



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



Université Amar Thelidji- Laghouat

FACULTE : SCIENCES

DEPARTEMENT : SCIENCES AGRONOMIQUES

MEMOIRE DE MASTER

Présenté par : Telli Soraya

DOMAINE : SCIENCES DE LA NATURE ET DES LA VIE (SNV)

FILIERE : SCIENCES AGRONOMIQUES

OPTION : AGROALIMENTAIRE ET CONTRÔLE DE QUALITÉ

Thème

**COMPARAISON DE CERTAINES CARACTÉRISTIQUES
PHYSICO-CHIMIQUES DE QUELQUES EAUX
POTABLES (EAU ZAMZAM, EAUX MINÉRALES
EMBOUTEILLÉES ET EAUX DE DISTRIBUTION DE
LAGHOUCAT).**

Jury de soutenance :

Nom et Prénom	Grade	qualité
MAKOUDI M.	MAA	Président
ROUGHI T.	MAA	Examinateur1
LOUNICI-ATTIA S.	MAA	Rapporteur

Promotion : Septembre - 2017

Résumé

Ce mémoire étudie certaines caractéristiques de la qualité physico-chimique de quelques eaux potables : trois eaux minérales embouteillée à savoir Guedila (Biskra), Lala khedidja (Djurdjura) et Milok (Laghouat) ; deux eaux de distribution une de la ville de Laghouat (oasis nord : cité 741 logts.) et une de Aflou (centre ville) ; et l'eau Zamzam de l'Arabie Saoudite.

Nous avons utilisé des méthodes normalisées et utilisées par les laboratoires de l'Algérienne des eaux de Laghouat. Nos résultats ont été comparés aux normes de l'OMS, CEE et les normes algériennes.

L'étude a démontré que toutes les eaux semblent être dans les normes de potabilité sauf l'eau de distribution des oasis nord qui présente une dureté élevée et supérieure aux normes de potabilité. En outre c'est l'eau qui contient le plus de calcium, de sulfates et de chlorure.

L'eau de robinet de Aflou a des caractéristiques semblables à celles des eaux minérales embouteillée et l'eau Zamzam avec quelques différences.

Mots clés : Eau, Caractéristiques physico-chimiques, Eau de distribution, Eau minérales, Zamzam, potabilité.

Memory title: Comparison of certain physico-chemical characteristics of water zamzam and other algerian drinking waters

Abstract

This memory study some of the physical-chemical properties of some drinking water : three bottled mineral waters Guedila (Biskra), Lala Khedidja (Djurdjura) and Milok (Laghouat). Water distribution (North oasis: city 741 habit.) and one of Aflou (city center). And Zamzam water from Saudi Arabia.

We have used standardized methods used by the Algerian Water Laboratories of Laghouat. Our results were compared with WHO, CEE and Algerian standards.

The study showed that all water appears to be among the potable water standards, except for the distribution of the oasis north wich have a high rigidity and exceeding the standards of drinking water. In addition it is the water that contains the most calcium, sulfate and chloride.

The water from Aflou has similar characteristics of bottled mineral water and Zamzam water with some variations.

Key words: water, physical-chemical properties, water distribution, mineral water, Zamzam, potable water.

عنوان المذكرة : مقارنة بعض الخصائص الفيزيو-كيميائية لمياه زمزم و مياه شرب جزائرية

ملخص

تتطرق هذه المذكرة لدراسة بعض خصائص النوعية الفيزيو-كيميائية لبعض مياه الشرب : ثلاث مياه معدنية معبأة هي قديلة (بسكرة)، لالا خديجة (جرجرة) و ميلق (الأغواط). مياه الحنفية الواحات الشمالية (حي 741 سكن)، و أفلو (وسط المدينة). ومياه زمزم من المملكة العربية السعودية.

استخدمنا أساليب موحدة تستخدمها مختبرات الجزائرية للمياه الأغواط. تمت مقارنة نتائجنا مع منظمة الصحة العالمية، المنظمة الأوروبية والمعايير الجزائرية.

وأظهرت الدراسة أن جميع المياه تبدو ضمن معايير مياه الشرب باستثناء مياه توزيع الواحة الشمالية ذات الصلابة العالية وتتجاوز معايير مياه الشرب. وبالإضافة إلى ذلك هو الماء الذي يحتوي على أعلى النسب من الكالسيوم والكبريتات وكلوريد.

تتميز مياه الصنبور في أفلو بخصائص مماثلة للمياه المعدنية المعبأة في زجاجات ومياه زمزم مع بعض الاختلافات.

الكلمات الدالة : الماء، الخصائص الفيزيو-كيميائية ، المياه الموزعة ، المياه المعدنية، زمزم، مياه الشرب.

DEDICACES

Je dédie ce travail à :

Ma très chère mère qui m'a toujours apporté son amour, son affection et surtout son soutien moral.

Mon cher père, qui m'a toujours encouragé et conseillé.

Mes très chères sœurs :

Fatima, Zohra, Faïza, Khadija, Hadda et Affaf

Mes très chers frères :

Abdelkader et Mohamed

Toute ma famille et belle famille

A mes amies et mes collègues.

Remerciements

Tout d'abord, je tiens à remercier ALLAH le Tout Puissant pour toutes les merveilles qu'il fait dans ma vie et pour m'avoir donné le courage, la force et la patience pour achever ce modeste travail.

Ma profonde reconnaissance et gratitude et tous mes remerciements à mon encadreur : Madame LOUNICIA ATTIA Safia (MMA.Univ.Laghouat), pour son suivi, ses conseils et ses orientations durant toute la période du travail.

Mes remerciements vont aussi à Mr. HNEICHE Ahmed (Ingénieur de laboratoire à l'ADE. Laghouat) pour sa disponibilité, la qualité de ses conseils et avis sur les travaux que j'ai pu mener Je le remercie vivement.

J'adresse mes remerciements aux membres de jury :

Mr. MAKOUDI M. (MAA) d'avoir accepter la présidence du jury

Mr. ROUGHIT T (MAA) d'avoir accepter d'examiner et juger ce travail

Je remercie aussi Mr MICHROUI M. et toute l'équipe du laboratoire d'ADE pour m'avoir accueillie au laboratoire et qui a bien voulu me diriger et me suivre continuellement pendant la période de mon stage.

Enfin, je remercie tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin dans l'élaboration de ce travail.

Sommaire

Résumé	
Dédicaces	I
Remerciements	II
Sommaire	III
Liste des tableaux	IV
Liste des figures	V
Liste des abréviations	VI
Introduction	1
PREMIERE PARTIE : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE	
I. Généralités sur l'eau.....	2
I.1. Importance de l'eau.....	2
I.2. Définitions.....	2
I.3. Etats de l'eau dans la nature.....	2
I.3.1. L'eau liquide	3
I.3.2. L'eau solide.....	3
I.3.3. La vapeur d'eau	3
I.4. Cycle de l'eau dans la nature.....	3
I.5. Les ressources hydriques naturelles.....	4
I.5.1 Eaux de surface	4
I.5.2 Eaux souterraines	4
I.6. Les Ressources hydriques en Algérie.....	5
I.7. Différents types de nappes d'eau.....	7
I.7.1. Nappe libre	7
I.7.2. Nappe captive.....	7

I.8. Besoins et consommation de l'eau.....	8
I.9. Consommation de l'eau en Algérie.....	8
I.10. Pollution des eaux.....	9
II. L'eau potable.....	10
II.1. Définition.....	10
II.2. Types d'eau potable.....	10
II.2.1. Les eaux du robinet.....	10
II.2.2. Les eaux de source.....	11
II.2.3. Les eaux minérales.....	11
II.3. Critères de potabilité.....	12
II.3.1. Caractères organoleptiques.....	13
II.3.2. Caractères microbiologiques.....	14
II.3.3. Paramètres physico-chimiques.....	14
II.3.4. Composition chimique.....	16
II.3.5. Les éléments indésirables.....	17
II.4. Réglementation de la qualité des eaux potables.....	18
II.4.1. Les Normes de qualité des eaux potables.....	19

DEUXIEME PARTIE : ETUDE EXPERIMENTALE

I. Matériel et Méthodes

I.1. L'objectif du travail.....	24
I.2. Echantillonnage et site de prélèvement.....	24
I.3. Lieu d'expérimentation.....	24
I.4. Analyses physico-chimiques.....	24
I.4.1. Le potentiel d'hydrogène (pH).....	25

I.4.2. La conductivité.....	25
I.4.3. Mesure de la salinité et du taux de sels dissous (TDS)	25
I.4.4. La minéralisation.	26
I.4.5. Dosage de la dureté totale ou titre hydrométrique (TH)	26
I.4.6. Le résidu sec.....	27
I.4.7. Dosage du calcium (Ca ⁺).....	27
I.4.8. Détermination du taux de magnésium (Mg ²⁺).....	28
I.4.9. Dosage des chlorures (Cl ⁻).....	28
I.4.10. Détermination de l'alcalinité (HCO ₃ ⁻)	28
I.4.11. Dosage du phosphate (PO ₄ ³⁺).....	29
I.4.12. Dosage des nitrates (NO ₃ ⁻) par spectrophotométrie UV visible.....	29
I.4.13. Dosage des sulfates (SO ₄ ²⁻).....	30
II. Résultats et discussion	31
II.1. Le potentiel d'Hydrogène (pH).	31
II.2. La conductivité.	32
II.3. Le taux de sels dissous (TDS)	33
II.4. La minéralisation.....	34
II.5. Dureté totale ou titre hydrométrique (TH)	34
II.6. Résidu sec	36
II.7. Calcium.....	37
II.8. Magnésium.....	38
II.9. Chlorures.....	39
II.10. Bicarbonates (HCO ₃ ⁻).....	40
II.11. Phosphates (PO ₄ ³⁺).....	41

II.12. Nitrates (NO_3^-).....	41
II.13. Sulfates (SO_4^{2-}).....	42
Conclusion	44
Références bibliographiques	
Annexes	

Liste des tableaux

	Page
Tableau01 : Les différences entre les eaux superficielles et les eaux souterraines.	5
Tableau02 : Précipitations en Algérie.	6
Tableau03 : Classification de l'eau selon de conductivité électrique.	15
Tableau04 : Classification de l'eau selon la dureté	15
Tableau05 : Les normes de qualité physico- chimique de l'eau potable.	19
Tableau06 : Les normes algériennes de qualité physico- chimique de l'eau potable.	21
Tableau07 : Les normes Algériennes de qualité physico- chimique de l'eau potable.	22
Tableau08 ; Détermination de la minéralisation à partir de la conductivité mesurée à 20°	26
Tableau09 : pH des eaux en unité pH.	31
Tableau10 : Valeurs moyennes de la conductivité des eaux analysées (en $\mu\text{s/cm}$).	32
Tableau 11 : Taux des sels dissouts des eaux analysées (en mg/l).	33
Tableau 12 : Minéralisation des eaux analysées (en mg/l).	34
Tableau 13 : Dureté totale ou titre hydrométrique des eaux analysées (en mg/l).	35
Tableau 14 : Teneur en matières dissoutes et en suspension des eaux (en mg/l).	36
Tableau15 : Teneur en calcium des eaux analysées (en mg/l).	37
Tableau 16 : Teneur en magnésium des eaux analysées (en mg/l).	38
Tableau 17 : Teneur en chlorures des eaux (en mg/l).	39
Tableau 18 : Teneur en bicarbonates des eaux (en mg/l).	40
Tableau 19 : Teneur en phosphates des eaux (en mg/l).	41
Tableau 20 : Teneur en nitrates des eaux (en mg/l).	42
Tableau 21 : Teneur en sulfates des eaux (en mg/l).	43

Liste des figures

	Page
Figure 1 : Cycle de l'eau dans la nature.	3
Figure 2 : Schéma d'une nappe libre .	7
Figure 3 : Schéma d'une nappe captive.	8
Figure 4 : Spectrophotomètre UV visible utilisé pour la détermination du taux des nitrates.	30
Figure 5 : pH des eaux analysées.	31
Figure 6 : Conductivité des eaux analysées.	32
Figure 7 : Taux de TDS des eaux analysées.	33
Figure 8 : Taux de Minéralisation des eaux analysées.	34
Figure 9 : Dureté totale des eaux analysées.	35
Figure 10 : Taux de Résidu sec des eaux analysées.	36
Figure 11 : Taux de Calcium des eaux analysées.	37
Figure 12 : Taux de magnésium des eaux analysées.	38
Figure 13 : Taux de chlorures des eaux analysées.	39
Figure 14 : Taux de Bicarbonates des eaux analysées.	40
Figure 15 : Taux de Phosphate des eaux analysées.	41
Figure 16 : Taux de Nitrate des eaux analysées.	42
Figure 17 : Taux de Sulfates des eaux analysées.	43

Liste des abréviations

ADE	: Algériennes des eaux.
CEE	: Communauté économique européenne
DJA	: la dose journalière admissible
MES	: matière en suspension
OMS	: Organisation mondiale de la santé
pH	: Potentiel d'hydrogène
TDS	: Solide totaux dissous.
UV	: Ultraviolet
NTU	: Unité de turbidité néphélométrique.

Introduction

Introduction

L'eau est la substance minérale la plus répandue sur la Terre. Elle couvre les trois quarts de sa surface, elle est aussi emmagasinée dans les cavités de son sous-sol et suspendue dans l'atmosphère qui l'entoure.

L'eau se présente sous trois formes (solide, liquide et vapeur) et selon divers qualités dont l'eau salée est la plus dominante. Elle est à la base de l'activité métabolique et constitue l'essence de la vie de toute la biosphère. L'eau est indispensable au développement, à l'hygiène, à la santé et aux loisirs.

Son perpétuel mouvement actionné par l'énergie solaire, par la gravité et par l'homme, constitue le cycle global de l'eau à l'échelle de la planète terre. Ces facultés thermiques accordent à l'eau un rôle important dans la régulation de la température des milieux naturels et des êtres vivants. De ce fait, elle participe à la variation du climat et de l'apparition des extrêmes climatiques. Son pouvoir de solvant permet une alimentation humaine, animale, et végétale contenant des éléments minéraux indispensables. Elle véhicule éventuellement en même temps des éléments nuisibles tels les minéraux toxiques, les bactéries et les virus (Gartet et *al*, 2001).

Une eau destinée à la consommation humaine est une eau dite « potable ». La potabilité désigne un certain nombre de caractéristiques qui rendent cette eau de qualité satisfaisante et sans danger pour le consommateur.

L'eau potable doit être analysée ; l'évaluation de sa potabilité repose principalement sur ses qualités et paramètres physico-chimiques mais aussi bactériologiques et organoleptiques. Des plans de surveillance sont menés pour déceler toute pollution ou contamination et par conséquent arrêter la distribution de l'eau si la qualité de cette dernière ne répond pas aux critères de potabilité des eaux (Pulim, 1991).

Aussi, quand on parle d'eau potable, différentes eaux existent et elles diffèrent surtout par leurs caractéristiques physico-chimiques.

