rénal, mais conseillées pour les sportifs.

➤ Les eaux minérales magnésiennes (Mg^{2+})

Parmi les eaux minérales étudiées, 03 marques sont magnésiennes : Ben Haroun (61.50 mg/l), Mouzaia gazeuse (116.56 mg/l), Saida (55.58mg/l). Ces eaux peuvent être indiquées en cas de stress et de fatigue, et conseillées lors d'un régime afin de couvrir leurs besoins quotidiens et aussi pour les personnes âgées, afin de contribuer à la couverture des besoins journalières recommandés en ce minéral.

➤ Les eaux minérales bicarbonatées (HCO_3^-)

Mouzaia gazeuse et Ben Haroun sont des eaux minérales bicarbonatées ($\text{HCO}_3^- > 600$ mg/l), peuvent alors être indiquées aux personnes souffrantes de digestion difficile, des calcule rénaux afin d'alcaliniser les urines. Elle est indiquée aussi lors d'une épreuve physique (sportifs).

➤ Les eaux minérales fluorées (F)

Aucune des marques d'eaux minérales étudiées n'est fluorée.

➤ Les eaux minérales sulfatées (SO_4^{2-})

Parmi les eaux minérales analysées une seule marque Thevest (244.2 mg/l) est sulfatée. Sa teneur en sulfates est supérieure à 200mg/l, et par conséquent conseillé pour les personnes souffrantes de constipation car le sulfate a un effet laxatif.

➤ Les eaux minérales chlorurées (Cl^-)

Seule la marque d'eau minérale Ben Haroun (337.25 mg/l) est chlorurée, avec une teneur en Cl^- supérieure à 200 mg/l, favorise donc la croissance chez les enfants.

➤ Les eaux minérales pauvres en sodium (Na^+)

Ce sont les eaux dont la teneur en sodium est inférieure à 20 mg/l ; Texanna (13.20mg/l), Lalla khedidja (5.30 mg/l) soit 2 marques d'eaux minérales recommandées pour les personnes atteintes d'hypertension artérielle, d'insuffisance cardiaque ou rénale car elles sont diurétiques.

➤ Les eaux minérales pauvres en nitrates (NO_3^-)

Ce sont les eaux minérales dont la teneur est inférieure à 10 mg/l. Toutes les eaux minérales étudiées sont pauvres en nitrates ce qui convient pour les nourrissons et les personnes atteintes de cancer.

RESULTATS ET DISCUSSION

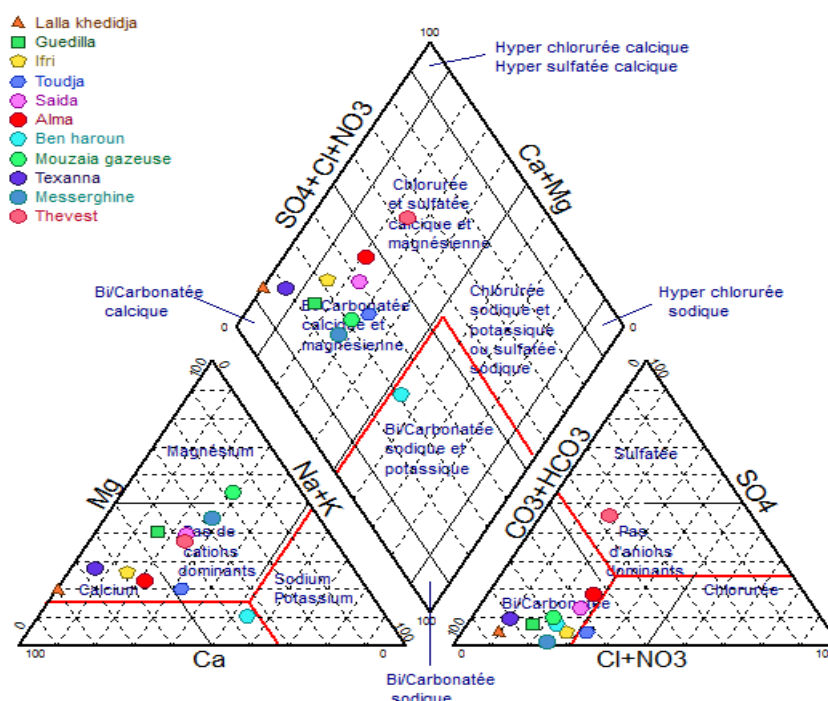
Selon la dureté

- les eaux douces, ont une dureté comprise entre 0 et 5 °HF ; aucune eau n'est douce parmi les eaux minérales étudiées.
- les eaux moyennement dures, dont la dureté est comprise entre 10 et 15 °HF : Lalla khedidja (15.20°HF) soit une seule marque d'eau minérale étudiée conseillée pour les nourissants.
- les eaux avec une dureté idéale, entre 15 et 35 °HF : Ghedila (35 °HF), Toudja (20.40°HF), Alma (30°HF), Texana (23°HF), Messerghine (28.20°HF) soit un totale de 05 marques d'eaux minérales étudiées consommées quotidiennement pour les personnes en bonne santé.
- les eaux très dures, dont la dureté est supérieurs à 35 °HF : Ifri(37.80°HF), Saida (44.80°HF), Ben Haroun (112.40 °HF), Mouzaia gazeuse (64.60 °HF), Thevest (39.80°HF) soit au total 05 marques d'eaux minérales étudiées conseillées pour les sportifs.

4-Détermination du faciès chimique global des eaux minérales analysées

- **Diagramme de piper des eaux minérales analysées**

La projection des eaux analysées est présentée dans la figure 35.



RESULTATS ET DISCUSSION

La représentation des données d'analyse des eaux minérales en Algérie sur le diagramme de Piper indique qu'il y a peu de diversité. La grande majorité des eaux sont du type faciès bicarbonaté calcique et magnésien.

Le diagramme de piper a permis de classer les eaux minérales étudiées en trois groupes distinct :

- le premier groupe englobe les eaux minérales : Saida, Alma, Ifri, Toudja, Mouzaia gazeuse, Messrghinne, Ghedila, Texanna, Lalla khedidja à faciès chimique global bicarbonaté calcique et magnésien ;
- le deuxième groupe est composées de Thevest, dont le faciès chimique global est sulfaté calcique et magnésien ;
- le troisième groupe est composé de Ben Haroun, dont le faciès chimique global est bicarbonaté et sodique.

5- comparaison entre les résultats obtenus et ceux mentionnés sur les étiquettes

5-1-Eau minérale (E1)

Nous constatons des teneurs inférieures en chlorures, nitrates, calcium et potassium dans nos résultats par rapport à l'étiquette. Par contre les teneurs en résidus secs et les bicarbonates sont supérieures dans nos résultats par rapport à l'étiquette.

Les fluorures restent non déterminés sur l'étiquette avec une valeur de 0.22 mg/l dans nos résultats. Pour ce qui est du pH, magnésium et sodium nous avons remarqué que les valeurs obtenues sont identiques à celles mentionnées sur l'étiquette (figure 36).

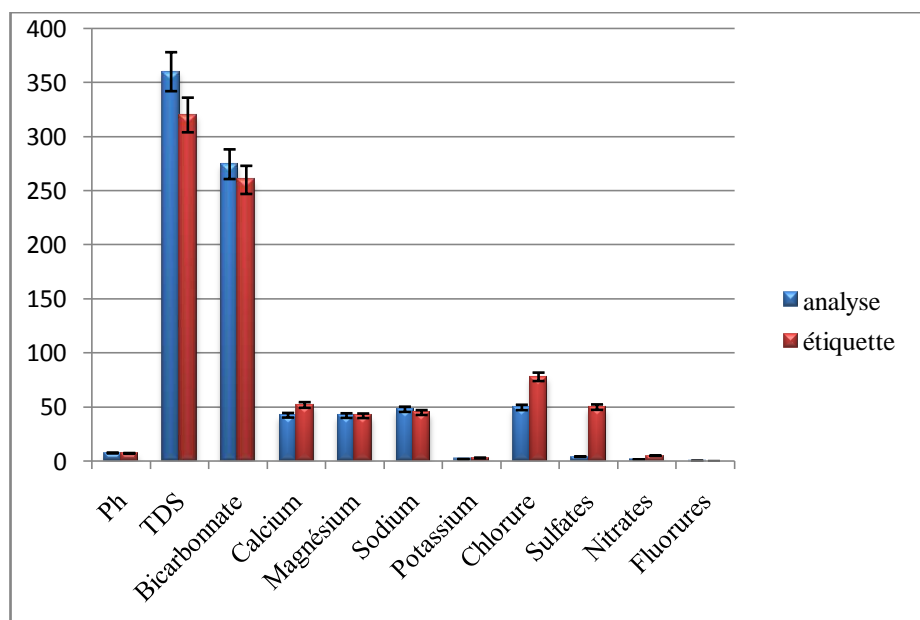


Figure 36: Comparaison entre l'étiquette et nos résultats de l'eau minérale E1.

RESULTATS ET DISCUSSION

5-2-Eau minérale E2

L'analyse effectuée sur l'eau minérale E2 à montré une stabilité des teneurs dans tous les éléments à l'exception les sulfates ou la teneur est supérieur dans notre analyse.

La valeur de fluorure est non déterminée sur l'étiquette par contre elle est de 0.48 mg/l dans nos résultats.

Le pH reste en dessous de la normale (Figure 37).

