

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la recherche
Scientifique
جامعة الجيلالي بونعامة خميس مليانة عين الدفلى
Université Djilali Bounaâma de Khemis Miliana Ain Defla
كلية العلوم و التكنولوجيا
Faculté des Scientifiques et de la Technologie
قسم علوم المادة
Département des Sciences de la Matière



Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention d'un diplôme de Master en Chimie

Option : Chimie Pharmaceutique

Thème

*Qualité physico-chimique et bactériologique des
eaux de puits dans la région Ain Defla*

Présentée par :

*M^{lle}. Kallech Mannel
M^{lle}. Dahmane Hamida*

Devant Membre du Jury :

Encadreur	Mr Hamidi .M	Dr	UDBKM
Examinatrice 1	Mme A. Itatahine	Dr	UDBKM
Examinatrice 2	Mme F.Z. Halaimi	Dr	UDBKM

Année Universitaire : 2019/2020

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciements

Un grand merci, un petit merci, peu importe sa taille il n'a pas de dimension. . . . c'est un petit mot tout simple mais qui pèse lourd quand il vient du fond du cœur

Avant tout, nous remercions le bon Dieu qui nous a illuminé notre chemin et qui nous a donné le courage et la bonne volonté pour réaliser ce travail et qu'il nous accompagne toujours durant tout notre cursus Universitaire.

Nous remercions vivement notre promoteur Mr. Hamidi Moussa pour nous avoir encadré, suivi et encouragé tout au long de ce travail.

Nos remerciements vont également aux membres du jury pour le temps consacré à lire et à évaluer ce travail.

Enfin nous adressons nos remerciements sincères à tout le système éducatif de l'Université de Djilali Bounaâma Khemis-Miliana, Wilaya d'Ain Defla.

Nos vifs remerciements à tous nos enseignants de la faculté des sciences et de la technologie qui ont contribué notre formation, et en particulier aux enseignants de notre département des Sciences de la Matière.

Dédicace

Je dédie ce travail

A mes chers parents

❖ *Mon père « Mourad » : pour l'encouragement et le sacrifice opéré pour ma réussite.*

❖ *Ma mère « Ghalia » : pour toutes les prières et les paroles de bénédiction, le soutien que tu m'as apporté durant les moments difficiles que j'ai traversée tout au long de ma vie.*

❖ *Ma deuxième mère « Meriem » : pour m'avoir constamment soutenu moralement et m'encouragé à aller de l'avant, face aux difficultés rencontrées.*

Que Dieu leur accorde une longue vie

A

❖ *Mon cher frère « Mohamed »*

❖ *Ma chère sœur « Ferial »*

❖ *Mes chères cousines « Radia » et « Lamia »*

❖ *Ma collègue : « Hamida »*

Pour le soutien que vous m'aviez apporté chacun à sa manière.

❖ *A ma famille.*

❖ *A mes meilleurs amis.*

❖ *A tous mes collègues de la promotion 2019/2020.*

❖ *Merci à tout(e)s ceux qui me sont chers et qui ont contribué notre formation*

« Mannel »

Dédicace

Grace à dieu tout puissant, je dédie ce modeste travail en signe de reconnaissance et de respect

❖ *A mes chers parents qui m'ont donné de l'amour et du courage, ils m'ont encouragé et soutenu moralement financièrement afin que je puisse achever mon cycle d'études. Mes chers et irremplaçables*

❖ *A mes chers frères : Mohamed et Abederhamen*

❖ *A mes très chers sœurs : Fatima, Fatiha, Razika et Chahrazed*

❖ *A mes amies : Sanaa, Hanane, Fadhila, Farida et Fatima*

❖ *A ma copine : Mannel et sa famille*

❖ *A toutes la promotion de Chimie Pharmaceutique*

❖ *A tous nos enseignants*

❖ *Merci à tout(e)s ceux qui me sont chers et qui ont contribué notre formation*

« Hamida »

Résumé

Résumé

Une eau dite potable lorsqu'elle répond aux critères suivants : fraîche, limpide, inodore incolore, suffisamment aérée et légèrement minéralisée avec une absence totale de germes et de substance toxique additionnée au goût agréable. L'étude réalisée a pour but une synthèse bibliographique sur la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de la région d'Ain defla. Cette étude a porté sur la comparaison des résultats d'analyse des eaux de huit (08) sources de la région d'étude. Selon [Mr Ousseini Daouda Boubacar et M^{elle} Sanoussi. Ali hadjia Fatna.], les analyses physico chimiques et bactériologiques des eaux échantillonnées ont montré que la qualité de ces eaux, variée d'une station à une autre et que la teneur en Potassium dans certaines sources dans la région d'Ain defla telle que la source d'Ain karma et celle d'Ain Moubaraka, dépasse un peu plus les normes, mais dans l'ensemble ces eaux sont acceptables et conformes aux normes recommandées par l'organisation mondiale de la santé (OMS). D'autre part les travaux réalisés par [M^{elle} Ben Chahba Hayat et M^{elle} Ben Hannour Naima.], ont montré que les eaux de la zone de Miliana se caractérisent par une teneur en Ammonium [NH⁺ 4] très élevée telle que la source de Darri, dépasse un peu plus les normes, avec une alcalinité très importante , mais dans l'ensemble ces eaux sont acceptables et conformes aux normes recommandées par l'organisation mondiale de la santé (OMS), Concernant les paramètres bactériologiques, il a été remarqué que 50% des sources de secteur d'Ain defla étudiées sont partiellement contaminés et qui sont "M'Zentout", "Ain Moubaraka" et "Ain El Hidjel" aussi la source de "Darri" appartenant à Miliana où il a été constaté des anomalies mais qui ne sont pas dangereux. En conclusion les échantillons d'eau des sources étudiées répondent aux normes de qualité physico-chimique et bactériologique exigées par l'organisation mondiale de la santé (OMS) La surveillance et le contrôle de ces eaux demeure une tâche d'ordre primordial pour la santé publique et les risques environnementaux.