Le présent travail est présenté en deux parties : La première partie bibliographique portant sur des généralités sur l'eau. La seconde est expérimentale et vise à évaluer puis à comparer certaines caractéristiques de la qualité physico-chimique de quelques eaux potables algériennes dont des eaux de distribution de la ville de Laghouat et Aflou, trois eaux minérales embouteillées et l'eau Zamzam ramenée de l'Arabie Saoudite.

Partie
Bibliographique

1. GENERALITES SUR L'EAU

La Terre est souvent appelée (la planète bleue) parce que l'eau recouvre la majorité de sa surface (environ 71% de la surface). Le volume d'eau sur terre est estimé à environ 1,4 milliard de Km^3 (Boeglin, 2008).

1.1. Importance de l'eau

L'eau est indispensable à tous les êtres vivants, il est possible de jeuner un mois sans danger considérable, mais on ne peut être privé d'eau pendant plus de 48 heures sans risque.

L'eau nous permet d'éliminer nos déchets par les urines, de lutter contre la chaleur par sudation et la ventilation pulmonaire, de transporter des vitamines hydrosolubles qui seront grâce à l'eau mieux absorbée par les muqueuses intestinales. En revanche une perte d'eau de 12% peut provoquer la mort (Michelle et Dominique, 1994).

1.2. Définitions

L'eau est un corps incolore, inodore et insipide (Duval, 1971).

Une molécule d'eau est constituée d'un atome d'oxygène (O) et deux atomes d'hydrogène (H) : sa formule chimique est donc H_2O . C'est un composé qui se trouve particulièrement à l'état liquide.

Une eau pure est une eau de haute qualité garantissant une bonne santé. Par contre, l'eau dans la nature contient une très grande variété de matières dissoutes telles des éléments minéraux (calcium, magnésium, sodium,...etc), des éléments organiques (déchets, microorganismes,...) voire même des gaz. On ne la rencontre jamais à l'état pur (Hervey et Hems, 1986). Cette composition chimique est en étroite relation avec la nature du sol mais aussi l'ambiance atmosphérique (Bouhekima et *al*, 2000).

1.3. Etats de l'eau dans la nature

L'eau peut se présentée sous trois états :

1.3.1. L'eau liquide

C'est la forme la plus courante. Plus de 97 % du volume total de l'eau sur le globe est à l'état liquide avec 1350 millions de Km^3 représentée par les eaux douces continentales et l'eau des océans.

1.3.2. L'eau solide

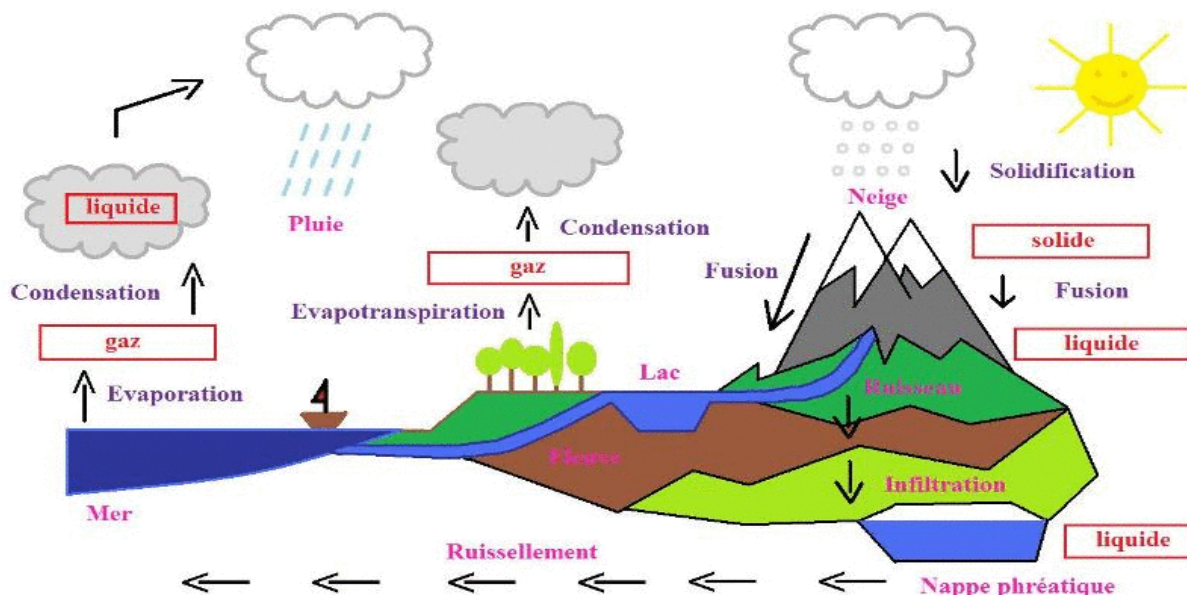
Présente sous forme de glace issue de précipitation. On la trouve dans les calottes glacières d'altitude elle est évaluée à 32,5 millions Km^3 soit 2,5% de l'eau de la planète.

1.3.3. La vapeur d'eau

La vapeur d'eau atmosphérique est l'état de l'eau issu de l'évaporation, elle est présente en permanence. Elle est évaluée à 12700 Km^3 , ce qui représente 0,001% de l'eau total (Bouchanga et Lahreche, 2006).

1.4. Cycle de l'eau dans la nature

L'eau est partout présente autour de nous et constitue un des éléments fondamentaux de notre planète. Toute cette eau se transforme et circule en permanence dans l'atmosphère, la surface et dans le sous-sol de notre terre : c'est le cycle de l'eau (Figure 01).



Source : https://www.ilephysique.net/chimie_5-eau-dansenvironnement-alimentation.php

Figure 01 : Cycle de l'eau dans la nature.

L'hydrosphère (l'eau des océans et des surfaces terrestres) chauffée par l'énergie solaire s'évapore aussi les plantes transpirent et conduisent à la présence d'eau dans l'atmosphère sous forme gazeuse. Cette eau, à la suite d'un refroidissement de l'air, se condense en gouttes ou cristaux de glace formant les « nuages », et se trouve précipitée sous forme de pluie, neige ou grêle dont la plus grande partie tombent directement dans les océans, le reste atteint la lithosphère à la surface de laquelle approximativement $\frac{1}{4}$ pénètre dans le sous-sol et constitue les eaux d'infiltration, $\frac{1}{4}$ ruisselle, et la quantité restante s'évapore à son tour. Une partie des précipitations peut être interceptée par la végétation et rejoindre l'atmosphère par évaporation ou sublimation (Vilagines, 2003 ; Gilli et al, 2004).

Cependant, la majeure partie de l'eau est contenue dans les océans (93.23%) et elle est salée, ce qui la rend relativement non utilisable par l'homme. L'eau douce ne représente que 2.6% dont la moitié est non disponible pour l'usage humain (Sadi, 2000 ; Retiel et al, 2008).

1.5. Les ressources hydriques naturelles

Les réserves disponibles d'eaux naturelles sont constitués des eaux souterraines (infiltration, nappe) des eaux de surface retenus ou en écoulement (barrages, lacs, rapiers) et des eaux de mer (dégréement, 1989).

1.5.1. Eaux de surface

Ce type des eaux englobe toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents (rivières, lacs, étangs, barrages,...). Elles ont pour origine, soit des nappes souterraines dont l'émergence constitue une source, soit les eaux de ruissellement (Degremont, 2005).

1.5.2. Eaux souterraines

Du point de vue hydrogéologique les couches aquifères se divisent en :

a). Nappes phréatiques ou alluviales : peu profondes et alimentées directement par les précipitations pluvieuses ou les écoulements d'eau en dessus.

b). Nappes captives : plus profondes que les premiers et séparées de la surface par une couche imperméables, l'alimentation de ces nappes est assurée par l'infiltration sur leurs bordures (Cardot, 1999). Elles restent jusqu'à présent les meilleures ressources en eau potable (Margat, 1992). La différence entre ces eaux et les eaux de surface sont mentionnées sur le tableau 01.

Tableau 01 : Les différences entre les eaux superficielles et les eaux souterraines.

Caractéristique	Eaux de surface	Eaux de souterraines
Température	Variable suivant saisons.	Relativement constant.
Turbidité, MES	Variable, parfois élevée.	Faible ou nulle.
Couleur	Liée surtout aux MES (argile, algues) sauf dans les eaux très douces et acides (acides humique).	Liée surtout en matière solution (acides humique par exemple.
Minéralisation Globale	Variable en fonction des terrains de précipitation des rejets...	Sensiblement constante générale nettement plus élevée que dans les eaux de surfaces la même région
Fe et Mn divalents (à l'état dissous)	Généralement absents	Généralement présents
CO ₂ agressif	Généralement absents	Souvent présent en grande quantité
O ₂	Le plus souvent au voisinage de la saturation, absent dans le cas d'eaux très polluées	Absent la plupart du temps
Nitrates	Peu abondants en général	Teneur parfois élevé
Micropolluants Minéraux et Organique	Présents dans les eaux de pays développés mais susceptibles de disparaître rapidement après suppression de la source	Généralement absent, mais une pollution accidentelle subsiste beaucoup plus longtemps
Eléments vivants	Bactéries (dont certaines pathogènes), virus, plancton (animal, et végétal)	Férobactéries fréquentes

Source : (Degrement, 1989).

1.6. Les Ressources hydriques en Algérie

L'Algérie est un pays qui possède des ressources hydriques limitées pour des raisons climatiques capricieuses, caractérisé par une pluviométrie irrégulière oscillant entre 100 et 600 mm/an voir 1000 mm/an et enregistrant un déficit hydrique estimé à 20% durant les cinq dernières années. Ces faits sont aggravés par une période exceptionnelle de sécheresse qui dure depuis une vingtaine d'années (Kehal, 2007 ; Khirani, 2007).

La pluviométrie est le paramètre le plus important dans l'évaluation des ressources en eau. En Algérie, elle varie de plus de 2000mm/an sur les hauts reliefs en bordures de la mer méditerranéenne à moins de 100mm/an au nord du Sahara. Les précipitations sont décroissantes du nord au sud et de l'ouest vers l'est (Tableau 02) (Kehal, 2007).

Tableau 02 : Précipitations en Algérie.

Région	Précipitations en (mm)		
	Ouest	Centre	Est
Littoral	400	700	900
Atlas Tellien (plaines)	500	450	700
Atlas Tellien (reliefs)	600	700-1000 800-1600	
Haut plateaux Telliens	-	-	400
Haut plateaux steppiques	50	250	-
Atlas Saharien	200	200	400-700
Sahara septentrional	-	50	50-150

Source (Kehal, 2007).

Les potentialités en eau du pays sont estimées à un peu moins de 20 milliards de mètres cubes, dont 75% seulement sont renouvelables (60% pour les eaux de surface et 15% pour les eaux souterraines). Les ressources non renouvelables concernent les nappes du Sahara septentrional qui seraient exploitées comme un gisement et qui se traduit donc par un abatement continu du niveau de ces nappes. Les ressources en eau dépendent du climat qui, dans le cas de l'Algérie, est aride à semi-aride. Elles sont donc peu abondantes et correspondent globalement à 12.4 milliards de mètres cubes pour les eaux de surface et 2.8 milliards de mètres cubes d'eaux souterraines dont 800 millions de mètres cubes dans le Sud (ressources en eau renouvelables), ces dernières sont difficilement exploitables et renouvelables (Keetab, 2001). Schématiquement, les ressources en eau superficielles décroissent du Nord au Sud, au fur et à mesure que croissent les ressources en eau souterraines (Masmoudi, 2009).

Le total des ressources mobilisées en Algérie est estimé à 5.4 Milliards de m³/an :

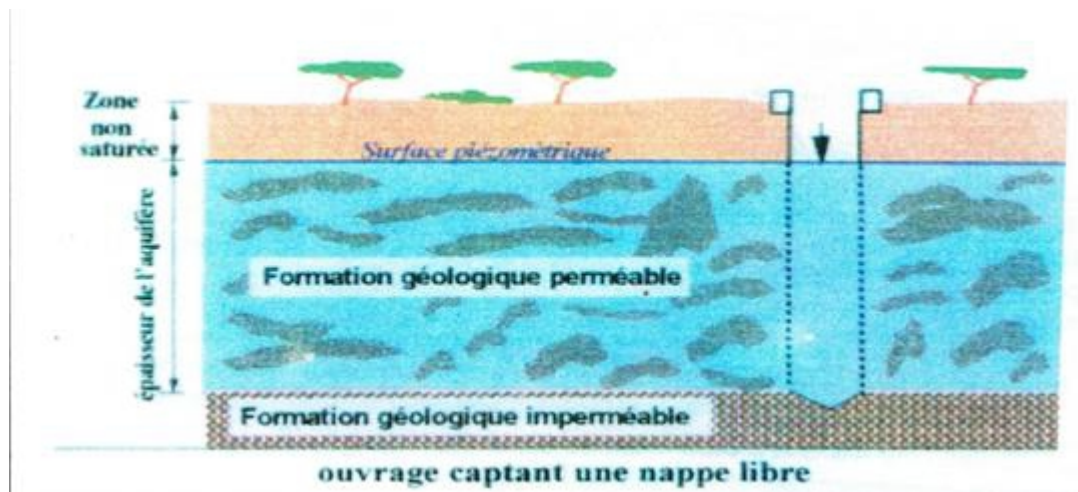
- Les ressources superficielles mobilisables par barrages en exploitation, sont évaluées à 2.2 milliards de m³/an, sur une capacité de stockage de l'ordre de 5 Milliards de m³.
- Les eaux souterraines, les volumes exploités actuellement sont estimées à 3.2 Milliards de m³/an avec 1.8 Milliards de m³/an dans le Nord et 1.4 Milliards de m³/an dans les régions sahariennes (Chareb-Yssaad, 20--).

1.7. Déférents types de nappes d'eau

1.7.1 Nappe libre

C'est une nappe qui peut se développer librement vers le haut puisque le terrain perméable, siège d'une nappe aquifère, n'est pas couvert par une couche imperméable (Bonnin, 1982).

Ce sont des nappes à surface libre limitées au dessus par la surface piézométrique, autrement dit, quand on creuse un puits (figure 02), on traverse des terrains perméables avant de rencontrer l'eau (le niveau piézométrique), quand L'eau est proche du sol, ces nappes sont dites phréatiques (Ghedda, 2005).

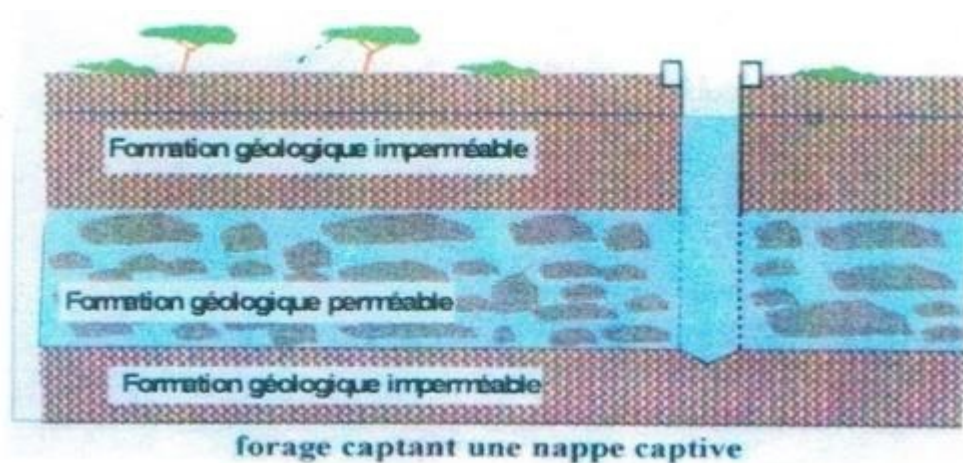


Source : (Ghedda, 2005)

Figure 02 : Schéma d'une nappe libre.