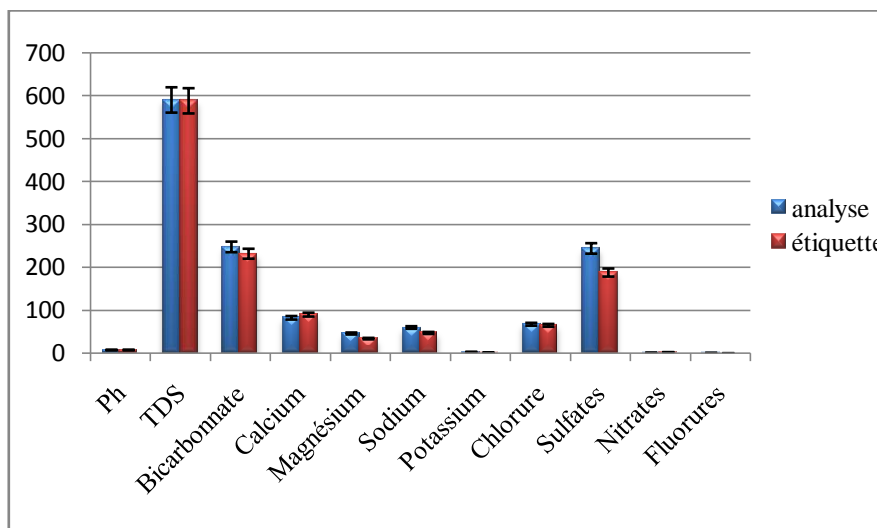


Figure 37: Comparaison entre l'étiquette et nos résultats de l'eau minérale E2.

5-3-Eau minérale E3

Tous les éléments analysés sont presque identiques avec ceux étiquetés à l'exception des sulfates qui présentent des valeurs supérieures sur l'étiquette par rapport à nos résultats.

Les fluorures restent non déterminés sur l'étiquette avec une valeur de 0.88 mg/l dans nos résultats (figure 38).

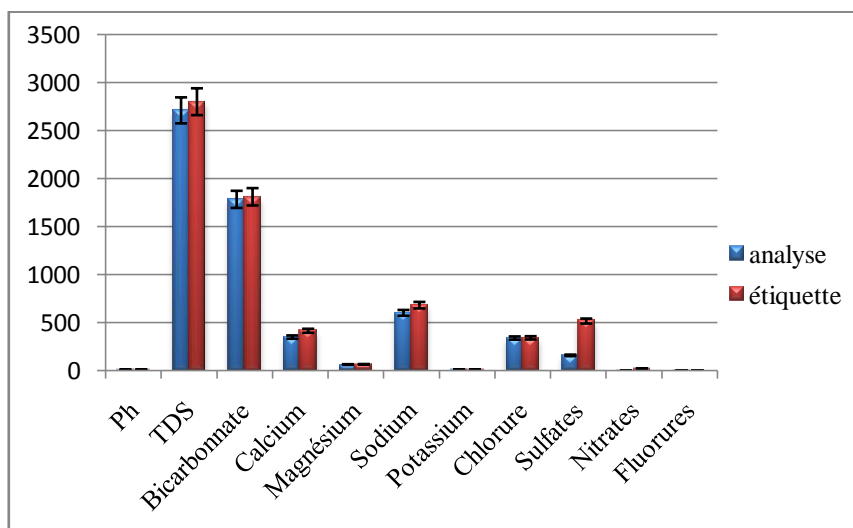


Figure 38 : Comparaison entre l'étiquette et nos résultats de l'eau minérale E3

RESULTATS ET DISCUSSION

5-4- Eau naturelle E4

L'interprétation des analyses marquées sur l'étiquette et celles de nos résultats révèle des teneurs proches en chlorures, nitrates, sodium, magnésium, calcium et potassium.

Les teneurs en bicarbonates et fluorures sont non déterminées sur l'étiquette par contre elles sont respectivement de 317.2 mg/l et 0.75 mg/l dans nos résultats.

Les deux éléments résidu sec et sulfates présentent des valeurs supérieures sur l'étiquette par rapport à nos résultats. Le pH reste stable (figure 39).

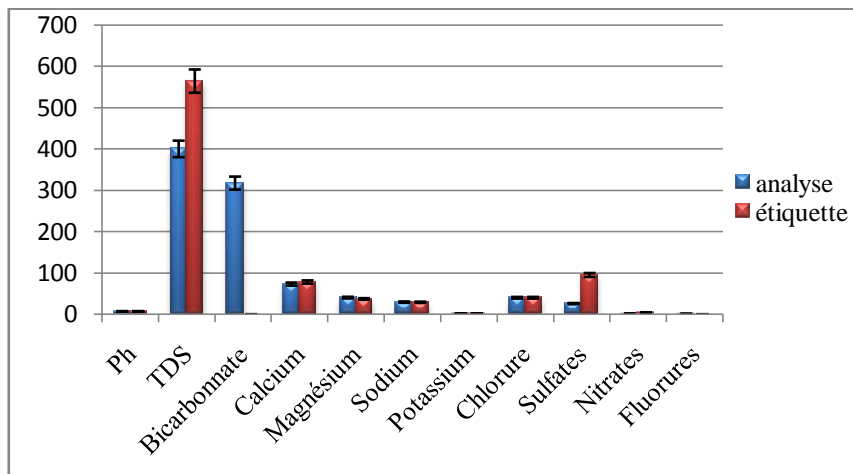
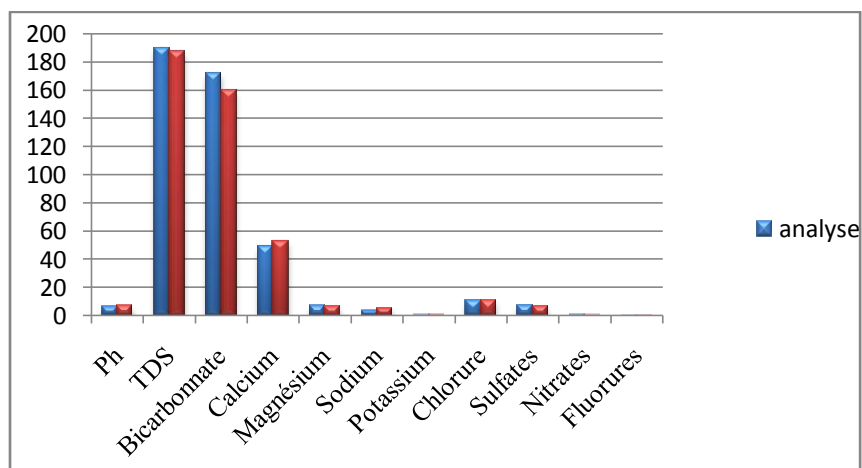


Figure 39 : Comparaison entre l'étiquette et nos résultats de l'eau minérale E4

5-5-Eau minérale E5

On remarque que les teneurs en magnésium, chlorure, potassium, sulfate, nitrates et de fluorure pour l'eau analysée sont identiques à ceux de l'étiquette de la bouteille.

Par contre une augmentation est remarquée pour les teneurs en bicarbonates, résidu sec dans nos résultats par rapport à l'étiquette. Pour la valeur de calcium elle est plus élevée sur l'étiquette par rapport à nos résultats. Le pH est proche de la neutralité (figure 40).



RESULTATS ET DISCUSSION

Figure 40 : Comparaison entre l'étiquette et nos résultats de l'eau minérale E5

5-6-Eau minérale E6

On remarque une certaine stabilité des teneurs de chlorures, calcium, magnésium, potassium pour les deux analyses. Par contre on remarque une augmentation des teneurs en résidus sec, bicarbonate, dans nos résultats par rapport à l'étiquette.

Les teneurs en nitrates et en sulfates sont inférieures dans nos résultats.

La valeur de fluorure est non déterminée sur l'étiquette par contre elle est de 0.01 mg/l dans nos résultats. Le pH est proche de la neutralité (figure 41).

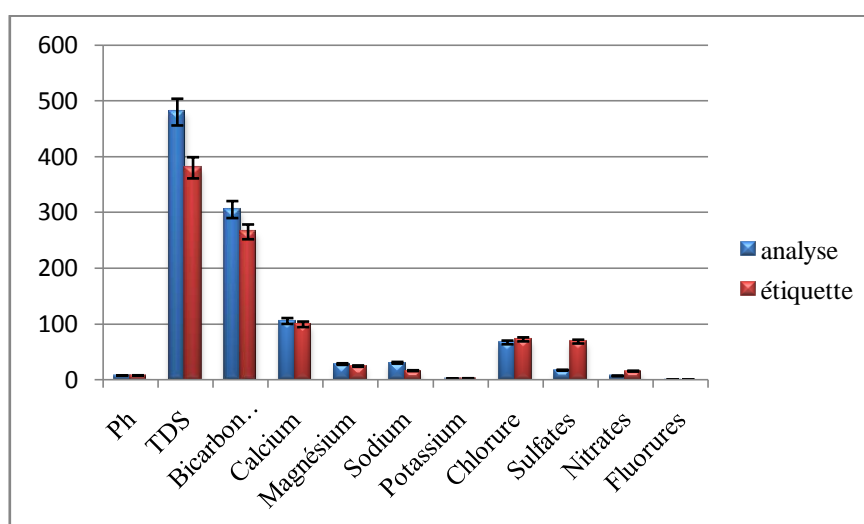


Figure 41 : Comparaison entre l'étiquette et nos résultats de l'eau minérale E6

5-7-Eau minérales E7

Après l'analyse de cette eau et en la comparant aux résultats sur l'étiquette nous remarquons les teneurs en résidu sec et en sulfates dans l'étiquettes sont supérieures par rapport à nos résultats. Notre analyse révèle une similarité des teneurs du calcium, magnésium et potassium avec ceux étiquetés.

On remarque les teneurs en chlorure, sodium dans nos résultats sont supérieures par rapport à l'étiquette. La valeur de bicarbonates et de fluorures sont non déterminées sur l'étiquette par contre elles sont successivement de 215.94 mg/l à 0.13 mg/l dans nos résultats. Le pH a des valeurs proches de la neutralité (figure 42).

RESULTATS ET DISCUSSION

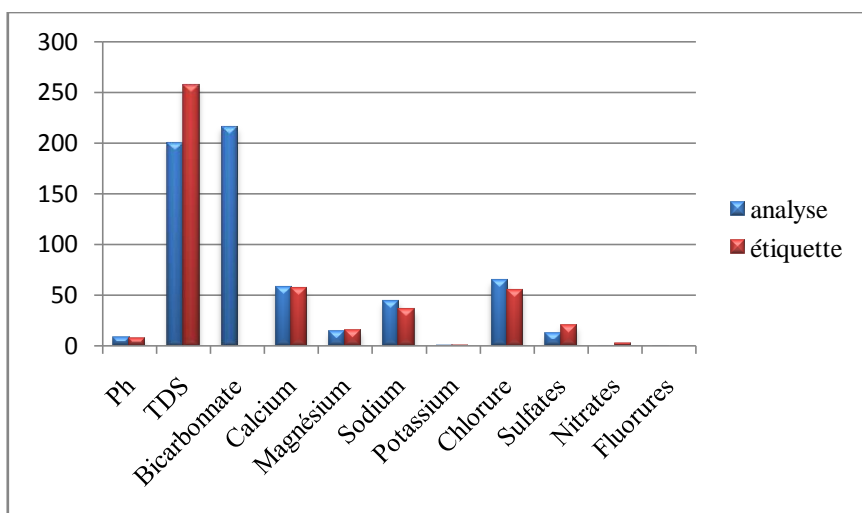


Figure 42 : Comparaison entre l'étiquette et nos résultats de l'eau minérale E7

5-8-Eau minérale E8

L'interprétation des analyses indiquées sur l'étiquette et celles de nos résultats révèle des teneurs proches en sodium et en potassium.

La teneur de fluorures est non déterminée sur l'étiquette par contre elle est de 0.22mg/l dans nos résultats.

Les éléments tels que les bicarbonates, calcium, magnésium, chlorure et sulfate sont présent des valeurs élevées dans nos résultats par rapport à l'étiquette.

Une faible diminution des teneurs en nitrates et en résidu sec est observée dans nos résultats par rapport à l'étiquette. Le pH reste stable (figure 43).

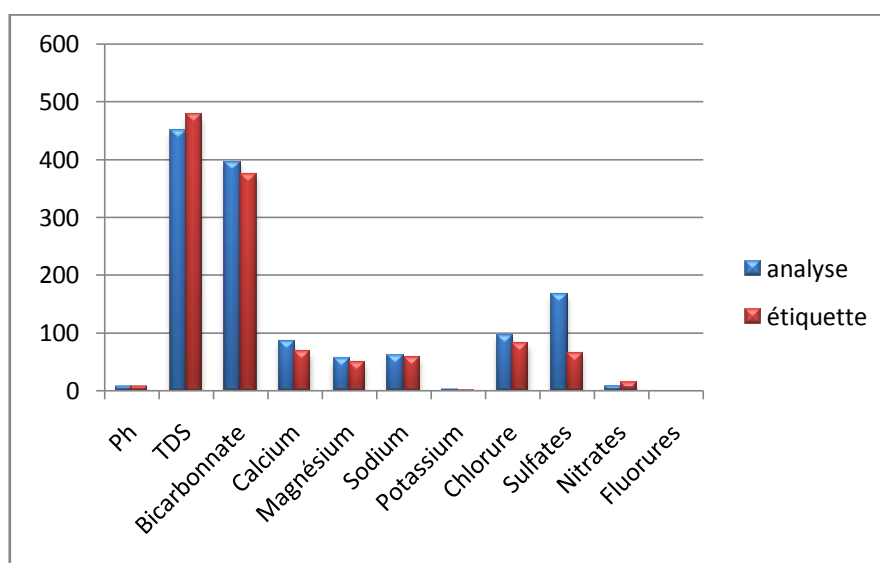


Figure 43: Comparaison entre l'étiquette et nos résultats de l'eau minérale E8

RESULTATS ET DISCUSSION

5-9-Eau minérale E9

La comparaison des teneurs en éléments chimiques de nos résultats par rapport à l'étiquette pour cette eau montre une certaine similarité des teneurs en sodium et en potassium.

La valeur de fluorures est non déterminée sur l'étiquette par contre elle est 0.14 mg/l dans nos résultats.

Les teneurs en résidu sec, bicarbonates, chlorures, calcium et magnésium indiquent une hausse de valeurs dans l'étiquette par rapport à nos valeurs.

Une faible diminution des teneurs en nitrates dans nos résultats. Le pH reste toujours proche de la neutralité (figure 44).

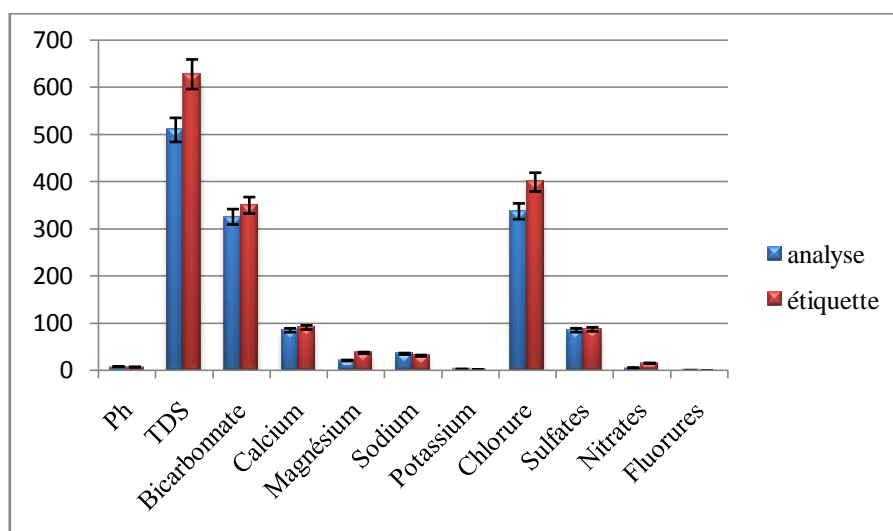


Figure 44: Comparaison entre l'étiquette et nos résultats de l'eau minérale E9

5-10- Eau minérale naturelle E10

On remarque une certaine similarité des teneurs en chlorures, sulfates, entre les résultats obtenus et ceux sur l'étiquette.

Les valeurs de bicarbonates et de fluorures sont non déterminées sur l'étiquette par contre elles sont respectivement de 722,24 mg/l et 0.48mg/l dans nos résultats.

Par contre les teneurs en nitrate et calcium de nos eaux sont inférieures à celle indiquées sur l'étiquette. La teneur de résidu sec, magnésium de nos résultats sont supérieur par rapport à l'étiquette. Les valeurs de pH sont les deux proches de la neutralité aussi bien pour l'eau analysée que pour celui indiqué sur l'étiquette (figure 45).

RESULTATS ET DISCUSSION

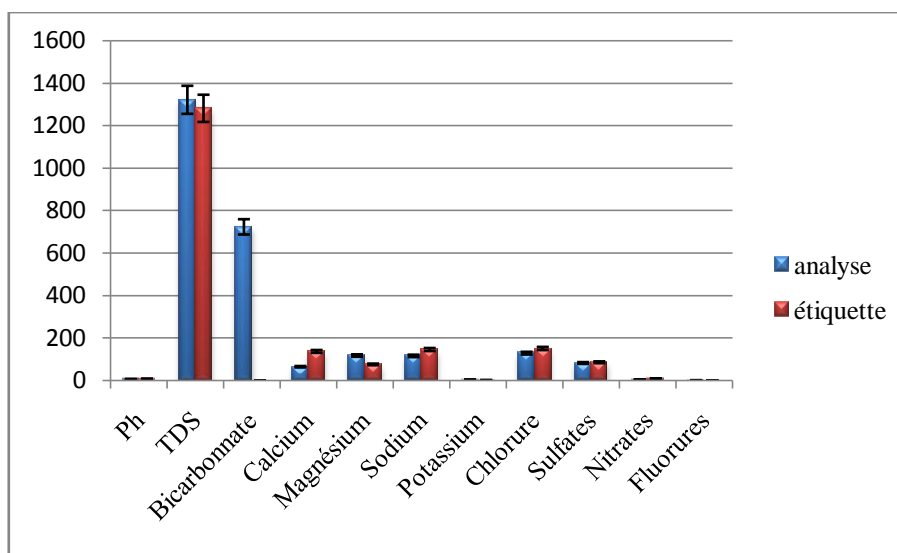


Figure 45 : Comparaison entre l'étiquette et nos résultats de l'eau minérale E10

5-11-Eau minérale naturelle E11

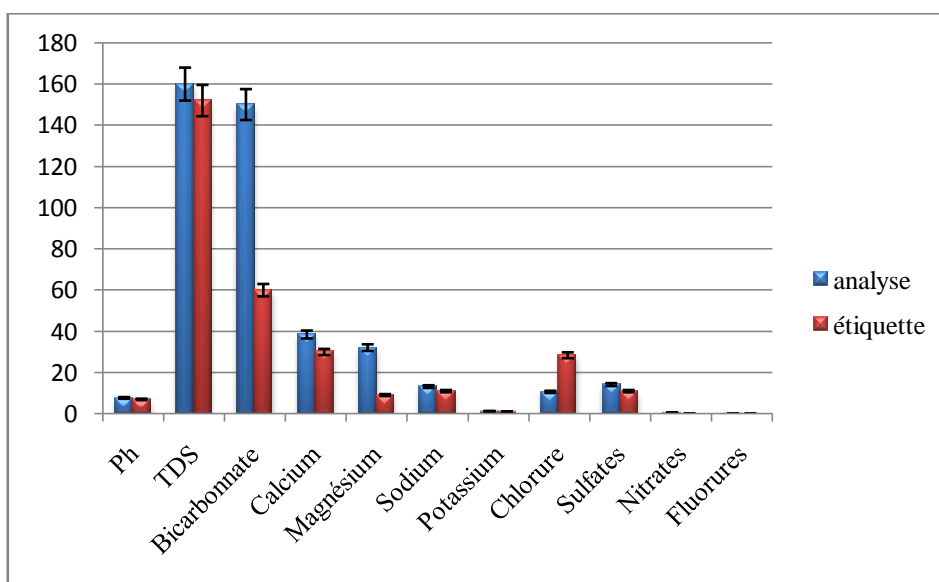


Figure 46 : Comparaison entre l'étiquette et nos résultats de l'eau minérale naturelle E11