1.7.2 Nappe captive

Lorsque la couche perméable est emprisonnée entre deux couches imperméables (figure 03), la nappe ne peut se développer vers le haut et est alors appelée nappe captive (Bonnin, 1982).



Source : (Ghedda, 2005)

Figure 03 : Schéma d'une nappe captive.

1.8. Besoins et consommation de l'eau

Sur le plan mondial, la question de l'approvisionnement en eau devient chaque jour plus préoccupante et cela pour plusieurs raisons : la première d'entre elles est l'augmentation démographique que connaît notre planète depuis 2 siècles. Cet essor est, en outre, accompagné d'un formidable développement industriel qui a engendré de nouveaux usages de l'eau.

L'apparition de ces nouveaux besoins, l'augmentation des niveaux de vie et l'accès facile à l'eau potable ont contribué à une demande croissante en eau par habitant.

Un approvisionnement suffisant en eau de boisson saine est universellement reconnu comme un besoin fondamental de l'être humain (OMS, 2004).

1.9. Consommation de l'eau en Algérie

De part sa rareté, l'eau en Algérie, comme dans la plupart des pays du Sud de la Méditerranée, est un facteur limitant du développement et source de tensions sociales. La rareté est appréhendée en termes de stress hydrique et d'irrégularité de la ressource, deux facteurs susceptibles de s'accroître avec le changement climatique.

Avec moins de 600 m³ par habitant et par an, l'Algérie (36 millions d'habitants en 2010) se situe dans la catégorie des pays pauvres en ressources hydriques, au regard du seuil de rareté fixé par la Banque Mondiale à 1000 m³ par habitant et par an.

Les eaux destinées à la consommation humaine doivent subir des traitements en fonction de l'eau brute, pour fournir une eau respectant la norme algérienne de potabilité des eaux

(NA6360-1992) (annexe 1) inspirée des recommandations de l'OMS et tenant compte des paramètres organoleptiques, paramètres bactériologiques (selon la destination des eaux), facteurs physico-chimiques et les facteurs indésirables ou toxiques (Ali larbi et Belarroussi, 2007).

1.10. Pollution des eaux

La pollution ou la contamination de l'eau peut être définie comme la dégradation de celle-ci en modifiant ses propriétés physique, chimique et biologique; par des déversements, rejets, dépôts directs ou indirects de corps étrangers ou de matières indésirables telles que les microorganismes, les produits toxiques, les déchets industriels qui sont dangereuse pour l'alimentation en eau potable par exemple (Encarta, 2009).

Ces substances polluantes peuvent avoir différentes origines:

- Urbaine (activités domestiques; eaux d'égout, eaux de cuisine...)
- Agricole (engrais, pesticides)
- Industrielle (chimie-pharmacie, pétrochimie, raffinage...)

La pollution est directement liée aux activités industrielles et agricoles (Mizi, 2006).

2. L'EAU POTABLE

2.1. Définition

Les fonctions vitales, alimentaires et sanitaire de l'eau sont primordiales, sur les 3600milliards de mètres cube utilisés chaque année dans le monde, l'eau potable représente moins de 10%.L'eau de boisson ou l'eau potable peut être définie, en se référant seulement l'OMS, comme étant« une eau ne renferme ni quantité dangereuses ni substance chimique, ni germes nocifs pour la santé » (Bountoux, 1983).

Une eau potable doit présenter un certain nombre de caractères physiques, chimiques, biologiques et en outre doit répondre à des critères organoleptiques essentiels appréciés par le consommateur (elle doit être incolore, insipide, inodore et fraîche). L'organisation mondiale de la santé (OMS) a édité des normes internationales pour l'eau de boisson. La qualité de l'eau destinée à la consommation humaine doit impérativement être conforme aux normes de potabilité. Si de telles norme sont appliquées dans les pays industrialisés, il n'en va pas le même dans la plupart des pays en développement (Bernard, 1989 ; Moll, 1990 ; Vilagines, 2000).

2.2. Types d'eau potable

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

C'est le décret exécutif 04-196 en date du 15 juillet 2004 (Joradp n°45 du 18 juillet 2004) qui définit et règlemente les eaux minérales naturelles et les eaux de source. Auparavant, c'était l'arrêté du 26 juillet 2000 (Joradp n° 51) qui règlementait l'exploitation de l'eau minérale.

2.2.1. 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. 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 :

a). *Les eaux dures*

Une eau dure est une eau qui contient beaucoup de sels dissous, comme les sels de calcium (le carbonate de calcium ou calcaire par exemple) et de magnésium. (Gassambe, 2012)

b). *Les eaux douces*

Une eau douce est une eau qui ne contient pas assez de sels dissous. Une eau trop douce est une eau corrosive. (Gassambe, 2012)

2.2.2. Les eaux de source

L'eau de source est directement potable à l'état naturel car elles sont issues de nappes d'eaux souterraines non polluées, profondes ou protégées des rejets dus aux activités humaines. (JORA, 2004).

Elles sont classées en :

a). *Eau de source*

L'eau de source est une eau de source introduite au lieu de son émergence, telle qu'elle sort du sol, sous réserve des traitements éventuels autorisés conformément aux dispositions de l'article 4, dans des récipients de livraison au consommateur ou dans des canalisations l'amenant directement dans ces récipients. (JORA, 2004).bi).

b). *Eau de source gazéifiée*

L'eau de source gazéifiée désigne une eau de source qui, sous réserve des traitements éventuels autorisés, est rendue effervescente par addition de gaz carbonique (JORA, 2004).

2.2.3. Les eaux minérales

Les eaux minérales sont des eaux microbiologiquement saines, souterraines donc provenant d'une nappe ou d'un gisement souterrain et ayant des propriétés particulières : leur pureté originelle, leur source unique tenue à l'abri de tout risque de pollution et leur teneur constante et spécifique en sels minéraux, oligo-éléments ou autres constituants (Gassambe, 2012).

Elles sont classées en :

a). *Eau minérale naturelle non gazeuse*

L'eau minérale naturelle non gazeuse est une eau minérale naturelle qui, à l'état naturel et après traitement éventuel autorisé, 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.

b). *Eau minérale naturelle naturellement gazeuse*

L'eau minérale naturelle naturellement gazeuse est une eau minérale naturelle dont la teneur en gaz est, après traitement éventuel autorisé, et conditionnement, la même qu'à l'émergence compte tenu des tolérances techniques usuelles.

c). *Eau minérale naturelle dégazéifiée*

L'eau minérale naturelle dégazéifiée est une eau minérale naturelle dont la teneur en gaz carbonique, après traitement éventuel autorisé et conditionnement, n'est pas la même qu'à l'émergence.

d). *Eau minérale naturelle renforcée au gaz carbonique de la source*

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

e). *Eau minérale naturelle gazéifiée*

L'eau minérale naturelle gazéifiée est une eau minérale naturelle rendue gazeuse, après traitement éventuel autorisé et conditionnement, par addition de gaz carbonique d'autre provenance (JORA, 2004).

2.3. Critères de potabilité

Pour être consommée, l'eau doit répondre à des critères de qualité très stricts fixés par le ministère de la santé, les critères d'une eau "propre à la consommation" portent sur :

- La qualité organoleptique : L'eau doit être limpide, claire, aérée et ne doit présenter ni saveur ni odeur désagréable.
- La qualité microbiologique : L'eau ne doit contenir ni parasite, ni virus, ni bactérie pathogène.

- La qualité chimique : Les substances chimiques autres que les sels minéraux font l'objet de normes très sévères. Ces substances sont dites "indésirables " ou "toxiques".
- Les substances indésirables : Leur présence est tolérée tant qu'elle reste inférieure à un certain seuil (le fluor et les nitrates par exemple).
- Les substances aux effets toxiques : Le plomb et le chrome en font partie. Les teneurs tolérées sont extrêmement faibles.

2.3.1. Caractères organoleptiques

a). L'odeur

Une eau potable doit être inodore. L'odeur est un signe de la présence de matières organiques volatiles ou de certains gaz. Les odeurs révèlent aussi la présence de micro-organisme ; elles peuvent aussi provenir de pollutions issues des activités humaines (Savary, 2003 ; Rodier et *al*, 2005).

b). La couleur

La couleur de l'eau est le résultat de la présence de matières organiques colorées, de métaux ou de rejets industriels.

Les métaux qui colorent l'eau sont notamment le fer (couleur rouge) , qui provient soit de la composition naturelle des eaux, soit de la dissolution des tuyauterie métalliques des réseaux de distribution, et le manganèse (couleur noire).Dans les cas extrêmes, une coloration bleu clair peut apparaître en présence de cuivre (Savary, 2003).

Aussi la turbidité de l'eau ou l'opacité est la réduction de la transparence d'une eau suite à la présence de matières non dissoutes, elle est causée par la présence de matière en suspension (MES) fines, comme les argiles, les limons les grains de silice et les microorganismes (Rodier, 1996).

c). La saveur

Une mauvaise saveur peut être le résultat d'une croissance de micro-organismes occasionnelle, d'une contamination par les matériaux utilisés, de la présence de substances organochlorés (Ali aabbouet Ben mlouka, 2014). Une eau potable de qualité doit avoir une saveur faible et agréable.

2.3.2. Caractères microbiologiques

Une eau potable ne doit pas contenir d'organismes pathogènes tout au moins en quantité susceptible de provoquer une contamination même chez les personnes les plus sensibles (Bontoux, 1983).

D'après Claus et Robert (2004), L'eau potable peut contenir des polluants très divers comme pollution naturelle.

Les normes microbiologiques pour l'eau potable sont variables d'un pays à l'autre (Rejsek, 1994). La normalisation française directe :

- Absence de *Salmonella* dans 5 litres.
- Absence d'autres germes pathogènes.
- Absence de bactériophages fécaux dans 50 ml.
- Absence de Coliformes thermo-tolérants et de Streptocoques fécaux dans 100ml.
- 95% au moins des échantillons prélevés ne doivent pas contenir de coliformes dans 100 ml.

2.3.3. Paramètres physico-chimiques

a). *pH*

C'est la mesure de l'activité des ions contenus dans une eau : $\text{pH} = -\log \text{H}^+$

Selon Desjardins (1990), le pH joue un rôle primordial à la fois :

- Dans les propriétés physico-chimiques.
- Dans les processus biologique.
- Dans l'efficacité des certains traitement.

b). *La conductivité électrique*

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes électriques de 1cm de surface et séparées l'une de l'autre de 1cm, elle est l'inverse de la résistivité électrique (Rodier et al, 2005).

Selon la conductivité, l'eau peut être classée en eau de qualité plus ou moins bonne (tableau 03).

Tableau 03 : Classification de l'eau selon de conductivité électrique.

Conductivité	Nature de l'eau
50-400 μ s/cm	Eau excellent
400-750	Eau de bonne qualité
750-1500	Eau de moyenne qualité
> 1500	Eau médiocre

Source : Kihel et al, 2001.

c). Minéralisation

Si on définit une eau naturelle pure comme ne contenant ni des matières en suspension ni des colloïdes ni des matières organique dissoutes (ce qui est le cas des eaux minérales et beaucoup des eaux forages).

Alors cette eau ne renferme que des sels minéraux dissous et dissociés en cation et anion ce qui traduit la minéralisation de cette eau (Cordonnier et Berné., 1991).

Les principaux ions présents peuvent être classés selon leur fréquence décroissante comme suit :

- Cation : Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ , K^+
- Anions : Cl^- , SO_4^{-2} , NO_3^- , HCO_3^-

d). Dureté ou hydrotimétrie

La dureté ou hydrotimétrie d'une eau correspond à la somme des concentrations en cation métalliques à l'exception de ceux des métaux alcalins et de l'ion hydrogène, dans la plupart des cas la dureté est surtout due au calcium et magnésium auquel s'ajoutent quelque fois les ions fer, aluminium, manganèse (Rodier et al, 1996). Ce paramètre permet de subdiviser l'eau en eau dure ou douce (tableau 04).

Tableau 04 : Classification de l'eau selon la dureté.

Valeurs de TH	Nature de l'eau
0 à 5 f°	Eau très douce
5 à 15 f°	Eau douce
15 à 25 f°	Eau moyennement dure
25 à 35 f°	Eau dure

Plus de 35f°	Eau très dure
--------------	---------------

Source : Christian, 2005.

e). Le résidu sec

La détermination de résidus permet d'estimer la teneur en matière dissoute et en suspension d'une eau, mais les résultats sont influencés par la température et la durée de la dessiccation (Rodier, 1984).

2.3.4. Composition chimique

Les principaux éléments dissous dans l'eau sont :

a). Le calcium

Composant majeur de la dureté de l'eau, est généralement l'élément dominant de eaux potable. Les eaux potables de bonne qualité renferment de 100à140mg/l de calcium (Rodier, 1984).

b). Le magnésium

La majorité des eaux naturelles contiennent généralement une petite quantité de magnésium, sa teneur dépend de la composition des roches sédimentaires rencontrées. Il provient de l'attaque par l'acide carbonique des roches magnésiennes et de la mise en solution du magnésium sous forme de carbonates et bicarbonates (Nouayti et al, 2015).

c). Le sodium

Le sodium est un élément constant de l'eau, toutefois les concentrations peuvent être extrêmement variables (Rodier,1984).

Les concentrations de sodium dépendent des facteurs tels que les conditions hydrogéologiques, la saison et les activités industrielles. Les concentrations dans l'eau de boisson sont normalement inférieures à 50mg/l (JORA, 2004).

d). Le potassium

Le potassium est généralement l'élément majeur le moins abondant dans les eaux après le sodium, le calcium et le magnésium (Nouayti et al, 2015).

e). Les chlorures

Les chlorures sont des anions inorganiques importants contenus en concentrations variables dans les eaux naturelles, Très rependus dans la nature généralement sous forme de sels de sodium (NaCl) et de potassium (KCl). Ils sont souvent utilisés comme un indice de pollution.

Les chlorures présents dans une eau peuvent avoir plusieurs origines :

- Percolation de l'eau au travers de terrain salés.
- Infiltration de l'eau marines dans la nappe souterraine, de manière naturelle ou par intervention humaine par pompage excessif.
- Rejet humains, en particulier d'urine.
- Industries extractives comme des mines de potasse ou des salines (Rejsek, 2002 ; Nouayti et *al*, 2015).

f). Sulfate :

Les sulfates (SO_4^{2-}) peuvent être contenus en grande quantité dans l'eau de boisson.