Nous remarquons des teneurs supérieures des teneurs en résidus secs, bicarbonates, calcium, magnésium, sodium et sulfates dans nos résultats par rapport à l'étiquette.

Les valeurs des nitrates et des fluorures sont non déterminées sur l'étiquette par contre elles sont respectivement de 0,49mg/l et de 0,095 mg/l dans nos résultats.

La teneur des chlorures est plus faible dans nos résultats par rapports à ceux étiquetés et le pH est toujours proche de la neutralité comme pour les analyses précédente.

RESULTATS ET DISCUSSION

Pour toutes ces eaux nous avons constaté un changement traduit par une augmentation ou une diminution des teneurs surtout en résidu sec, bicarbonates, calcium et magnésium en comparant nos résultats à ceux sur l'étiquette. Ceci peut être probablement expliqué par les variations de température extrême (très froide ou très chaude) lors d'une longue durée de conservation ou de transport non conforme de la bouteille d'eau. Ces conditions peuvent provoquer la précipitation des sels minéraux contenus dans l'eau particulièrement le calcium et le magnésium, surtout que notre prélèvement est réalisé à partir de la bouteille alors que les résultats mentionnés sur les étiquettes proviennent des analyses réalisées directement au niveau de la source.

CONCLUSION

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

L'analyse physico-chimique des 11 marques d'eaux minérales collectées, disponibles dans les commerces algériens, montre que toutes les eaux respectent les normes de potabilité.

- Le pH des eaux minérales vendues en Algérie et pour la plupart neutre. Il varie entre 5.82 pour la marque Mozaia gazeuse et 7.92 pour la marque Toudja.
- Les teneurs en bicarbonates les plus fortes ont été observées avec les marques Ben Haroun et Mozaia gazeuse avec respectivement 1782.42 mg/l et 722.24 mg/l. La concentration la plus faible correspond à la marque Texanna avec un taux de 150.06 mg/l.
- Les teneurs en Calcium de ces eaux varient entre 247.09 mg/l et 42.48 mg/l. La teneur la plus élevée a été obtenue avec la marque Ben Haroun et la plus faible est observée avec la marque Messerghine.
- La teneur en Magnésium la plus faible est observée avec la marque Lalla khedidja avec un taux de 7.14 mg/l et la plus élevée est observé avec la marque Mozaia gazeuse avec un taux de 116.56 mg/l.
- Les teneurs en sodium des eaux minérales vendues en Algérie sont très variables. Le taux le plus élevé est observé avec la marque Ben Haroun avec un taux de 600 mg/l et le plus faible taux est observé avec la marque Lalla Khedidja avec 3.7 mg/l.
- Les teneurs en potassium sont très variés. Le taux le plus élevé est observé avec la marque Ben haroun avec un taux de 9.60 mg/l et le plus faible taux est observé avec la marque Lalla khedidja avec un taux de 0.50 mg/l.
- Les teneurs en Chlorures les plus fortes ont été observées avec les marques Ben haroun et Mozaia gazeuse avec respectivement 337.25 mg/l et 127.80 mg/l. La concentration la plus faible correspond à la marque Lalla khedidja avec un taux de 10.56 mg/l.

Les différentes marques d'eaux minérales répertoriées sur le marché Algérien ont des teneurs en Sulfates très variées, ces teneurs sont comprises entre 244.17 mg/l pour la marque Thevest et 4.17 mg/l pour la marque Messerghine.

Les teneurs en nitrates varient entre 0.13 mg/l et 6.37 mg/l, la teneur la plus élevée a été obtenue avec la marque Ifri et la plus faible est observée avec la marque Toudja.

CONCLUSION

Le diagramme piper à montré que les eaux minérales analysées sont en majorité de faciès chimique global bicarbonaté calcique et magnésien. La minéralisation moyenne des eaux minérales étudiées est de 893.22 mg/l. Elle est comprise entre 189.23 mg/l et 3448.5 mg/l.

La classification des eaux analysées selon la minéralisation globale à permis de mettre en évidence l'absence d'eau très faiblement minéralisées parmi les marques étudiées.

Parmi les eaux analysées 05 marques sont moyennement minéralisées, une seule marque est minéralisé, une marque est fortement minéralisée, 03 marques sont oligo-minérales (Texanna ; Toudja ; Lalla Khedidja). Ces dernières peuvent être consommées quotidiennement.

La classification des eaux minérales analysées selon la composition physico-chimique a permis de les classer en eaux minérales calciques, sodique, magnésiennes, bicarbonatées, fluorurées, sulfatées, chlorurées, pauvres en sodium. Soit 08 catégories différentes.

Parmi les marques analysées, seule l'eau minérale Ben Haroun jouit de propriétés diverses et variées. Elle est calcique, sulfatée, magnésienne, bicarbonatée, chlorurée et sodique. C'est aussi la seule eau fortement minéralisée.

La diversité des eaux minérales commercialisées en Algérie, nous a permis leur adaptation à différentes catégories de personne en fonction de leur âge et/ou leur état physiopathologique.

Recommandation

L'eau minérale, bien que thérapeutique, ne peut être consommée quotidiennement mais peut être une cure thérapeutique, selon l'état physiologique des personnes.

- Boire toujours la même eau minérale entraîne un déséquilibre en minéraux dans l'organisme. C'est pourquoi il est recommandé de varier les eaux minérales, car chacune a des caractéristiques propres selon la marque.
- Lors de carences en minéraux il faut privilégier des eaux minéralisées qui peuvent constituer un bon complément alimentaire. Il faut aussi privilégier les eaux dans la dureté est comprise entre 20 et 25°HF.
- Les eaux fluorées ($F^- > 1 \text{ mg/l}$) ne conviennent pas aux nourrissons ni aux enfants de moins de 7 ans pour une consommation régulière et ceci doit être mentionné sur l'étiquette obligatoirement.
- Les étiquettes apportent des renseignements importants sur la composition physico-chimique et permettent de choisir l'eau la plus adaptée à l'état physiopathologique des consommateurs.

Néanmoins ces informations ne peuvent être interprétées correctement par tous les citoyens. Pour cela il serait judicieux de clarifier les étiquettes et d'y ajouter des recommandations claires. Ce manque de clarté sur les étiquettes peut induire les consommateurs en erreur.

L'état algérien doit penser à émettre de nouvelles normes d'étiquetage et à multiplier les contrôles physico-chimiques, d'autant plus qu'il existe une cinquantaine de marques d'eau embouteillée en Algérie.

Pour préserver la qualité de l'eau embouteillée et en tirer le maximum de bienfaits, on recommande :

- conserver l'eau embouteillée dans un endroit propre et frais. Une bouteille d'eau ouverte se conserve bien fermée au réfrigérateur et peut se conserver une semaine. Évitez de boire au goulot de la bouteille sinon le délai de conservation se réduit à 24h.
- Informer et sensibiliser les producteurs locaux, les importateurs et les vendeurs d'eau minérale sur les normes, la législation et la réglementation.

REFERANCES BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

A

- **ACHOUR S., CHABBI F et TIBERMACHINE A.A. (2017).** Le fer et le manganèse dans les eaux naturelles et procédés d'oxydation chimique. Cas des eaux algériennes, Larhyss Journal, 4(14), 139-154.
- **ADIL F., FADIL K.F et NECHAD I. (2014).** Qualité physicochimique des eaux des sources ain regrab et ain sidi bouali dans la région de sefrou (Moyen Atlas, Maroc). Larhyss Journal, Issn, 20, 127-146.
- **AFSSA.** Rapport du comité d'experts spécialisés « eaux » concernant les critères de qualité des eaux minérales naturelles et des eaux de source embouteillées février et 12 juin 2001 sur la saisine n° 2001-SA-0024.
- **ALPHA SIDIKI M. (2005).** Qualité organoleptique de l'eau de consommation produite et distribuée dans la ville de Bamako : Evaluation saisonnière ; Thèse pharmacie, 25.
- **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.
- **AL RAYES L., SALIBA C.O., GHANEM A et RANDON J. (2015).** Étude des interactions PET - Eau minérale dans les eaux embouteillées et approches analytiques des risques sanitaires. Chimie analytique. 5(3) : 221-227.
- **AMBROISE M., ANCELLIN R., CHEVALIER J., DUMAS C., THOMANN C., TOUVIER M et VANRULLEN I. (2015).** *Nutrition et Risques Alimentaires*. Textuel, paris.
- **ARCHIBALD F. (2000).** The presence of coliform bacteria in Canadian pulp and paper mill water system-a cause for concern?. Water quality Research journal of Canada, 35(1): 1-22.
- **Arrêté du 26 juillet 2000** relatif aux spécifications des eaux de boisson préemballées et aux modalités de leur présentation (JO N°51 du 20 août 2000, P14).
- **Arrêté interministériel du 22 janvier 2006** fixant les proportions d'éléments contenues dans les eaux minérales naturelles et les eaux de source ainsi que les conditions de leurs traitements ou les adjonctions autorisées (JO N°27 du 26 Avril 2006, P9).
- **Arrêté du 14 mars 2007** relatif aux critères de qualité des eaux conditionnées, aux traitements et mentions d'étiquetage particuliers des eaux minérales naturelles et de source conditionnées.

REFERANCES BIBLIOGRAPHIQUES

B

- **BAMBA F., DESSOUASSIC R., MAHEA G et ORANGED D. (2000).** Relations eaux de surface et eaux souterraines. Sciences de la Terre et des planètes. 10 : 689–692.
- **BANNOUD A. H., DARWICH Y. (2006).** Elimination des ions fluorures et manganèses contenus dans les eaux par nanofiltration. Desalination. 206 : 449-456.
- **BARBIER J. (2004).** Altitude et géochimie des eaux de source. Géosciences de surface (Hydrologie–Hydrogéologie). 763–768.
- **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.
- **BEAULIEU PH., FISSET B. (2009).** Eau du robinet : une exigence de qualité. Cahiers de nutrition et de diététique.44 : 294-301.
- **BELGHITY D., BENAABIDAT E., DERWICH E.L., SADKI O et ZIAN A. (2010).** Caractéristique physico-chimique des eaux de la nappe alluviale du haut en aval de sa confluence avec oued Fès. Larhyss Journal, 8 , 101-112.
- **BELHADJ M-Z. (2017).** Qualité des eaux de surface et leur impact sur l’environnement dans la Wilaya de Skikda. Doctorat en sciences. Université Mohamed Khider Biskra Faculté des Sciences et de la technologie. Biskra, Algérie.
- **BELLMUNT J., BOLLA M., BRIERS E., CORNFORD P., DE SANTIS M., GROSS T et MOTTET N. (2017).** Guidelines on Prostate Cancer. European Urology, 71(4) : 630–642.
- **BERRAHOU A., CLOOSTER M., MAKHOUKH M., SBAA M. (2011).** contribution a l’etude physico-chimique des eaux superficielles de l’oued moulouya .maroc Larhyss Journal, 9 : 149-169.
- **BLIEFERT P. (2011).** Chimie de l’environnement : air, eau, sols et déchets. Chimie. 2^{ème}Ed, Decitre, Bruxelles.
- **BRAHMI R. (2017).** Caractérisation physico-chimique des eaux minérales et des eaux de source embouteillées en Algérie. Doctorat en pharmacie. Université de Mouloud Mammeri ; Faculté de Médecine ; Tizi Ouzou ; Algérie.
- **BROUARD J., DUHAMEL J. (2010).** L’eau et l’hydratation : une nécessité pour la vie. Journal de pédiatrie et de puériculture, 23 : 9-12.

REFERANCES BIBLIOGRAPHIQUES

C

- **CEAQE** (Centre d'Expertise en Analyse Environnementale du Québec). (2016). Recherche et dénombrement des coliformes totaux, 20 p.
- **CELERIER J-L et FABY J.A.** (2002). La dégradation de la qualité de l'eau potable dans les réseaux. Fonds national pour le développement des adductions d'eau, 27 : 200-209.
- **CODE D'USAGES EN MATIÈRE D'HYGIÈNE POUR LE CAPTAGE, L'EXPLOITATION ET LA COMMERCIALISATION DES EAUX MINÉRALES NATURELLES (CAC/RCP).** (1985). 1-13p.
- **Codex Standard.** (1981). Norme codex pour les eaux minérales naturelles. 108.
- **CONRAD G., MARCE A et OLIVE PH.** (1975). Mise en évidence des nappes libres de la zone aride saharienne (Algérie). *Journal of Hydrology.* 27 : 207-224
- **CONSTANT F., HAWILI N.** (2011). Les eaux embouteillées. *Cahiers de nutrition et diététique,* 46 : 40-50.
- **CONSTANT F., JEQUIER E.** (2015). Pourquoi faut-il boire de l'eau ? pour maintenir la balance hydrique. *Cahiers de nutrition et diététique,* 44 : 190-197.
- **.COURBEBASSE M.** (2015). L'eau, nutriment essentiel. *Cahiers de nutrition et de diététique.* 50 : 5-12.

D

- **DANIELOPOL D.L.** (1997). Eaux souterraines. *La colonisation d'environnements.* 21: 55-66.
- **DEFFIS J.P.** (2008). L'eau Minérale Naturelle : Un produit naturel et protégé, une industrie responsable, un emballage recyclable. CSEM, paris.
- **DENIS L., DENISE S et MARTINE M.** (2011). *L'eau dans les Aliments. Sciences et Techniques Agroalimentaires,* 2^{ème}Ed ; Lavoisier, Londres.
- **DURBEUIL P.** (2003). *La science hydrologique du service des colonies à l'aide au développement : Essai historique.* Edition l'harmattan, paris.
- **DUPONT C.** (2015). Eaux minérales naturelles et transit intestinal. *Cahiers de nutrition et de diététique.* 50 : 38-43.

E

- **EZZAOUAQ M.** (1991). Caractérisation hydrodynamique, physico-chimique et bactériologique des eaux superficielles de l'estuaire du Maroc soumis aux rejets des villes de Rabat-Salé. 140p.

REFERANCES BIBLIOGRAPHIQUES

F

- **FADIL F., FADIL K et NECHAD I. (2014).** Qualité physico-chimique des eaux embouteillées. Lahryss Journal. 20 : 127-146.
- **FARDELLONE P. (2015).** Calcium, magnésium et eaux minérales naturelles. Cahiers de nutrition et de diététique. 50 : 22-29.
- **FAVREAW G., LEDUC C et MARLIN C. (2000).** Représentation de l'échantillonnage géochimique et hydrodynamique en nappe libre. Journal of African Earth Sciences. 314(31) : 669-678.
- **FEDRIGONIA L., KRIMISSA M., MALIKI A et ZOUARIC K. (2001).** Origine de la minéralisation et comportement hydrogéochimique d'une nappe phréatique. Géosciences de surface. 332 : 665–671
- **FERRY M. (2012).** *Les Oligoéléments et les Minéraux.* Nutrition de la personne âgée. 4^{ème} Ed. Lavoisier, paris.
- **FOULON V. (2015).** Eaux minérales naturelles : quelles spécificités ?. Cahiers de charge et de diététique. 50 : 30-37.
- **FRICKE M., GRÜNHUT L., VAN DER W. (2003).** Classification of mineral water types and comparison with drinking water standards. Environmental Geology. 17(2) : 554–563.

G

- **GLOVER-BONDEAU A-S. (2009).** *Fiche de Recommandations Alimentaires.* Eaux et santé. 1^{ère} Ed. Paris.
- **GUEMAZ F. (2006)** Analyses physico-chimiques et bactériologiques des eaux usées des trois sites de la ville de Biskra (Chaabat Rooba, Oued Biskra, et Oued Zmour).
- **GUGLIELMI Y., PRIEUR L. (1997).** Essai de localisation et de quantification des résurgences sous-marines d'un aquifère : la nappe alluviale. Journal of Hydrology. 190 : 111-122.
- **GUILLERIN A. (2018).** *L'eau Minérale Naturelle : propriétés et usages.* Diplôme d'Etat de Docteur en pharmacie. Université de Bordeaux Des Sciences Pharmaceutiques. Bordeaux ; France.

H

- **HAZZAB A. (2011).** Eaux minérales naturelles et eaux de sources en Algérie : Hydrologie, environnement ; Géoscience. 20-31.
- **HENRY M. (1991).** Les Eaux Naturelles et les Eaux de Consommation Saint Laurent.

REFERANCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **HOSPITALIER J., POIRIER R. (2008).** L'eau destinée à la consommation humaine. Archives des Maladies Professionnelles et de l'Environnement. 69 : 496-505.
- **HUBERT J. (2010).** Quelles eaux de boisson faut-il consommer?. Progrès en urologie. 20 : 806—809.
- **HURET H. (2018).** *Les Eaux de Consommation Humaine et la Santé Publique* : nutrition et santé. Ed Larousse, Paris.

J

- **JACEK N., MALWINA D., ZANETA P. (2011).** Chemical quality of bottled waters. Journal of food science. 76 (9) : 150-164.

K

- **KELLIL A., SEKIOU F. (2014).** Caractérisation et classification empirique, graphique et statistique multivariable d'eaux embouteillées de l'Algérie : Sciences hydraulique, Lahryss journal, 20 : 225-246.
- **KETTAB A. (2001).** Les ressources en eau en Algérie: stratégies, enjeux et vision. Désalination. 136 : 25-33.

L

- **LACHASSAGNE P. (2019).** Les Eaux Minérales Naturelles. Encyclopédie de l'environnement, Science et Expertise Ressources en Eau. Evian-les-Bains, France.
- **LEGUBE B., MERLET N et RODIER J. (2009).** L'analyse de l'eau. 9ème édition, DUNOD, Paris.
- **LIVET M (2004).** Vulnérabilité des ressources en eau et protection des captages pour une alimentation en eau potable. Traitements de potabilisation et assurance qualité des eaux de consommation humaine. 364 : 23-30.