Ils sont présents dans les eaux à des concentrations qui vont de quelques dizaines à plusieurs milliers de milligrammes/litre. (Hartemann et Moll, 1992)

g). Les bicarbonates :

Pratiquement il n'existe pas des normes relatives à l'alcalinité en effet, les carbonates ne présentent aucun inconvénient pour la santé humaine lorsqu'elles sont présentes dans l'eau.

2.3.5. Les éléments indésirables

a). Le fer

Le fer peut se rencontrer dans l'eau sous différentes formes. Dans les conditions habituelles, c'est-à-dire pour un pH variant entre 4,5 et 9, le fer soluble présent est généralement à l'état ferreux. Si le milieu est réducteur comme dans beaucoup d'eaux souterraines, le fer ferreux peut atteindre des teneurs élevées (Rodier, 2009).

b). Les nitrates

Les nitrates NO_3^- sont présents naturellement dans les eaux, indispensables à la croissance des végétaux, sont naturellement présents dans l'environnement (Claus et Robert, 2004).

La contamination des sols et des nappes d'eau, observée depuis de nombreuses années, résulte d'apports excessifs liés aux activités humaines : rejets urbains et industriels et, surtout, pollution diffuse agricole due aux engrais minéraux ou organiques. La réglementation actuelle, fondée sur une recommandation de l'OMS, fixe la valeur limite à 50 mg/l au robinet du consommateur (Ministère de la santé, 2005).

c). Les nitrites

La présence de nitrites d'origine naturelle est très rare, ils sont répandus dans le sol, les eaux et les plantes mais en quantité relativement faible. Dans les eaux de surface, leur teneur est en général inférieure à 1 mg/l (El haik, 1989 ; Rejsek, 2002).

d). L'ammonium

Composé de formule NH_4^+ constituant le premier stade de la décomposition de la matière organique. Les ions d'ammonium se trouvent dans les eaux souterraines à partir de l'opération de réduction des nitrates à l'aide de bactéries autotrophes ou à l'aide des sables contenant les ions ferreux qui sont capables de réduire les nitrates.

e). L'orthophosphate (OPO^{3-})

Les orthophosphates correspondent aux groupements OPO_3^- . Les eaux naturelles n'en contiennent pratiquement pas, ils proviennent d'une contamination fécale, industrielle ou agricole. Ces phosphates sont fixés facilement par le sol, leur présence dans les eaux est souvent liée à la nature des terrains traversés (Rodier et al, 1984).

2.4. Réglementation de la qualité des eaux potables

L'OMS a évalué les informations concernant les aspects sanitaires liés à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine. Les valeurs des différents paramètres de qualité des eaux sont, à titre de recommandation, sous forme des valeurs guides (VG) qui correspondent à la concentration à laquelle l'eau ne présente pas de risque sensible pour la santé du consommateur et conserve ces qualités organoleptiques (Monteil et Duguet, 2000).

2.4.1. Les Normes de qualité des eaux potables

L'eau potable nécessaire à l'alimentation doit présenter certaines qualités physico-chimiques et biologiques complexes, définies à l'échelle mondiale par l'organisation de la santé (OMS). Si de telles normes sont appliquées dans les pays industrialisés, il n'en va pas de même dans la plupart des pays en développement, où le manque d'eau potable constitue aujourd'hui le problème environnemental le plus grave (Bernard, 1989).

Les normes définissent les doses maximales admissibles pour une substance donnée correspondant à la quantité qu'un individu peut absorber sans danger pour sa santé tout au long de sa vie. Elles représentent les valeurs à ne pas dépasser.

Les principales normes sont les suivantes :

- Normes internationales pour l'eau de boisson OMS 1971.
- Recommandation pour la qualité de l'eau potable au Canada, ministère de la Santé nationale et du bien-être social 1978.
- Normes européennes applicables à l'eau de boisson OMS 1979.
- Normes Américaines. Actuellement plusieurs normes sont en vigueur aux États-Unis.
- Règlement sur l'eau potable éditeur officiel de Québec 1984.
- Normes algériennes JORA 2004.

a). Les normes internationales de l'eau potable

Les normes de qualité des eaux destinées à la consommation humaine suivant l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) et la Communauté Européenne des eaux (CEE) sont présentées dans le tableau 05 (Document de l'ANRH).

Tableau 05 : Les normes de qualité physico-chimique de l'eau potable.

Paramètre	Unités	OMS	CEE
Paramètres physico-chimiques			
Turbidité	FTU	5	4
Température	°C	-	25
pH	Un. pH	6.5 à 8.5	-
Conductivité	µs/cm	-	-
Résidu sec	Mg/l	2000	1500
Chlorures	Mg/l	250	200

Sulfates	Mg/l	400	250
Calcium	Mg/l	-	100
Magnésium	Mg/l	200	150
Sodium	Mg/l	200	150
Potassium	Mg/l	-	12
Nitrates	Mg/l	44	50
Nitrites	mg/l	3	0.1
Ammoniaques	mg/l	-	0.5
Hydrocarbures	µg/l	-	10
Fer	µg/l	-	10
Manganèse	µg/l	300	200
Cuivre	µg/l	1000	-
Zinc	µg/l	5000	5000
Fluorure	µg/l (8-12°C)	1500	1500
MES	µg/l	-	-
Cadmium	µg/l	5	5
Chrome	µg/l	50	50
Nickel	µg/l	50	50
Plomb	µg/l	50	50
Chlore	Mg/l	50	50
Dureté totale	°F	0.1	-
Minéralisation	Mg/l	50	10-35
Alcalinité	°F	-	-

Source : Document de l'ANRH.

b). Les normes Algériennes pour la qualité physico-chimique de l'eau potable

L'Algérie s'est basé sur les normes internationales, pour établir ses propres normes, on peut dire que c'est une combinaison de différentes normes qui existent sur le plan international (tableaux 06 et 07) (Document de l'ANRH).

Tableau 06 : les normes algériennes de qualité physico- chimique de l'eau potable.

Paramètres	Valeurs	Unités
Paramètres organoleptiques		
couleur	25	mg/1 pt-Co
Odeur	Doit être acceptable	Taux de dilution
Turbidité	1-2	NTU
Saveur	Doit être acceptable	Taux de dilution
Paramètres physico-chimiques		
température	25	°C
pH	6.5 -8.5	-
conductivité	2800	µs/cm
Résidu sec (110)	2000	mg/1
calcium	75 -200	mg/1
Magnésium	150	mg/1
sodium	200	mg/1
potassium	20	mg/1
chlorure	200-500	mg/1
sulfates	200 -400	mg/
CO ₃ ⁻ -CO ₃ H ⁻	-	-
aluminium	0.5	mg/1
Substances indésirables		
Nitrates	50	mg/1
Nitrites	0.1	mg/1
Ammonium	0.05-0.5	mg/1
Phosphates	0.5	mg/1

Ox.kMnO ₄ (acide)(MO)	3.5	mg/l
Bore	0.3	mg/l
Fer	0.3	mg/l
Cuivre	0.05-1.5	mg/l
Zinc	1 -5	mg/l
manganèse	0.5	mg/l

Source : Document de l'ANRH.

Tableau 07 : Les normes Algériennes de qualité physico- chimique de l'eau potable.

Paramètres	Valeurs	Unités
Substances indésirables		
Baryum	0.7	mg/l
Phénols	-	-
Fluorure	0.8-2	mg/l
Agent	-	-
Carbone Organique total	-	-
Azote	2	mg/l
Substances Toxiques		
Arsenic	0.05	mg/l
Cadmium	0.01	mg/l
Cyanure	0.05	mg/l
Mercure	0.001	mg/l
Plomb	0.05	mg/l
Chrome	0.05	mg/l
Nickel	0.02	mg/l
Antimoine	0.005	mg/l
Sélénium	0.01	mg/l
Epichlorhydrine	-	µg/l
1.2-dichloroéthane	30	µg/l
Tétrachloroéthylène	40	µg/l

Benzo(a)pyrène	0.7	µg/l
Benzène	-	µg/l
Tétrachlorure de carbone	2	µg/l
Chlorure de vinyle	5	

Source : Document de l'ANRH.

Partie
Expérimentale

Matériels et méthodes

I. MATERIELS ET METHODES

I.1. L'objectif du travail

L'objectif de notre travail est de faire des analyses physico-chimiques sur différentes eaux puis :

- Comparer la qualité physico-chimique de quelques eaux potables (eaux Zamzam, eau minérales embouteillées : Lala khedidja, Milok et Guedila et eaux des distributions de la ville Laghouat (cité 741 logements. Oasis nord et Aflou (centre ville).
- Comparer la qualité trouvée des eaux minérales à celle mentionnées sur l'étiquetage.

I.2. Echantillonnage et site de prélèvement

Pour la réalisation de ce travail, nous avons pris 6 prélèvements d'eau potable à savoir : 3 eaux minérales achetées du commerce : Guedila, Lalla Khedidja et Milok, 2 eaux de distribution de la wilaya de Laghouat prises de la daïra de Aflou et Laghouat, et l'eau Zamzam.

Pour les eaux minérales, 5 unités, correspondant à 5 bouteilles de 1.5l ou 2 litres d'un même lot ont été achetées du commerce puis mélangées.

250 ml des eaux de distribution ont été prélevées de chaque foyer (5 foyers de la cité 741 oasis nord Laghouat et Aflou centre ville) et aussi 2500ml de l'eau Zamzam.

I.3. Lieu d'expérimentation

Les différentes analyses ont été effectuées au niveau des laboratoires de l'Algérienne Des Eaux (ADE) Laghouat.

I.4. Analyses physico-chimiques

Les analyses visent à vérifier la stabilité de la composition de l'eau minérale naturelle en ses constituants essentiels et ses caractéristiques de qualité conformément aux spécifications et les caractéristiques de qualité des eaux de source (JORA, 2006).

I.4.1. Le potentiel d'hydrogène (pH)

La mesure du pH donne une indication sur l'alcalinité ou l'acidité des eaux. Il est important pour la croissance des micro-organismes est donc l'un des paramètres les plus importants de la qualité de l'eau (Rodier, 1996).

La mesure a été effectuée à l'aide du multi paramètres (HI 2550 / HUCh), au moyen de l'électrode combinée (verre/référence) qui donne La différence de potentiel existant dans une même solution (Rejsek, 2002). La lecture se fait après stabilisation du pH.

I.4.2. La conductivité

La conductivité électrique d'une eau est un indicateur direct de sa salinité. C'est un facteur vital à suivre lorsqu'on est intéressé par une réutilisation des eaux usées en agriculture (Shilton et *al*, 2005).

La mesure de la conductivité électrique a été faite à l'aide d'un multi paramètres (HI 2550 pH/ORP et EC/TDS/NaCLMeter de marque HUCh). On la mesure par immersion dans l'eau de deux électrodes de platine (pt) maintenant parallèles.

Elle a été déterminée après rinçage de l'électrode à conductivité avec de l'eau distillée, puis en la plongeant dans un récipient contenant de l'eau à examiner; faire la mesure dans un deuxième récipient en prenant soin que les électrodes de platine soient complètement immergées. Agiter le liquide afin que la concentration ionique entre les électrodes soit identique à celle du liquide ambiant.

Introduire alors le thermomètre aussi près que possible de la cellule. Opérer de préférence à la température de référence de 25°C. La température du liquide ne devra en aucun cas varier pendant la mesure (Rodier et *al*, 2005)

Les résultats affichés sur l'écran de l'appareil (multi-paramètre) et sont exprimés en micro siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

I.4.3. Mesure de la salinité et du taux de sels dissous (TDS)

Le mesure de salinité et TDS est effectué par l'appareille multi- paramètre (HI 2550 pH/ORP et EC/TDS/NaCLMeter de marque HUCh), même principe que la mesure de la conductivité. On garde l'électrode de conductivité dans le recepaient qui contient l'eau à examinée puis on appuis une fois sur le bouton de conductivité pour donne le résultat de taux des sels dissous. Et deuxième fois pour donner le résultat de salinité.

Les résultats obtenus par lecture directe sont donnés en ‰ et en mg/l pour la salinité et le taux de sels dissous respectivement.

I.4.4. La minéralisation.

La minéralisation correspond aux taux de sels dissous. Il existe une relation entre la teneur en sels dissous d'une eau et sa conductivité. Toutefois, la minéralisation déterminée par pesée de l'extrait sec n'est pas rigoureusement identique à celle calculée à partir de la conductivité (tableau 08) (Rodier et al, 2005).

Tableau 08 : Détermination de la minéralisation à partir de la conductivité mesurée à 20° C.

Conductivité (µS/cm)	Minéralisation (mg/L)
< à 50	1,365079x Conductivité
Entre 50 et 166	0,947658 x Conductivité
Entre 166et 333	0,769574 x Conductivité
Entre 333et 833	0,715920 x Conductivité
Entre 833 et 10000	0,758544 x Conductivité
> à 10000	0,850432 x Conductivité

Source : Rodier, 2009.

I.4.5. Dosage de la dureté totale ou titre hydrométrique (TH)

La dureté totale d'une eau est sa concentration en calcium et en magnésium dissous. A un pH de 10 et en présence de la solution noir ériochrome T (NET) (indicateur coloré) ; L'acide éthylène Diaminetetracétique (EDTA) va complexer les ions calcium et le magnésium (Rejsek, 2002).

On prélève 10ml de l'eau à analysée dans un bécher, on chauffe la prise d'essai à une température d'environ 60°C, on ajoute 1ml de solution tampon (pH=10) et 2gouttes de indicateur colorée noir ériochrome T (NET). En remarque que la coloration de solution est rose foncée. Puis fait le titrage avec L'EDTA (0.01N) jusqu'au virage bleu foncé (Rodier et al, 2005).

La concentration totale en calcium et magnésium, est donnée par l'expression suivant :

$$[TH] = \frac{\text{Volume EDTA} \times \text{Normalité EDTA}}{\text{Volume de l'eau à analysée}} \times 1000$$

Avec :

- TH : Le titre hydrométrique en mg/l.

I.4.6. Le résidu sec

Une certaine quantité d'eau bien mélangée est évaporée dans une capsule tarée. Le résidu desséché est ensuite pesé (Rodier et *al* , 2005).

On nettoie bien les creusets avec l'eau distillée et on les place dans l'étuve pour le séchage.

Après le séchage, on pèse les creusets vides et on enregistre la masse m_0 . On tare 25ml de l'eau à analysée, et on place les creusets dans une étuve réglée à 180 °C pendant 4 heures et laisser refroidir 1/4 d'heure dans un dessiccateur. Peser immédiatement et rapidement et en enregistré la masse m_1 .

Les résultats, de la teneur en résidus secs (RS), exprimés en mg/l sont calculés suivant l'équation suivante :

$$RS \text{ (mg/l)} = (m_2 - m_1) / \text{volume de l'eau à analysée (25ml ici)} \times 1000.$$

I.4.7. Dosage du calcium (Ca^{+2})

Le pH est rendu à 12 par une solution d'hydroxyde de sodium. Dans l'indicateur de fin de réaction, l'acide calcone carboxylique forme un complexe avec les ions calcium de coloration rouge. Au fur et à mesure de l'ajout de l'EDTA, les ions calcium se séparent du complexe avec l'indicateur pour se complexer avec EDTA. Lorsque tout le calcium est complexé avec EDTA la solution prend une coloration bleue claire (Rejsek, 2002).

On prélève 10ml de l'eau à analysée dans un bécher. On ajuste le pH à 12 avec la solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) puis on ajoute une pincée de l'indicateur de Ca^{+2} (calcon) et on titre avec l'EDTA (0.01N) jusqu'au virage au bleu (Rodier et *al*, 2005).

La concentration totale en calcium, en mg/l, est donnée par l'expression suivante :

$$[\text{Ca}^{+2}] = \left(\frac{\text{Volume EDTA} \times \text{Normalité EDTA}}{\text{Volume de l'eau à analysée}} \right) \times 1000$$

I.4.8. Détermination du taux de magnésium (Mg^{2+})

La différence entre la dureté totale et la dureté calcique donne directement la Concentration de magnésienne en mg/l de l'eau analysée.

$$[Mg^{+2}] = [TH] - [Ca^{+2}]$$

1.4.9. Dosage des chlorures (Cl^-)

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent ($AgNO_3$) en présence de chromate de potassium (K_2CrO_4). Les ions chlorures réagissent avec les ions argent pour former du chlorure d'argent insoluble et précipitant. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du chromate d'argent (Rodier et *al*, 2005).

On prélève 10ml de l'eau à analyser, dans un bécher. Ajoute 1ml de l'indicateur chromate de potassium donnée coloration jaune .puis fait le titrage avec la solution Nitrate d'argent (0.02N) jusqu'à l'apparition d'une teinte rougeâtre (Rodier et *al*, 2005).

Le taux de chlorures, en mg/l, est donné par l'équation suivante :

$$[Cl^-] = \frac{\text{Volume } AgNO_3 \times \text{Normalité } AgNO_3}{\text{Volume de l'eau à analysée}} \times 1000$$

I.4.10. Détermination de l'alcalinité (HCO_3^-) :

À l'inverse de l'acidité, l'alcalinité d'une eau correspond à la présence de bases et de sels d'acides faibles (Rodier, 2009).

Ces déterminations sont basées sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué, en présence d'un indicateur coloré (Rodier et *al*, 2005).

On prélève 10ml de l'eau à analysée dans un bécher, on ajoute quelque gouttes de méthyle orange (indicateur coloré : 0.0865 N) et on titre avec acide sulfurique jusqu'au virage du jaune au orange ou rouge brique (Rodier et *al*, 2005).

Les résultats sont obtenus par l'équation suivante :

$$(\text{HCO}_3^-) = \frac{\text{Volume de H}_2\text{SO}_4 \times \text{Normalité H}_2\text{SO}_4}{\text{Volume de l'eau à analysée}} \times 1000 \times \text{MHCO}_3^-$$

Avec :

- MHCO_3^- = la masse molaire des bicarbonates (61 g/mol)

I.4.11. Dosage du phosphate (PO_4^{3+})

Les phosphates (PO_4^{3+}) font partie des anions facilement fixés par le sol, leur présence dans les eaux naturelles est liée à la nature des terrains.

En milieu acide et en présence de molybdate d'ammonium et le tartrate double d'antimoine et de potassium, le phosphate réagit. Puis le complexe formé est réduit par l'acide ascorbique et développe une coloration bleue susceptible d'un dosage spectrophotométrique (Rodier et *al*, 2005).

Prélever 40ml de l'eau à analysée dans un bécher, ajout 1ml acide ascorbique et 2ml du réactif mixte et attendre 10 minutes jusqu'à le développement d'une coloration bleue. On note la DO à 880 nm.

La densité optique affichée sur le spectrophotomètre UV/Vis donne la concentration des ions phosphates dans l'eau en mg/l.

La valeur de la lecture \times *facteur* de la dilution

I.4.12. Dosage des nitrates (NO_3^-) par spectrophotométrie UV visible

Ce dosage a été réalisé à l'aide d'un spectrophotomètre UV visible. En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosalicylate de sodium, coloré en jaune et susceptible d'être dosées par spectrophotométrie (Rodier et *al*, 2005).

Prélever 10ml de l'eau à analyser, dans un bécher, on ajout 2 à 3 gouttes de hydroxyde de sodium (NaOH), puis on ajoute 1ml de salicylate de sodium ensuite on sèche à l'étuve (75-80°C). Après 1 heure de séchage, prendre le bécher et laisser refroidir. Reprendre le résidu par 1 ml d'acide sulfurique (H₂SO₄) et laisser reposer 10mn. Ajouter 15ml d'eaux distillée et 15ml de tartrate double de sodium et de potassium puis passer au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 415 nm.



Source : photo personnelle, 2017

Figure 04 : Spectrophotomètre UV visible utilisé pour la détermination du taux des nitrates

La concentration, en mg/l, est obtenue en multipliant la densité optique par le facteur de dilution.

I.4.13. Dosage des sulfates (SO₄²⁻)

Les ions sulfates sont précipités et passent à l'état de sulfate de baryum, en présence de Chlorure de baryum (BaCl₂). La turbidité est proportionnelle à la concentration de l'eau en sulfates. la mesure de la turbidité a été faite à une longueur d'onde de 650nm (Rodier, 2009).

Prélever 10ml de l'eau à analyser, dans un bécher, ajout une 0.5ml de solution stabilisante et 0.5m de chlorure de baryum.

$$[SO_4^-] = \text{La valeur de la lecture} \times \text{facteur de la dilution}$$

Résultats et Discussions

II. Résultats et discussions

II.1. Le potentiel d'Hydrogène (pH).

Le pH des eaux est indiqué dans le tableau 09.

Tableau09 : pH des eaux en unité pH.

Eau	pH
Lala khedidja	8.06
Guedila	7.81
Milok	7.96
ER Oasis nord	7.82
ER Aflou	7.86
Eau Zamzam	7.98

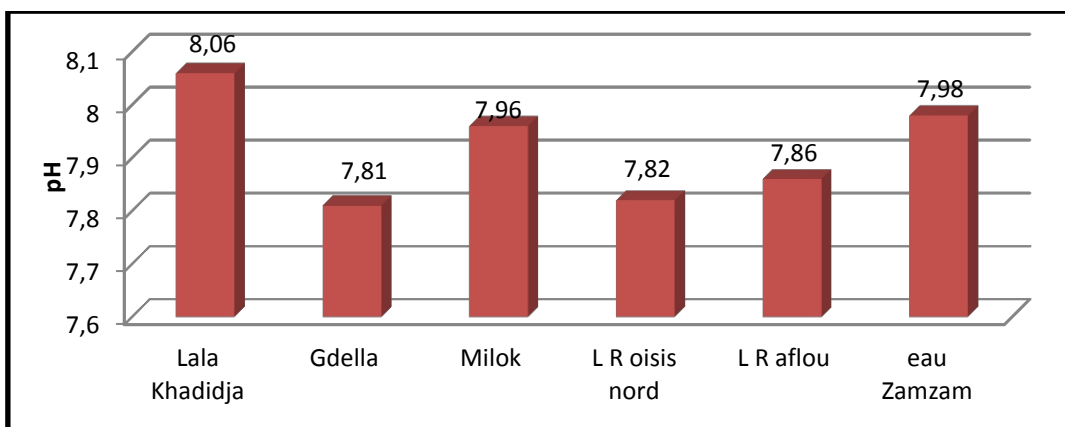


Figure 05 : pH des eaux analysées.

Les différentes eaux sont considérées comme potables selon l'OMS qui fixe un pH allant de 6.5 à 8.5 et la CEE qui exige un pH allant de 6.5 à 9.5 pour les eaux potables (voir annexe 02). En effet, Nos échantillons présentent des pH proches qui varient de 7.81 à 8.06.

Le pH de l'eau embouteillée Lala khedidja semble être supérieur à 8. Le pH obtenu semble être supérieur à celui noté sur l'étiquetage de l'ordre de 7.22. Tel est le cas pour l'eau Guedila (7.81 mesuré et 7.35 affiché) et Milok (7.96 mesuré et 7.56 affiché).

Selon Boeglin (2000) et Ladjel (2009), les eaux naturelles ont un pH qui est fonction de la concentration en gaz carbonique (pas assez de CO₂) dissout et en hydrogénocarbonates

de calcium (beaucoup de CaCO_3). Les eaux analysées présentent un pH proche de la neutralité.

II.2. La conductivité.

Les différentes eaux analysées présentent une conductivité allant de $277\mu\text{s}/\text{cm}$ à $1382\mu\text{s}/\text{cm}$. Nos résultats sont dans l'intervalle de la potabilité (inférieure à $2000\mu\text{s}/\text{cm}$ selon l'OMS). Le tableau 10 représente les valeurs moyennes de la conductivité des eaux analysées.

Tableau 10 : valeurs moyennes de la conductivité des eaux analysées (en $\mu\text{s}/\text{cm}$).

Eau	Conductivité ($\mu\text{s}/\text{cm}$).
Lala khedidja	277
Guedila	702
Milok	402
ER Oasis nord	1382
ER Aflou	639
Eau Zamzam	964

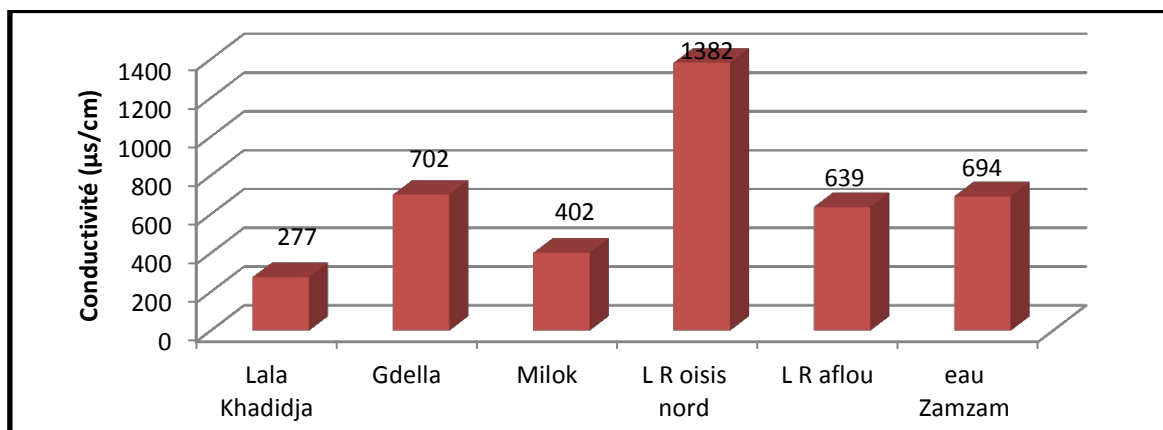


Figure 06 : Conductivité des eaux analysées.

L'eau de distribution de la ville de Laghouat Oasis nord semble être la plus conductible avec $1382\mu\text{s}/\text{cm}$. L'eau de robinet de Aflou, l'eau ZamZam et Guedila ont des conductivités proches. Toutefois cette conductivité indique une minéralisation moyenne.

La conductivité est fonction de la teneur en ions qui sont mobiles dans un champ électrique tel que les ions de bicarbonates (HCO_3^-), les ions Calcium (Ca^{++}), les ions

Sodium (Na^+)...etc. Aussi elle est fonction de la température de l'eau : elle est plus importante lorsque la température augmente (Rodier et *al*, 2005).

II.3. Le taux de sels dissous (TDS)

La salinité correspond à la quantité de sels dissouts à savoir le chlorure de sodium (NaCl), chlorure de magnésium (MgCl_2).... Une augmentation de la salinité indique une augmentation en ions sodium (Na^+), magnésium (Mg^{++}), chlorure (Cl^-), après dissociation des sels (Figarella et Leyral, 2002 ; Rodier et *al*, 2005).

Les résultats exprimés en mg de sels dissouts par litre d'eau sont donnés dans le tableau 11.

Tableau 11 : Taux des sels dissouts des eaux analysées (en mg/l).

Eau	TDS (mg/l)
Lala khedidja	139
Guedila	352
Milok	202
ER Oasis nord	690
ER Aflou	310
Eau Zamzam	348

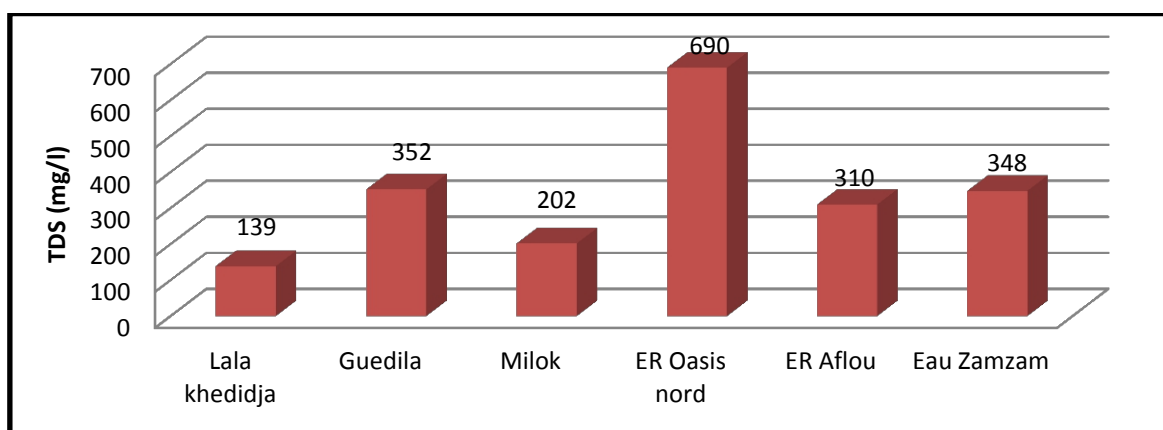


Figure 07 : Taux de TDS des eaux analysées.

L'eau de distribution de la ville de Laghouat, Oasis nord, semble contenir plus de sels dissouts (690mg/l) alors que Lala khedidja contient moins de sels (139mg/l).

La salinité est fonction de la géologie des terrains traversés, elle est plus élevée dans les eaux sous terraines (Rodier et al, 2005).

II.4. La minéralisation

Les résultats du taux de minéralisation (Tableau 12), montrent que l'eau de robinet des oasis contient plus de minéraux avec un taux de 1048.31 mg/l. par contre Lala khedidja est la moins minéralisée avec un taux de 213.17.

L'eau Zamzam, Guedila et l'eau de robinet d'Aflou présentent une minéralisation proche mais cela ne vaut en cas dire qu'elles présentent la même qualité.

Tableau 12 : Minéralisation des eaux analysées (en mg/l).