M

- **MARTY N. (2006).** La consommation des eaux embouteillées entre alimentation. Distinction et hygiène. Revue d'histoire, 91(3) : 25-41.
- **METAOUI F (2018).** Le marché de l'eau minérale en Algérie. Alger.
- **MONTIEL A. (2004).** Contrôle et préservation de la qualité microbiologique des eaux : traitements de désinfection. Traitements de potabilisation et assurance qualité des eaux de consommation humaine. 364.

O

- **O.M.S (1972).** Normes internationales pour l'eau de boisson. 3^{ème} Ed, Genève, 74 p.

REFERANCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **O.M.S. (1980).** Nitrates, Nitrites et composés N- nitroso. Critères d'hygiène de l'environnement, Genève.
- **O.M.S. (1985)** : Directives de la qualité pour l'eau de boisson, Genève. Vol 1.
- **O.M.S (1994).** Directives de qualité pour les eaux de boisson. Organisation mondiale de la santé. 2^{ème} Ed.

R

- **RICHARD W. (2006).** The pure commodity in the age of branding. *Bottled Water*. 6(3): 303–325.
- **ROBERTON W. (1995).** Utilités et limites des indicateurs microbiologiques de la qualité de l'eau. *Air intérieur et eau potable*, 179-193.
- **RODIER J, 1996.** *L'Analyse de l'Eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer.* 6eme édition: DUNOD, Paris.
- **RODIER J, 2005.** *L'Analyse de l'Eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer.* 8^{ème} Ed, DUNOD, Paris.

S

- **SCHOELLER M. (1972).** Etude géochimique de la nappe des "Sables inferieurs". *Journal of Hydrology*. 15 : 317-328.
- **SCHRIVER-MAZZUOLI L. (2012).** *Gestion Durable de l'Eau : Ressources, Qualité et organisation.* DUNOD, paris.
- **SICARD J. (2018).** L'hydratation, au cœur de la stratégie nutritionnelle du sportif. *Actualités Pharmaceutiques*, 57(575) : 25–29.

T

- **TREILLARD C. (2006).** Les différents traitements de l'eau en stérilisation : stérilisation/hygiène. *Actualités pharmaceutiques hospitalières*. 6 : 47-49.

V

- **VALIRON F. (1990).** *Gestion des eaux : principes et structures.* Presses de l'école nationale des ponts et chaussées. 1^{ème}Ed ; Lavoisier, paris.
- **VERNEJOU M. C. (2015).** Eaux minérales naturelles et santé osseuse. *Cahiers de nutrition et de diététique*. 50 : 44-50.
- **VILAGINES R. (2005).** *Eau, Environnement et Santé Publique.* Introduction à l'hydrologie. 2^{ème}Ed, Lavoisier, paris.

W

REFERANCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **WASHINGTON D.C. (2005).** Dietary reference intakes *for water, potassium, sodium, chloride, and sulfate*; food and nutrition board. 624-700.

Z

- **ZERROUKI A. (2013).** Les eaux embouteillées en Algérie, les leçons d'une approche comparative. Le soir d'Algérie.

Annexe

Annexe 1: La bouteille

La bouteille garantit la sécurité alimentaire et la qualité de l'eau en délivrant à la table du consommateur l'eau telle qu'elle a été captée à la source

Depuis toujours, l'industrie des eaux minérales naturelles travaille à améliorer la qualité de la bouteille, qui est un élément essentiel de son produit. Cette évolution, marquée par des innovations majeures, a surtout consisté en une substitution de matières.

Au XIX^{ème} siècle, l'eau minérale naturelle était embouteillée dans des cruchons en terre cuite expédiés dans des voitures attelées. Par la suite, l'eau minérale naturelle n'a été conditionnée que dans des bouteilles en verre, à l'origine transportées dans des caisses en bois, protégées par de la paille.

C'est à la fin des années 1960 qu'apparaît la première bouteille plastique en Polyvinyle de chlorure (PVC) plus légère et moins fragile que la bouteille en verre qu'elle supplante très vite.

L'introduction en 1992 de la nouvelle bouteille de 1,5 L en Polyéthylène téréphtalate (PET) est une révolution. Grâce à la recherche dans le domaine des matériaux, l'industrie des eaux minérales naturelles décide de remplacer le PVC par le nouveau polymère de plastique : PET. Ses propriétés sont mieux adaptées au marché de la bouteille plastique. Inaltérable, il ne se casse pas, ce qui évite tout risque de coupures. Plus légère, plus solide, plus souple, la bouteille en PET est aussi transparente que le verre.

Aujourd'hui, l'effort de la recherche se poursuit sur le PET, afin de mieux exploiter toutes les potentialités de ce polymère parfaitement neutre et 100% recyclable

(AL RAYES, 2015)

Annexe 2 : Etiquetage

L'étiquetage des eaux minérales naturelles permet de communiquer au consommateur les informations indispensables relatives au produit, comme son origine, sa composition, certaines recommandations de consommation est à cet égard strictement réglementé et apporte avant tout une information détaillée sur les minéraux apportés par chaque type d'eau (JEAN, 2008).

2-1-Nom du produit

- La dénomination du produit doit être «*eau minérale naturelle*».
- Les appellations ci-après doivent être utilisées et peuvent être accompagnées de termes descriptifs appropriés (par ex.: plate ou pétillante):
 - eau minérale naturelle naturellement gazeuse;
 - eau minérale naturelle non gazeuse;

Annexe

- eau minérale naturelle dégazéifiée;
 - eau minérale naturelle renforcée au gaz carbonique de la source;
 - eau minérale naturelle gazéifiée; (Arrêté, 2007)
- 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 ou d'un vendeur établi à l'intérieur de la Communauté européenne;
- le lot de fabrication ; (CONSTANT et HAWILI, 2011).

2-2-Mentions d'étiquetage supplémentaire

- La composition chimique essentielle du produit doit être déclarée sur l'étiquette.
- Lorsque le produit contient plus de 1 mg/l de fluorure, l'expression ci-après doit figurer sur l'étiquette où elle fera partie de la dénomination ou bien sera placée à proximité de celle-ci ou encore apparaîtra en un autre endroit visible: «*contient du fluorure*». La phrase suivante figurera en outre sur l'étiquette si le produit contient plus de 1,5 mg/l de fluorure: «*Ce produit ne convient pas aux nourrissons, ni aux enfants de moins de sept ans*». (Arrêté, 2007)

Si une eau minérale naturelle a été soumise à un traitement le résultat du traitement doit être déclaré sur l'étiquette. (CONSTANT et HAWILI, 2011).

2-3-Mentions d'étiquetage interdites

- Aucune allégation concernant les effets médicaux (préventifs, thérapeutiques, curatifs) ne doit être faite au sujet des propriétés du produit visé par la présente norme. Aucune autre allégation relative à des effets bénéfiques sur la santé du consommateur ne doit être faite, à moins qu'elle ne soit vraie et dépourvue d'ambiguïté.
- Un nom de localité, de hameau ou de lieu-dit ne peut faire partie d'une marque à moins qu'il ne se rapporte à une eau minérale exploitée à l'endroit désigné par la marque.
- L'emploi de toute indication ou de tout signe susceptible de créer dans l'esprit du public une confusion sur la nature, l'origine, la composition et les propriétés des eaux minérales naturelles mises en vente, est interdit.
- La commercialisation sous plusieurs désignations commerciales d'une eau minérale naturelle ou d'une eau de source provenant d'une même source est interdite (ARRETE, 2007).

Annexe

Annexe 3 : Réglementation des eaux minérales en Algérie

Tous comme l'eau de robinet, les eaux embouteillées font l'objet d'une surveillance par les producteurs et les distributeurs, et d'un contrôle par les autorités sanitaires.

Cependant, du fait de leurs caractéristiques, ces eaux font l'objet d'une réglementation spécifique (Décret exécutif n°04-196 du 27 Joumada El Oula 1425 correspondant au 15 juillet 2004 relatif à l'exploitation et la protection des eaux minérales naturelles.

Ce décret donne une définition des expressions « eau minérale » (article 2) et fixe leurs règles d'exploitation (article 9). Un comité permanent est créé, présidé par le Ministre des ressources en eau et chargé de rendre des avis techniques sur la classification d'eau minérale (article 3) et l'octroi de concessions pour leur exploitation.

Annexe 4: Norme de potabilité de L'eau minérale naturelle

Caractéristique de qualité eaux minérales : Arrêté interministérielle d 22 Dhou El Hidja 1426 correspond a 22 janviers 2006 fixant les proportions d'éléments contenus dans les eaux minérales naturels ainsi que les conditions de leurs traitements ou les adjonctions autorisées.