Eau	Minéralisation (mg/l)
Lala khedidja	213.17
Guedila	502.57
Milok	287.80
ER Oasis nord	1048.31
ER Aflou	457.47
Eau Zamzam	496.84

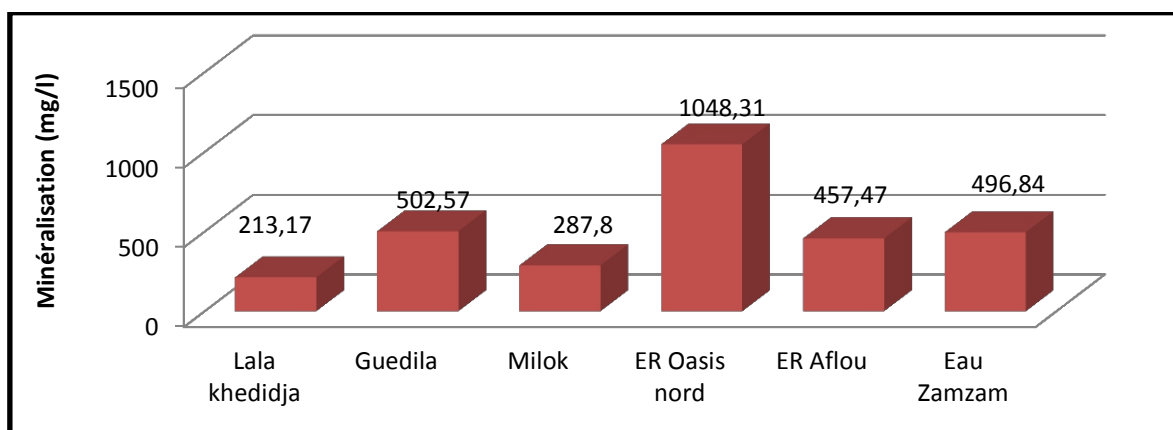


Figure 08 : Taux de Minéralisation des eaux analysées.

II.5. Dureté totale ou titre hydrométrique (TH)

La dureté de l'eau ou titre hydrométrique est une mesure globale de la concentration en sels dissous de l'eau elle permet de doser la somme des ions de calcium et de magnésium (Hakmi, 2006).

Une eau à titre hydrométriques élevé est dite (dure) dans le cas contraire, il s'agit d'une eau douce.

Le tableau 13 indique la dureté totale des eaux analysées.

Tableau 13: Dureté totale ou titre hydrométrique des eaux analysées (en mg/l).

Eau	Dureté totale (°f).	Dureté totale(mg/l)
Lala khedidja	18	180
Guedila	40.66	406.66
Milok	23	230
ER Oasis nord	63.33	633.33
ER Aflou	23	230
Eau Zamzam	19.66	196.66

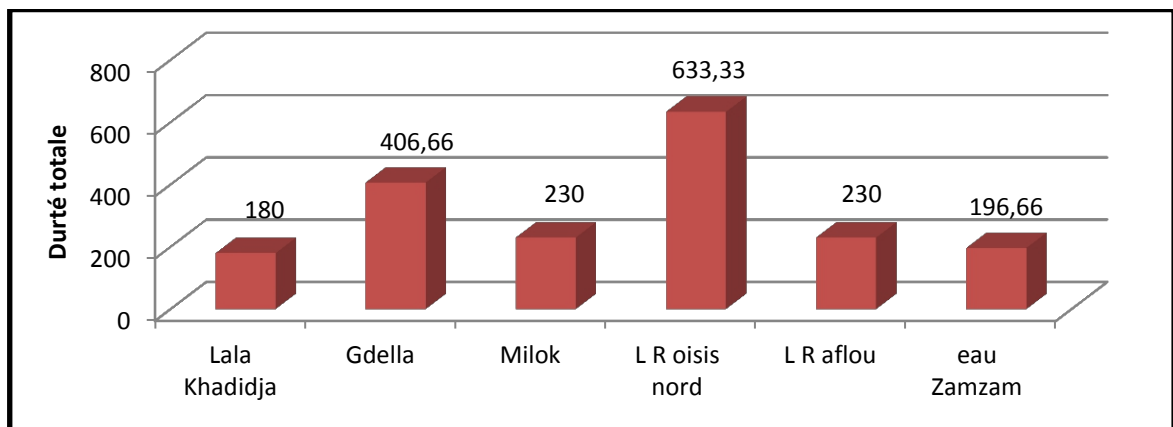


Figure 09 : Taux de la dureté totale des eaux analysées.

Les résultats obtenus, montrent que l'eau de distribution des Oasis nord est une eau dure. Les autres sont des eaux légèrement douces. L'eau de robinet d'Aflou semble avoir la même dureté que l'eau minérale Milok.

Pour l'usage domestique, on peut utiliser des eaux tirant jusqu'à 500mg de CaCO_3/L (50°F), mais la dureté agréable se situe entre 80 et 150mg de CaCO_3 /L . (8et 15°F) (Rodier, 2009).

Nos résultats semblent être dans les normes fixées par l'OMS de l'ordre de 100 à 500 mg/l excepte l'eau de robinet des oasis nord où le titre hydrométrique atteint 633.33mg/l.

En effet, les eaux provenant de terrains calcaires ou gypseux peuvent avoir des duretés très élevées (Rodier et al, 2005).

A l'échelle domestique, une eau dure demande plus de savon. Toutefois, les eaux dures peuvent limiter le transfert intestinal des ions métalliques toxiques comme le cadmium, le cuivre, le plomb,...etc. contrairement aux eaux douces (Rodier et al, 2005).

II.6. Résidu sec :

La teneur en résidus secs des eaux de consommation testées est reportée dans le tableau14.

Tableau14: Teneur en matières dissoutes et en suspension des eaux (en mg/l).

Eau	Taux de résidu sec (mg/l)
Lala khedidja	160
Guedila	520
Milok	120
ER Oasis nord	976
ER Aflou	474.3
Eau Zamzam	519.66

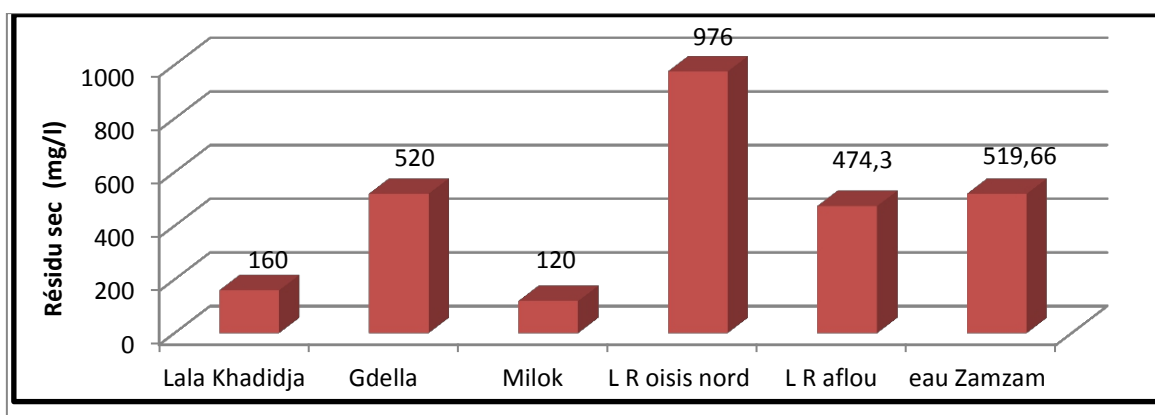


Figure 10 : Taux de Résidu sec des eaux analysées.

La teneur des eaux embouteillées en résidu sec mesurée semble être supérieure à celle affichée (187, 564 et 330 mg/l pour Lala khedidja, Guedila et Milok respectivement).

Il en ressort que toutes les valeurs sont inférieures aux normes fixées par la CEE (1500mg/l) et même celles fixées par l'OMS et les normes algériennes (2000mg/l) ; donc ces eaux peuvent être utilisées à des fins de consommation humaine.

L'eau de robinet des oasis nord semble avoir le plus grand taux de résidu sec suivi de Guedila et L'eau Zamzam.

II.7. Calcium

Le calcium est le cinquième élément le plus abondant de la croûte terrestre (plus de 3 %) et c'est un cation essentiel pour la matière organique. Il contribue à la dureté de l'eau et c'est le minéral le plus abondant dans les eaux.

La teneur en calcium des eaux analysées est représentée dans le tableau 15.

Tableau 15: Teneur en calcium des eaux analysées (en mg/l).

Eau	Taux de calcium (mg/l)
Lala khedidja	70.81
Guedila	80.1
Milok	70.81
ER Oasis nord	207.08
ER Aflou	81.50
Eau Zamzam	62.79

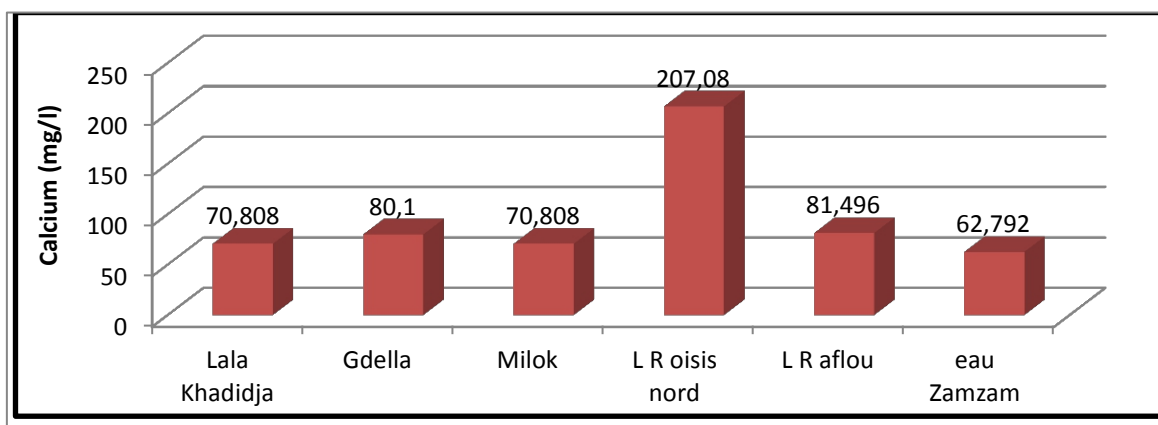


Figure 11 : Taux de Calcium des eaux analysées.

L'eau de robinet Oasis nord présente la teneur en calcium la plus importante et légèrement supérieure aux normes ; constatation logique sien tenant compte de sa dureté élevée. L'OMS et les normes algériennes (JORA, 2000) fixent le seuil maximal de la teneur en calcium des eaux potables à 200 mg/l.

L'eau Zamzam présente le taux le plus faible avec 62.79 mg de calcium par litre d'eau. L'eau de robinet d'Aflou semble avoir un taux proche de celui des eaux embouteillées. Et en comparant ce qui est noté sur l'emballage, l'expérimentation donne un taux plus élevé

en calcium pour l'eau minérale embouteillée Lala khedidja et Milok (70.81 contre 53 et 70.81 contre 59 mg/l pour les deux eaux respectivement).

Sur le plan de la santé humaine, aucune étude ne montre un effet néfaste ou une relation dose/effet de cet élément dans l'eau (Rodier et *al*, 2005 ; Benamar et *al*, 2011)

II.8. Magnésium

Le taux de magnésium présent dans les eaux analysées est récapitulé dans le tableau 16.

Tableau 16 : Teneur en magnésium des eaux analysées (en mg/l).

Eau	Taux de magnésium (mg/l)
Lala khedidja	7
Guedila	49.69
Milok	12.97
ER Oasis nord	28.49
ER Aflou	6.48
Eau Zamzam	8.49

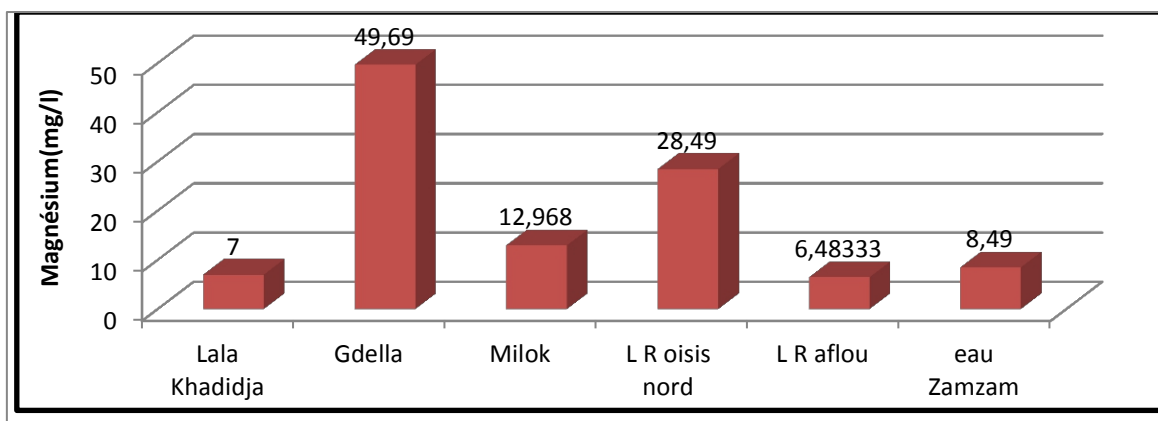


Figure 12 : le taux de magnésium des eaux analysées.

Les résultats obtenus montrent que les différentes eaux ont des teneurs en magnésium dans les normes de l'OMS et les normes algériennes de potabilité de l'ordre de 150mg/l au maximum (JORA, 2000).

La teneur en magnésium mesurée étant identique à celle affichée pour Milok et Lala khedidja, par contre elle est légèrement supérieure à celle de Guedila (49.69 contre 37 mg/l).

D'après Rodier, 2009, cet élément ne présente aucun danger sur le plan sanitaire par contre il peut communiquer un goût amer à l'eau à partir de 100mg/l.

Le magnésium constitue un élément significatif de la dureté de l'eau. La plupart des sels de magnésium sont très solubles dans l'eau même le carbonates peut être dissous (jusqu'à 300mg/l à 20°C) (Rodier et al, 2005).

II.9. Chlorures

La teneur en chlorures des eaux semble être conforme aux normes de l'OMS de l'ordre de 250mg/l et les normes algériennes qui fixent le seuil à 500 mg/l (voir tableau 17).

Tableau 17 : Teneur en chlorures des eaux (en mg/l).

Eau	Teneur en chlorures (mg/l)
Lala khedidja	52.06
Guedila	82.84
Milok	28.4
ER Oasis nord	156.2
ER Aflou	52.06
Eau Zamzam	94.7

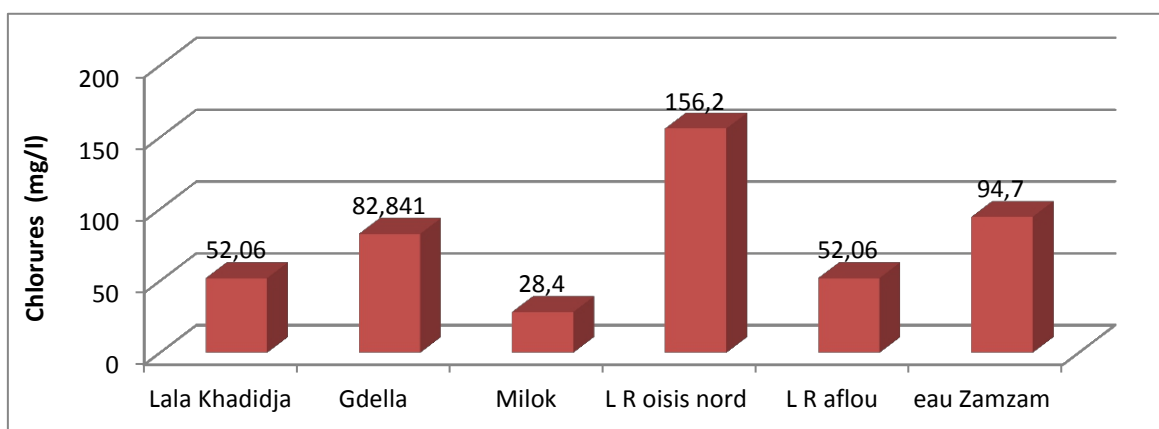


Figure 13: Taux de chlorures des eaux analysées.

L'eau de robinet prélevée des oasis nord, présente le taux le plus élevé avec 156.2mg/l ; par contre l'eau de robinet de Aflou a un taux identique à celui de l'eau minérale Lala khedidja soit 52.06 mg/l. l'eau Milok présente la plus faible teneur en Chlorures alors que l'Eau Zamzam présente un taux de 94.7mg/l .

Ce taux est fonction de la nature des sols d'où l'eau provient. Le taux élevé dans l'eau de robinet des oasis nord illustre le fait que les canalisations dans ces régions sont exposées à la corrosion (pour les eaux ayant plus de 50mg de chlorures par litre d'eau) (Rodier, 1984).

L'inconvénient majeur des chlorures est la saveur désagréable qu'elles communiquent à l'eau à partir de 250 mg/l.

II.10. Bicarbonates (HCO_3^-)

Le tableau 18 donne la teneur en bicarbonates contenue dans les différentes eaux testées.

Tableau 18 : Teneur en bicarbonates des eaux (en mg/l).

Eau	Teneur en bicarbonates (mg/l)
Lala khedidja	193.47
Guedila	349.17
Milok	158.29
ER Oasis nord	369.35
ER Aflou	175.88
Eau Zamzam	175.88

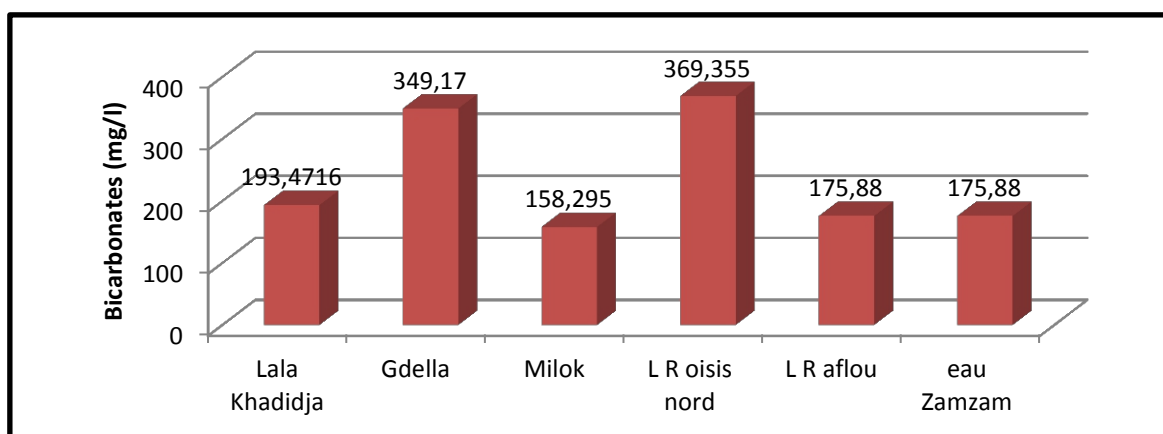


Figure 14 : Taux de Bicarbonates des eaux analysées.

Les bicarbonates sont considérés comme les anions les moins réponsus dans les eaux. Les normes algériennes ne fixent pas de limites pour ce paramètre. Les bicarbonates sont proportionnellement liés à l'alcalinité de l'eau.

L'eau de robinet Oasis nord et Guedila semble avoir les taux les plus élevés. L'eau Zamzam présente un taux identique à celui de l'eau de robinet de Aflou. Lala khedidja et Milok présente des taux intermédiaires qui sont proches des taux notés sur l'étiquetage (152 et 160 mg/l respectivement).

II.11. Phosphates (PO_4^{3+})

Les teneurs en phosphates des eaux testées sont récapitulées dans le tableau 19.

Tableau 19 : Teneur en phosphates des eaux (en mg/l).

Eau	Teneur en phosphates (mg/l)
Lala khedidja	0.046
Guedila	0.05
Milok	0.07
ER Oasis nord	0.2
ER Aflou	0.02
Eau Zamzam	0.04

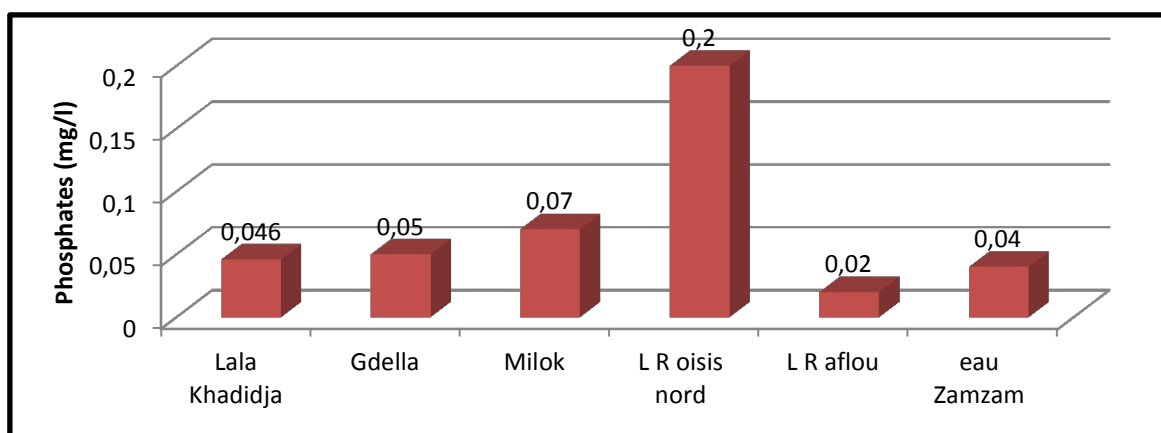


Figure 15: Taux de Phosphate des eaux analysées.

Ces teneurs semblent être conformes aux normes de l'OMS de 0.5mg/l donc toutes les eaux sont potables. L'eau des Oasis nord présente le taux le plus élevé avec 0.2 mg de phosphate par litre d'eau.

II.12. Nitrates (NO_3^-)

Le taux de nitrates dans les différentes eaux varie de 1.23 mg/l pour Lala khedidja à 11.2 mg/l pour l'eau Zamzam (tableau 20).

Le taux affiché sur l'étiquetage de Lala khedidja est inférieur à celui mesuré (0.42 contre 1.23 mg/l). Par contre Milok et Guedila affiche un taux supérieur à celui qu'on a trouvé (15.20 affiché pour Milok et 4.5 mg/l pour Guedila).

Ces taux semblent être dans les normes de l'OMS de l'ordre de 44 mg/l et aussi dans les normes algériennes et du CEE qui sont de 50 mg/l.

Tableau 20: Teneur en nitrates des eaux (en mg/l).

Eau	Teneur en nitrates (mg/l)
Lala khedidja	1.23
Guedila	2.6
Milok	6.4
ER Oasis nord	6.6
ER Aflou	7.86
Eau Zamzam	11.2

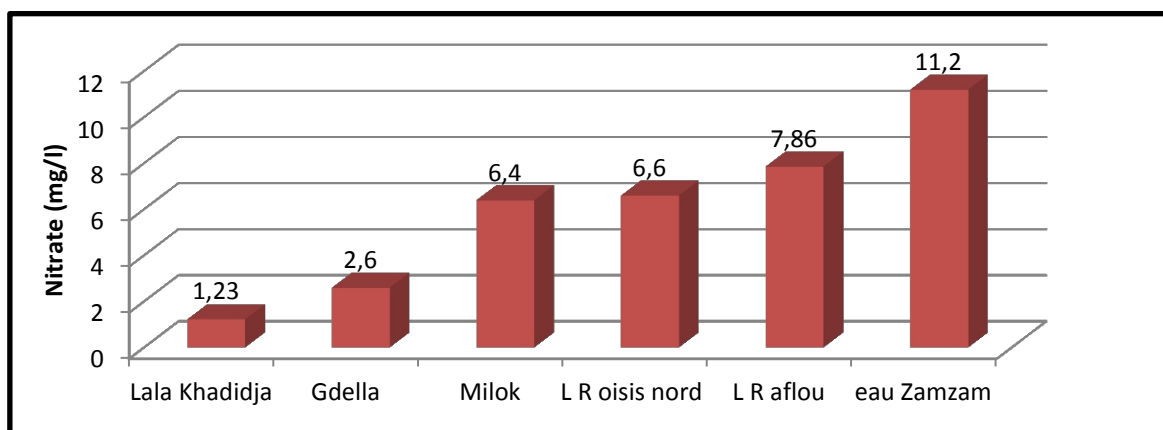


Figure 16 : Taux de Nitrate des eaux analysées.

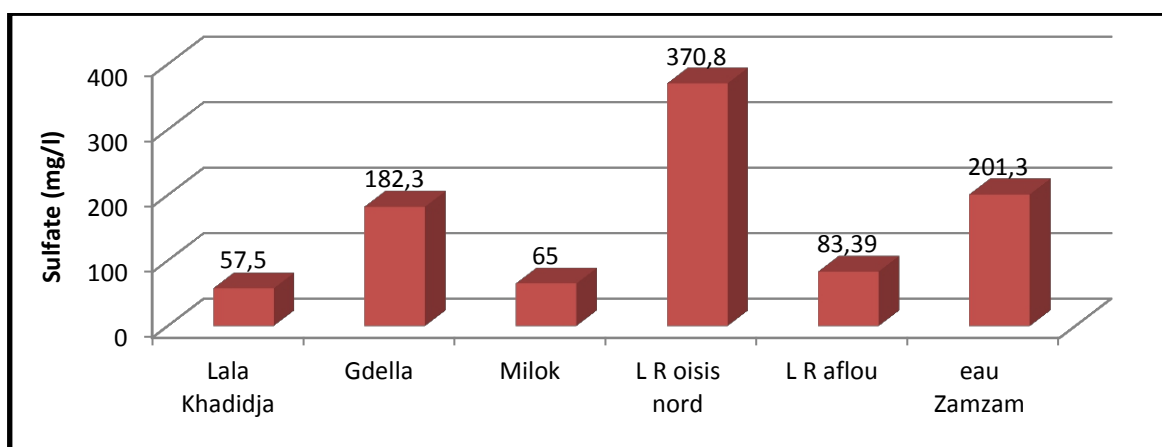
Les nitrates étant un élément nocifs à fortes dose, des doses supérieures à 100mg/l, les nitrates sont capables de former *in vivo* des dérivés « les nitrosamines » a pouvoir cancérigène. L'OMS fixe la dose journalière admissible pour les nitrates (DJA) à 3.7 mg de NO_3^- /kg/jour (Montiel, 1999 ; Chausse et al, 2003)

II.13. Sulfates (SO_4^{2-})

La teneur en sulfates est liée à la nature des terrains que l'eau traverse, surtout les sols contenant le gypse. Les résultats de la teneur en sulfates des eaux analysées sont donnés dans le tableau 21.

Tableau 21 : Teneur en sulfates des eaux (en mg/l).

Eau	Teneur en sulfates (mg/l)
Lala khedidja	57.5
Guedila	182.3
Milok	65
ER Oasis nord	370.8
ER Aflou	83.39
Eau Zamzam	201.3

**Figure 17** : Taux de Sulfates des eaux analysées.

L'eau Milok semble avoir la même teneur que celle affichée sur l'emballage. L'eau de robinet Oasis nord présente toujours le taux le plus élevé et celle d'Aflou s'approche des taux des eaux minérales embouteillées. L'eau Zamzam a un taux de 201.3 mg/l.

Ces taux semblent être dans les normes de l'OMS de 400 mg/l

Cet élément donne un goût désagréable aux eaux de consommation et les rendent corrosives vis-à-vis des conduites et accélère la corrosion du fer surtout si sa teneur dépasse 300mg/l. Il est aussi nocif pour la végétation (Rodier et *al*, 2005).

Conclusion

Conclusion

L'eau est l'élément le plus important pour l'organisme humain. Même pour les eaux considérées comme « potables », les caractéristiques physico-chimiques diffèrent d'une eau à l'autre selon le sol, le milieu, l'hydraulique du réseau de distribution, ..etc.

Le choix d'une eau, pour besoin thérapeutique ou de santé, devrait être fait après consultation d'un nutritionniste. Si c'est pour des besoins de boisson quotidienne, il y a lieu de choisir l'eau la plus convenable, sur la base de critères suivants :

- ✓ De faibles teneurs en éléments indésirables : nitrates et en sulfates, et éventuellement en chlore et sodium ;
- ✓ Varier la consommation d'eau de différentes marques est important pour compenser le manque ou la carence de certains sels et oligoéléments.

Le présent travail a pour but d'évaluer la qualité physico-chimique des eaux potables (3 minérales embouteillées, 2 de distribution locale et l'eau Zamzam). Pour ce fait, des échantillons ont été prélevés et sur lesquels des analyses physico-chimiques ont été effectuées.

Toutes les eaux analysées montrent une neutralité du pH, leurs conductivités indiquent une minéralisation moyenne.

Nos résultats semblent être dans les normes fixées par l'OMS, La CEE et les normes algériennes. Par contre l'eau de robinet de la ville de Laghouat oasis nord (cité 741 logements) présente un titre hydrométrique de 633.33mg/l et qui est considéré comme supérieur à la norme : En effet, les eaux provenant de terrains calcaires ou gypseux comme la région de Laghouat peuvent avoir des duretés très élevées (Rodier et *al.*, 2005).

Aussi cette même eau présente le taux de résidu sec le plus élevé et donc en sulfates, chlorures et calcium.

La qualité physico-chimique de l'eau de distribution de Aflou ressemble beaucoup à celle des eaux minérales embouteillées, tel est le cas aussi pour l'eau Zamzam.

Pour certains paramètres, on a noté une différence de la composition en comparant nos résultats avec ce qui est noté sur l'étiquette.

Donc, il y a lieu de mettre en œuvre plus de rigueur dans la prise en charge des analyses affichées sur les emballages des eaux embouteillées afin que le consommateur soit mieux rassuré.

Une analyse des eaux de distribution de la ville de Laghouat est recommandée surtout pour rassurer le consommateur.