Annexe

Caractéristiques	Symbole	Unités	Valeur maximale admissible selon les normes	
			Algériennes (Arrêté interministériel du 22 janvier 2006)	Européennes (Directive 98/83/CE du conseil du 3 novembre 1998)
Caractéristiques physico-chimiques				
pH	-	-	6,5-8,5	6,5-9,5
Conductivité à 20 °C	-	µs/cm	2800	2500
Chlorures	Cl	mg/l	200-500	250
Sulfates	SO ₄	mg/l	200-400	250
Magnésium	Mg	mg/l	150	50
Sodium	Na	mg/l	200	200
Potassium	K	mg/l	20	12
Aluminium total	Al	mg/l	0,2	0,2
Substances indésirables				
Nitrates	NO ₃	mg/l	50	50
Nitrites	NO ₂	mg/l	0,1	0,5
Ammonium	NH ₄	mg/l	0,5	0,5
Fer	Fe	mg/l	0,3	0,2
Manganèse	Mn	mg/l	0,5	0,05
Cuivre	Cu	mg/l	1,5	2
Zinc	Zn	mg/l	5	3
Argent	Ag	mg/l	0,05	0,01
Fluorures	F	mg/l	0,2-2	1,5
Azote	N	mg/l	1	1
Substances toxiques				
Arsenic	As	mg/l	0,05	0,01
Cadmium	Cd	mg/l	0,01	0,005
Cyanure	Cn	mg/l	0,05	0,05
Chrome	Cr	mg/l	0,05	0,05
Mercure	Hg	mg/l	0,001	0,001
Plomb	Pb	mg/l	0,055	0,01
Sélénium	Se	mg/l	0,01	0,01
Benzo (1,2,3-cd) pyrène	-	µg/l	0,01	0,01

Annexe 5: Mode opératoire et réactifs nécessaire pour l'analyse physico-chimique de l'eau minérale naturelle

Détermination du TA

Prélever 50 ml d'eau à analyser dans une fiole conique. Ajouter 1 à 2 gouttes de solution alcoolique de phénol phtaléine. Une coloration rose doit alors se développer. Dans le cas contraire le TA est nul, (pH < 8,3) Verser ensuite doucement l'acide dans la fiole à l'aide d'une burette, en agitant constamment, et ceci jusqu'à décoloration complète de la solution (pH 8,3).

Détermination du TAC

Utiliser l'échantillon traité précédemment ou le prélèvement primitif s'il n'y a pas eu de coloration. Ajouter 2 gouttes de solution de vert de bromocrésol et de rouge de méthyle et titrer de nouveau avec le même acide jusqu'à disparition de la coloration bleu verdâtre et apparition de la couleur rose (pH 4,5), on note le volume équivalent V

Annexe

-Réactifs nécessaires pour le dosage titrimétrique de dosage du TA et du TAC

-acide chlorhydrique ou sulfurique 0.02N

-solution de phénolphthaléines dans l'alcool à 0.5/°

-solution de vert de bromocrésol et de rouge de méthyle :

- Vert de bromocrésol 0.2g
- Rouge de méthyle 0.015g
- Ethanol à 90% q.s.p 100cm³
- Eau distillé exempt de d'anhydride carbonique libre (par ébullition de 15min)

-Détermination de la dureté totale par complexométrie

Introduire 50 ml d'eau à analyser dans une fiole conique de 250 ml, ajouter 4 ml de solution tampon et trois gouttes de solution de noir ériochrome T. La solution se colore en rouge foncé ou violet, le pH doit être de 10. En maintenant une agitation, verser la solution d'EDTA rapidement au début puis goutte à goutte lorsque la solution commence à virer au bleu. Vérifier que la coloration ne change plus par l'addition d'une goutte supplémentaire d'EDTA.

Réactifs nécessaires au dosage de dureté totale par titrimétrie à L'EDTA

-solution de noir ériochrome T à 0.5%

- Sel de sodium de l'acide ((hydroxy-1-naphetylazo-2)nitro-6-naphtol-2-sulfonique-4)) 0.5g
- Triéthanolamine q.s.p 100ml

-solution tompon ph10 :

- Chlorure d'ammoniac (NH₄CL) 67.5g
- Ammoniaque(*d*=0.925) 570ml
- Eau déionisée q.s.p. 1L

Conserver la solution en flacon de polyéthylène

Vérifier le ph qui doit être égal à10 sur une dilution au 1/10de la solution avec de l'eau déionisée

-solution d'EDTA 0.02N (0.01M) :

- Sel disodique de l'acide éthylène diamine tétracétique 3.725g
- Eau déionisée q.s.p 1L

Conserver la solution en flacon de polyéthylène

Dosage du calcium par complexométrie

Dans une fiole conique de 250ml, introduire successivement :

Annexe

50 ml d'eau à analyser, 2ml de la Solution d'hydroxyde de sodium et environ 0.2g d'indicateur. Ajouter la quantité de solution d'EDTA nécessaire pour avoir un virage en bleu. Soit V le nombre de millilitre versés. La figure ci-dessous illustre le changement de colorations observé lors du dosage.

Réactifs nécessaires au dosage du calcium par titrimétrie à L'EDTA

-solution d'EDTA 0.02N(0.01M).

Dissoudre 3.721g de sel disodique de l'acide - diamine tétracétique (cristallisé $2H_2O$) dans un litre d'eau distillée.

1ml d'EDTA 0.02N correspond à 0.4008mg de calcium, soit 1 mg de carbonate de calcium.

A conserver dans des fioles en polyéthylène.

-Solution d'hydroxyde de sodium 2N

Indicateur : acide calcon carboxylique :

- acide (hydroxy-2-(hydroxyle-2-sulfo-4-naphtyl-azo-1)-1 naphthaléine carboxylique))
0.2g
- chlorure de sodium ou sulfate de sodium 100g

Pulvériser l'indicateur et mélanger intimement avec le chlorure ou le sulfate de sodium.

- Détermination du PH

La détermination du pH par la méthode potentiométrique repose sur la mesure de la différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence (calomel-KCL saturé) plongeant dans une même solution. Cette différence de potentiel est une fonction linéaire du PH de la solution (RODIER *et al.* 2009) la figure 08 suivante montre un pH-mètre.



Figure 08: pH-mètre utilisé (Mettler Toledo) (original, 2019)

Annexe

-Détermination de la conductivité

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métallique de 1 cm² de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm. Elle est mesurée par un conductimètre. La conductivité d'un liquide dépend de la température. Cette dernière sera relevée très exactement au cour de la mesure. La détermination de la température se fait en introduisant le thermomètre ou la sonde thermique du conductimètre aussi près que possible de la cellule. La température du liquide ne doit en aucun cas varier pendant la mesure.

En dehors de 25°C, il faut effectuer une correction de la conductivité électrique mesurée en utilisant la formule suivante

$$C_{25^{\circ}\text{C}} = C_T \cdot f$$

f : facteur de correction de la température.

C_T : conductivité obtenue à la température lue sur le thermomètre.



Figure 09: conductimètre utilisés (Inolab cond 720 wtw series) (originale, 2019)

Dosage de sodium et du potassium par la spectrométrie de flamme

La loi de distribution de Maxwell-boltzman permet de calculer la population sur chaque niveau énergétique en fonction de potentiel d'excitation et de la température et elle indique que, même pour des températures élevées, l'énorme majorité des atomes se trouve à l'état fondamental, surtout si l'écart énergétique est élevé. L'expérience montre que l'utilisation de

Annexe

l'émission de flamme est possible principalement pour le dosage des métaux alcalins dont les potentiels d'excitation sont faibles, et sous certaines conditions avec quelques alcalinoterreux.

Si N_0 EST le nombre d'atome à l'état fondamental et N_j le nombre d'atome à l'état excité E_j ,

On sait que :

$$N_j = N_0 \frac{g_j}{g_0} e^{-\frac{E_j}{kT}}$$

g_j et g_0 sont les poids statistiques des niveaux E_j et E_0 ($g=2J+1$)

k : constante de Boltzmann = 1.38×10^{-23} J/K ;

E_j : énergie de l'état excité en J ;

T : température absolue en K

Le rapport N_j/N_0 dépend du potentiel d'excitation de l'atome considéré mais aussi de la température de la flamme. dans le meilleur des cas, le rapport est de l'ordre de 10^{-4} à 10^{-6} .

Préparation des solutions standards de sodium et de potassium pour leurs dosages par spectrométrie de flamme

Sodium

Pesez avec précision 0.634g de NaCl de qualité analytique.

Dissoudre dans de l'eau pure déionisée dans une fiole volumétrique de 500ml.

Pour préparer la solution standard qui sera utilisée par le photomètre à flamme, cette solution devra être diluée 1/50 et la garder en stock.

Calcul :

Poids atomique Na=23.0

Poids moléculaires NaCl=58.46

Par conséquent 0.634g de NaCl contient $0.634 \times 23/58.46 = 0.25$ g de Na

Ainsi, dans 500ml de solution, il ya 250mg de Na ou 50mg de Na /100ml soit 500mg/l.

En diluant 1/50, on obtient un standard de 1mg Na/100ml=10mg/l de Na=10ppm de Na.

Potassium

Pesez avec précision 0.477g de KCl de qualité analytique.

Dissoudre dans de l'eau pure déionisée dans une fiole volumétrique de 500 ml.

Pour préparer la solution standard qui sera utilisée par le photomètre à flamme, cette solution devra être diluée 1/50 et la garder en stock.

Calcul

Poids atomique K=39.1

Poids moléculaire KCl=74.56

Annexe

Par conséquent, 0.477g de KCL contient $0.477 \times 39.1 / 74.56 = 0.25K$

Ainsi, dans 500ml de solution, il ya 250mg K ou 50mg K/100ml soit 500mgK/L

En diluant 1/50 on obtient un standard de $1mg\ k/100ml = 10mg/l$ de K = 10ppm K.

Stockage

Pour le stockage des solutions, évitez la lumière, l'idéal est de les placer dans un endroit frais, ne dépassant pas une température de 25°C.

Les récipients en verre ne doivent pas être utilisés pour le stockage car ils peuvent affecter la concentration du sodium.

Les standards devraient être stockés dans des récipients scellés en plastique. Le stockage à long terme des solutions standards de faible concentration n'est pas recommandé en raison de la dégradation des espèces ioniques.

Etablissement de la gamme d'étalonnage

Préparer à partir de chacune des solutions étalons au minimum quatre dilutions couvrant la gamme des concentrations souhaitées

Il est important de comprendre que les principes de la photométrie de la flamme sont basés sur le fait qu'au-delà de certaines concentrations, la lumière émise par la flamme est directement proportionnelle à la concentration du produit aspiré

Mode opératoire :

Nébuliser l'échantillon dans une flamme air-propane en intercalant de l'eau distillée entre chaque solution effectuée. Les lectures au spectromètre de flamme à la longueur d'onde de 589nm pour le sodium et 766.5nm pour le potassium.

1. Régler le zéro de l'appareil en aspirant le blanc et régler la lecture à 000
2. aspirer la solution standard la plus élevée en fixant la lecture appropriée en utilisant les boutons de sensibilité fine « FINE » et grossière « COARSE ». vérifiez de nouveau le réglage du blanc et ajustez si nécessaire.
3. aspirer la solution standard restante pour construire la courbe d'étalonnage et notez les résultats
4. lorsque le blanc et les standards sont définis, des échantillons inconnus peuvent être aspirés et les résultats notés, soit directement à partir de la lecture de l'instrument, soit en dérivant leur concentration de la courbe d'étalonnage.

Les concentrations dont la concentration en sodium mentionnée sur l'étiquette était supérieure à 25 mg/l ont été diluées au 1/4 voir 1/50

Les échantillons dont la concentration en potassium mentionnée sur l'étiquette était supérieure à 5mg/l ont été dilués au 1/4

Annexe

5. l'étalonnage doit être vérifié en aspirant le blanc et la solution standards la plus concentrée. Ce control devrait être effectué après chaque 10 échantillons.

6. le bouton du point décimal (d.p) peut être utilisé pour illuminer le pont décimal à n'importe quelle position significative .Ce choix est fait pour donner une précision pour le test désiré.

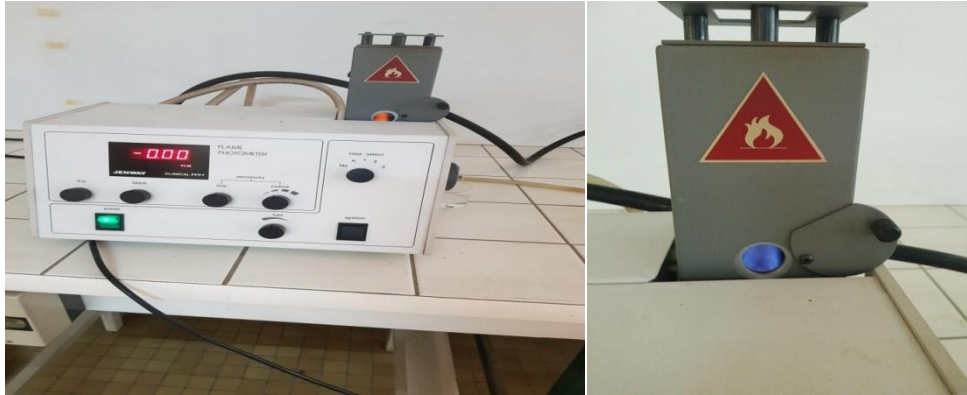


Figure13 : photomètre de flamme et la flamme bleue obtenue en aspirant le blanc (originale, 2019)

Détermination de la teneur des chlorures par la méthode de mohr

Introduire 100 mL d'eau à analyser (préalablement filtrée si nécessaire). Ajouter 2 à 3 gouttes d'acide nitrique pur puis une pincée de carbonate de chaux et 3 gouttes de solution de chromate de potassium à 10 %. Verser alors au moyen d'une burette la solution de nitrate d'argent jusqu'à apparition d'une teinte rougeâtre, qui doit persister 1 à 3 minutes.

On note le volume le volume équivalent V .

Réactifs nécessaires au dosage des chlorures par la méthode de charpentier –volhard

-acide nitrique pur.

-solution de nitrate d'argent 0.1N

-solution de thiocyanate de potassium ou d'ammonium 0.1N

-alun ferrique ammonical en solution saturée, décolorés par quelques gouttes d'acide nitrique.

Détermination de la teneur en phosphate

-solution A

- Molybdate d'ammonium tétra-hydraté 10g
- Eau distillée q.s.p 100ml

-solution B

- Acide sulfurique pure 150ml
- Eau distillée 150ml

Verser l'acide sulfurique dans l'eau, laisser refroidir et mélanger les 2 solutions A et B

Annexe

-solution d'acide ascorbique à 20g/l

- Acide ascorbique 1g
- Eau distillée q.s.p 50ml

-solution mère étalon à 50ml/l de phosphore :

- Dihygénophosphate de potassium 219.7mg
- Eau distillé q.s.p 100ml

Acidifier la solution par 1ml d'acide sulfurique à 15% avant d'ajuster le volume.

-solution fille étalon à 1mg/l de phosphore :

Diluer au 1/50 la solution précédente avec de l'eau distillée au moment de l'emploi.

Détermination de la teneur des nitrates

- Introduire 10 ml d'eau dans une capsule de 60 ml.
- Ajouter 1 ml de solution de salicylate de sodium puis poursuivre le dosage comme pour la courbe d'étalonnage.
- Préparer de la même façon un témoin avec 10 ml d'eau distillée.
- Effectuer les lectures au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 420 nm et tenir compte de la valeur lue pour le témoin. Se reporter à la courbe d'étalonnage.

Réactifs nécessaires pour la Détermination de la teneur des nitrates

-solution de salicylate de sodium à 0.5%

- Salicylate de sodium 0.5g
- Eau distillée 100ml

Acide sulfurique concentré (d=1.84)

Solution d'hydroxyde de sodium et de la tartrate double de sodium et de potassium

- Hydroxyde de potassium 400g
- Tartrate double de sodium et de potassium 60g
- Eau distillée q.p.s 1000ml
- Faire refroidir les sels dans l'eau .laisser refroidir et compléter à 1000ml

-solution mère étalon d'azote nitrique à 0.1g/l

- Nitrate de sodium anhydre 0.772g
- Eau distillé q.p.s 1000ml
- Chlophorme (pour conservé) 1ml

-solution fille étalon d'azote nitrique à 0.005g/l

Amener 50ml de la solution mère à 1000ml avec l'eau distillée.

Annexe

Détermination de la teneur en sulfates

Introduire 50 ml d'eau à analyser dans une fiole jaugée de 50 ml, ajouter 2,5ml de la solution stabilisante et ajouter 1 ml de chlorure de baryum. Agiter pendant 1minute, passer au spectrophotomètre à 420nm. Tenir compte de la valeur lue pour le témoin ; se reporter à la courbe d'étalonnage.

Réactifs nécessaires pour la détermination de la teneur en sulfates

-solution stabilisante :

- Acide chlorhydrique 10ml
- Ethanol 100ml
- Chlorure de sodium 75ml
- Glycérol 50ml
- Eau distillée q.s.p 500ml

-Solution de chlorure de baryum :

- Chlorure de baryum 150g
- Acide chlorhydrique 5ml
- Eau distillée 500ml

-solution mère de sulfate à 1g/l :

- Sulfate de sodium(Na_2SO_4) 1.48g
- Eau distillée 1000ml

Détermination de la teneur en fluorures

Introduire 5ml d'eau à analyser dans un tube en plastique à base conique de 15ml, ajouter 1 ml de solution d'alizarine complexone, puis poursuivre comme pour l'établissement de la courbe d'étalonnage. Agiter les tubes après chaque addition de réactif.

Réactifs nécessaires pour la détermination de la teneur en fluorures

-solution tampon

- Acide acétique 17ml
- Acétate de sodium anhydre 9.405ml
- Eau distillée q.s.p 500ml

-solution d'Alizarine complexons à 10^{-3}M :

- Alizarine complexons 0.1925ml
- 1-2 pastille de NaOH
- Solution tampon q.s.p 500ml

-solution de nitrate de lanthane $2 \times 10^{-3}\text{M}$

Annexe

- Nitrate de lanthane 0.433g
- Acétate de sodium anhydre 51.25g
- Acide acétique 111ml
- Acide chlorhydrique 25ml
- Eau distillée q.s.p 500ml

-solution mère étalon de fluore à 100mg/l

- Fluore de sodium 0.221ml
- Eau distillée q.s.p 50ml
- Solution d'hydroxyde de sodium 0.1N 1ml
- Eau distillée q.s.p 1000ml

-solution fille à 10mg/l

- Prélever 100ml de la solution mère et compléter à 1000ml de l'eau distillée.

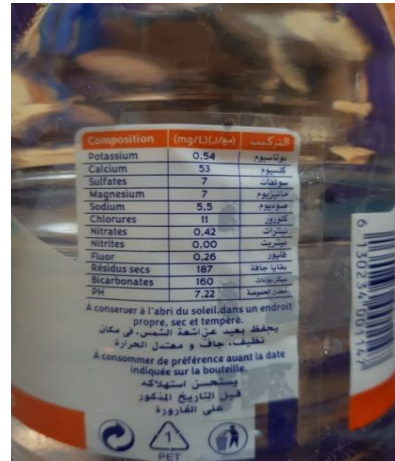
Mode opératoire de détermination de résidu sec

Tarer une capsule préalablement lavée, rincée à l'eau distillée et desséchée, prélever 50ml d'eau à analyser dans une éprouvette graduée et déverser la dans un bécher, porter cette dernière à l'étuve à 180°C pendant quatre heures. Laisser refroidir pendant ¼ d'heure au dessiccateur. Peser rapidement sur la balance analytique

Annexe 8: Etiquettes de différentes eaux analysées



Annexe



Annexe