Références
Bibliographiques

Références bibliographique :

- Ali abbou S. et Benmlouka M.. 2014. Caractéristique physico-chimiques des eaux embouteillées algérienne et vérification d'étiquetage. Mémoire de fin d'étude de master : Université d'Oran.
- Benamar N, Mouadhi N, Benamar A . 2011, Etude de la biodiversité et de la pollution dans les canaux de l'Ouest algérien : le cas de l'oued Cheliff. Colloque international. Usages écologiques, économiques et sociaux de l'eau agricole en méditerranée : quels enjeux pour quels services, Université de Provence, Marseille, 20-21 Janvier 2011 ,P6.
- Bernard J.. 1989. Mémento technique de l'eau, Edition. Paris-France
- Boeglin J.C ., 2000. Contrôle des eaux douces et de consommation humaine. Ed Techniques de l'ingénieur. 24p.
- Boeglin J.C ., 2008. Contrôle des eaux douces et de consommation humaine. Ed Techniques de l'ingénieur.
- Bonnin J.. 1982. Aide mémoire d'hydraulique urbaine. Edition. Eyrolles. P : 23-24- 27-32-33.
- Bontoux J., 1983. Introduction à l'étude des eaux douces, Cebedoc. Belgique.
- Boucheckima .B Bernade.G, Ouahes .R,Diboun .. 2000M ,Etude théorique et application pratique du distillateur solaire à film capillaire ,Int .J. Therm..Sci. 39, 442,459.
- Bouchenga S, Lahreche A. 2006, mémoire de fin d'étude : Etude la qualité microbiologique des eaux de puits, Zone urbaine et agricole (Ghardaïa).
- Cardot C., 1999. Les traitements de l'eau: procédés physico-chimiques et biologiques, cours et problèmes résolus: génie de l'environnement. Edition Elipses.71p.
- Charebb yssaad I. Gestion intégrée et économie de l'eau. Licence : Réseaux hydrauliques. Université de Tlemcen.
- Chaussee K, Phaneuf D,Levallois P .,2003,Nitrates /Nitrites-Fiche synthésseur l'eau potable et la santé humaine. Groupe scientifique sur l'eau, Institut national de santé publique du Québec, P64.
- Cordonnier J et Berne F, 1991, traitement des eaux Paris.
- Dégrément, 1989. Memento technique de l'eau. Ed. Lavoisier, Paris, Tome 1, 581p.

- Degremont G.. 2005. Mémento technique de l'eau. Tome 1, 10eme édition : Tec et doc. P: 3- 38.
- Desjardins R. 1990, Le traitement des eaux, Technique et Documentation, Edit2. Canada.
- Direction générale de la Santé. 2005. Dossier d'information : Ministère de la Santé et des Solidarités. République française.
- Document de l'ANRH. Rapport technique : les forages.
- Duval C. 1971. L'eau. 2^{ème} édition.
- El Haik N.. 1989. Pollution et traitement des eaux : copie en arabe. 63p.
- Fiche ressources N3-les différentes étapes de traitement de l'eau : http://colleges.planete-tp.com/IMG/pdf/fiche_ressource_n03_cle889a33.pdf
- Figarella J., Leyra G .. 2000. Analyse des eaux : Aspects réglementaires et Techniques .Ed Scérén CRDP d'aquitaine. Paris. 217p.
- Gartet A., Gartet J., Conesa G 2001.Hydrochimie des eaux ,dissolution spécifique et salinité des cours d'eau dans le bassin de l'oued L'ébéne (Périm central,maroc).Papeles de Geografia , Revue de l'université de Murcia,Vol34 :143-161.
- Ghedda K, 2005, Qualité, pollution, vulnérabilité et protection des ressources en eau. ONEP.DCE, p98-101.
- Gilli E, Mangan C MurdyJ.2004, hydrogéologie : objets, méthodes, application. Edition DUNOD, Paris, P310.
- Hamki A. 2006. Traitement de l'eau de source Bousfer : Mémoire . Université d'Oran.
- Hevrey M. et Hems J. 1986. Aquarium d'eau douce. Office des publication universitaires. Alger.
- Journal officiel de la republique algerienne. 2006. n° 27 , 26 avril 2006. pp : 10-11.
- Journal officiel de la republique algerienne. 2004. n° 45du 18 Juillet 2004, Alger, pp : 9-10.
- Journal officiel de la republique algerienne. 2000. Alger.

- Kattèb A.. 2001. Les ressources en eau en Algérie : stratégie, enjeux et vision, Désalination, 136 p.
- Khirani S.. 2007. Procédés hydrique associant a la filtration membranaire et l'absorption : Thèse de Doctorat. Institut National des sciences appliquées de Toulouse. France.
- Ladjel S .. 2009. Contrôle des paramètres physico- chimiques et bactériologiques d'une eau de consommation : Les cahiers techniques du stage T 7 . Centre de formation en métiers de l'eau, Tizi Ouzou. Algérie. 101p.
- Larbi A. et Belarroussi F.. 2007. Suivi de qualité des eaux de distribution de la wilaya d'Oran, aperçu sur l'état de santé des eaux souterraines. Mémoire d'ingénieur : département de chimie . UST-Oran.
- Margat J.. 1992. L'eau dans le bassin méditerranéen. Situation et perspective. Edition: Harmattan.
- Masmoudi R.. 2009, Etude de la fiabilité des systèmes de distribution d'eau potable. Cas de la région de Biskra : Thèse de doctorat en sciences en hydraulique,.
- Michelle et Dominique. 1994. Dictionnaire des constantes physique et biologique. édition maloine. 99p.
- Mizi A. 2006. Traitement des eaux de rejets d'une raffinerie des corps gras région de Bejaia et valorisation de déchets oléicoles. Thèse de doctorat d'état : université d'Annaba, Algérie. pp 26-27.
- Moll. 1990. circulations in the western méditerranéens ; oceanologica acta (2).pp : 134-149.
- Montiel A et duguet J.P. 2000. Analyses et norme de qualité des eaux destinées à la consommation humaine .
- Montiel A.. 1999. Contrôle de la pollution de l'eau .Ed .Techniques de l'ingénieur, 62p.
- Nouayti N., Khattach D., Hilali M.. 2015. Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux souterraines des nappes du Jurassique du haut bassin de Ziz (Haut Atlas central, Maroc) Assessment of physico-chemical quality of ground water of the Jurassic aquifers in high basin of Ziz (Central High Atlas, Morocco).

- Organisation mondiale de la santé. 2004. Nitrates et nitrites in directive de la qualité pour les eaux de boisson : volume2 : critères d'hygiène et documentation a l'appui Organisation mondiale de la santé. Genève.
- Organisation mondiale de la santé. 2004. Liens entre l'eau, l'assainissement, l'hygiène et la santé faits et chiffres. Genève.
- Oumou Samba G. 2012. Thèse de doctorat.
- Pulim. 1991. L'eau et la santé en Afrique tropicale. Colloque pluridisciplinaire géographique. Médecine limoges. 2 octobre 1991.
- Philpe Hartemann et Manfred Moll. 1992. Les eaux conditionnées. Deborah Tompo.France.
- Rejsek F.1994 .Analyse des eaux Aspects réglementaires et techniques. Édition CRDP. Paris.
- Rejesk F. 2002. Analyse des eaux Aspects réglementaires et techniques. Édition CRDP. Paris.
- Retiel, N, F.Abdessemed et M .Bettahar .. 2008. Etude expérimentale d'un distillateur solaire plan amélioré. Revue des Energies Renouvelables, Vol.11, n°4, pp 635-642.
- Rodier J. 1984. L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. Edition Dunod. Paris.
- Rodier J., 1996. L'analyse de l'eau naturelle, eaux résiduaires, eau de mer, 8ème Edition, Dunod, Paris, 1383 p.
- Rodier J., 2005. L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 8eme édition: Dunod, Paris.
- Rodier J., 2009. L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 9eme édition: Dunod, Paris.
- Sadi, A.. 2000. Le Dessalement Solaire – Considération Techniques. Revue des Energies Renouvelables, Chemss, pp 91-97.
- Savary P.. 2003. Guide des analyses de la qualité de l'eau, Ed. Techni. France.

- Shiltona A.N., Elmetria I., Drizob A. , Pratta S. , Haverkampa R.G. et Bilbyc S.C.. 2006. Phosphorus removal by an ‘active’ slag filter—a decade of full scale experience. *Water research*, Vol 40. pp 113– 118.
- Vilagines R.. 2000. *Eau, environnement et santé publique*, éd. médicales nationales, Londres – Paris – New York. 174p.
- Vilagines R.. 2003. *Eau, environnement et santé publique. Introduction à l’hydrologie*. 2eme Edition ec et Doc. Paris. 187p.

Annexes

Annexe 01 : Normes algériennes de potabilité

Paramètres	Valeurs	Unités
Paramètres organoleptiques		
couleur	25	mg/1 pt-Co
Odeur	Doit être acceptable	Taux de dilution
Turbidité	1-2	NTU
Saveur	Doit être acceptable	Taux de dilution
Paramètres physico-chimiques		
température	25	°C
pH	6.5 -8.5	-
conductivité	2800	µs/cm
Résidu sec (110)	2000	mg/1
calcium	75 -200	mg/1
Magnésium	150	mg/1
sodium	200	mg/1
potassium	20	mg/1
chlorure	200-500	mg/1
sulfates	200 -400	mg/
Co ₃ ⁻ -co ₃ H ⁻	-	-
aluminium	0.5	mg/1
Substances indésirables		
Nitrates	50	mg/1
Nitrites	0.1	mg/1
Ammonium	0.05-0.5	mg/1
Phosphates	0.5	mg/1
Ox.kMnO ₄ (acide)(MO)	3.5	mg/1
Bore	0.3	mg/1
Fer	0.3	mg/1
Cuivre	0.05-1.5	mg/1
Zinc	1 -5	mg/1
manganèse	0.5	mg/1
Paramètres	Valeurs	Unités
Substances indésirables		
Baryum	0.7	mg/1
Phénols	-	-
Fluorure	0.8-2	mg/1
Agent	-	-
Carbone Organique total	-	-
Azote	2	mg/1
Substances Toxiques		
Arsenic	0.05	mg/1
Cadmium	0.01	mg/1
Cyanure	0.05	mg/1
Mercure	0.001	mg/1

Plomb	0.05	mg/l
Chrome	0.05	mg/l
Nickel	0.02	mg/l
Antimoine	0.005	mg/l
Sélénium	0.01	mg/l
Epichlorhydrine	-	µg/l
1.2-dichloroéthane	30	µg/l
Tétrachloroéthylène	40	µg/l
Benzo(a)pyrène	0.7	µg/l
Benzène	-	µg/l
Tétrachlorure de carbone	2	µg/l
Chlorure de vinyle	5	
Paramètres microbiologique		
Coliformes totaux	0	N/100ml
Streptocoque fécaux	0	N/100ml
Coliformes thermo tolérants	0	N/100ml
E-coli	0	N/100ml



عنوان المذكرة : مقارنة بعض الخصائص الفيزيو-كيميائية لمياه زمزم و مياه شرب جزائرية

المؤطر: لونيبي عطية ص.

الإسم: صورية

اللقب: تلي

ملخص

تتطرق هذه المذكرة لدراسة بعض خصائص النوعية الفيزيو-كيميائية لبعض مياه الشرب : ثلاث مياه معدنية معبأة هي قديلة (بسكرة)، لالا خديجة (جرجرة) و ميلق (الأغواط). مياه الحنفية الواحات الشمالية (حي 741 سكن)، و أفلو (وسط المدينة). ومياه زمزم من المملكة العربية السعودية. استخدمنا أساليب موحدة تستخدمها مختبرات الجزائرية للمياه الأغواط. تمت مقارنة نتائجنا مع منظمة الصحة العالمية، المنظمة الاوربية والمعايير الجزائرية. وأظهرت الدراسة أن جميع المياه تبدو ضمن معايير مياه الشرب باستثناء مياه توزيع الواحة الشمالية ذات الصلابة العالية وتتجاوز معايير مياه الشرب. وبالإضافة إلى ذلك هو الماء الذي يحتوي على أعلى النسب من الكالسيوم والكبريتات وكلوريد. تتميز مياه الصنوبر في أفلو بخصائص مماثلة للمياه المعدنية المعبأة في زجاجات ومياه زمزم مع بعض الاختلافات.

كلمات مفتاحية: الماء، الخصائص الفيزيو-كيميائية، المياه الموزعة، المياه المعدنية، زمزم، مياه الشرب.

Memory title : COMPARISON OF CERTAIN PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERISTICS OF WATER ZAMZAM AND OTHER ALGERIAN DRINKING WATERS

Name : Telli

First name : Soraya

Directed by : Lounici-Attia S.

Abstract

This memory study some of the physical-chemical properties of some drinking water : three bottled mineral waters Guedila (Biskra), Lala Khedidja (Djurdjura) and Milok (Laghouat). Water distribution (North oasis: city 741 habit.) and one of Aflou (city center). And Zamzam water from Saudi Arabia.

We have used standardized methods used by the Algerian Water Laboratories of Laghouat. Our results were compared with WHO, CEE and Algerian standards.

The study showed that all water appears to be among the potable water standards, except for the distribution of the oasis north wich have a high rigidity and exceeding the standards of drinking water. In addition it is the water that contains the most calcium, sulfate and chloride.

The water from Aflou has similar characteristics of bottled mineral water and Zamzam water with some variations.

Key words: water, physical-chemical properties, water distribution, mineral water, Zamzam, potable water.

Titre du mémoire : COMPARAISON DE CERTAINES CARACTÉRISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DE L'EAU ZAMZAM ET D'AUTRES EAUX POTABLES ALGÉRIENNES

Nom: Telli

Prénom: Soraya

Encadreur: Lounici-Attia S.

Résumé

Ce mémoire étudie certaines caractéristiques de la qualité physico-chimique de quelques eaux potables : trois eaux minérales embouteillée à savoir Guedila (Biskra), Lala khedidja (Djurdjura) et Milok (Laghouat) ; deux eaux de distribution une de la ville de Laghouat (oasis nord : cité 741 logts.) et une de Aflou (centre ville) ; et l'eau Zamzam de l'Arabie Saoudite.

Nous avons utilisé des méthodes normalisées et utilisées par les laboratoires de l'Algérienne des eaux de Laghouat. Nos résultats ont été comparés aux normes de l'OMS, CEE et les normes algériennes.

L'étude a démontré que toutes les eaux semblent être dans les normes de potabilité sauf l'eau de distribution des oasis nord qui présente une dureté élevée et supérieure aux normes de potabilité. En outre c'est l'eau qui contient le plus de calcium, de sulfates et de chlorure.

L'eau de robinet de Aflou a des caractéristiques semblables à celles des eaux minérales embouteillée et l'eau Zamzam avec quelques différences.

Mots clés : Eau, Caractéristiques physico-chimiques, Eau de distribution, Eau minérales, Zamzam, potabilité.

Le résumé doit être rédigé en deux langues différentes au moins