Mots clés : Eau, source, Qualité, Physico-chimique, Bactériologique, Ain defla.

ملخص

نقول عن ماء أنه صالح لشرب إذا توفرت فيه الخصائص التالية منعش ، صاف ، دون رائحة بدون لون مهوى كفاية ، قليل التمعدن مع غياب الجراثيم و المواد السامة. الغرض من هذه الدراسة و هو تقييم الجودة الفيزيوكيميائية و البكتريولوجية (الجرثومية) لمياه منطقة عين الدفلى وذلك من خلال مقارنة نتائج تحاليل أجريت على ثمانية مياه ثمانية (8) ينابيع متواجدة بالمنطقة. أظهرت نتائج التحاليل الفيزيوكيميائية و البكتريولوجية التي قام بها كل من [السيد اوسيني داود ابوبكر و الأنسة سنوسي فتنه حاجيه] أن عينات ينابيع منطقة عين الدفلى متفاوتة من محطة لأخرى، فقد وجد أن محتوى البوتاسيوم في بعض الينابيع كمثل عن ذلك محطتي "عين الكرمة" و "عين المباركة"، يتجاوز المعايير بقليل، ولكن بشكل عام من حيث الجودة الفيزيوكيميائية لهذه المياه فإنها مقبولة وتتماشى مع المعايير التي أوصت بها منظمة الصحة العالمية. وفيما يتعلق المقادير أو العناصر البكتريولوجية، فقد لوحظ أن 50 ٪ من الينابيع التي تم دراستها ملوثة جزئياً وهي ينابيع "مزنتوت" و"عين المباركة" و"عين الحجل". في الختام، إن عينات المياه الينابيع المدروسة ذات معايير جودة الفيزيو-كيميائية البكتريولوجية مقبولة حسب المعايير المطلوبة من قبل منظمة الصحة العالمية. يظل رصد هذه المياه و السيطرة عليها مهمة ضرورية للحفاظ على الصحة العامة وتجنب مخاطر البيئة. من ناحية أخرى ، أظهر العمل الذي قام به كل من [الأنسة بن شهبه حياة والأنسة بن حنور نعيمة.] أن مياه منطقة مليانة تتميز بنسبة عالية جداً من محتوى الأيونيوم كمثل ينبوع "داري" الذي يتجاوز المعايير أكثر من ذلك بقليل ، مع نسبة ملوحة مهمة للغاية ، ولكن بشكل عام هذه المياه مقبولة وتتوافق مع المعايير التي أوصت بها منظمة الصحة العالمية (WHO) ، ، فيما يتعلق بالمعايير البكتريولوجية ، فقد تم لاحظت أن 50٪ من مصادر منطقة عين الدفلى التي تمت دراستها ملوثة جزئياً وهي "مزنتوت" و "عين مباركة" و "عين الحجل" كما أن ينبوع "داري" التابع لمليانة حيث تم العثور على نسبة قليلة من البقايا ولكنها ليست خطيرة .

في الختام، إن عينات المياه الينابيع المدروسة ذات معايير جودة الفيزيو-كيميائية البكتريولوجية مقبولة حسب المعايير المطلوبة من قبل منظمة الصحة العالمية. يظل رصد هذه المياه و السيطرة عليها مهمة ضرورية للحفاظ على الصحة العامة وتجنب مخاطر البيئة.

الكلمات

المفتاحية: المياه، الينابيع، النوعية، الفيزيو-الكيميائية، البكتريولوجية ، المعايير، عين الدفلى.

Abstract

We say about water that it is safe to drink if the following characteristics are available: refreshing, pure, without odor, without Color, aerated enough mineralization with absence of germs and toxics. The purpose of the study is to provide a bibliographic synthesis on the physic-chemical and bacteriological quality of the waters of the Ain defla region. This study focused on the comparison of water analysis results from eight (08) sources in the study area. According to [Mr Ousseini Daouda Boubacar and M_{iss} Sanoussi. Ali hadjia Fatna.], The physic-chemical and bacteriological analyzes of the sampled waters showed that the quality of these waters varied from one station to another and that the Potassium content in certain sources in the Ain defla region such as the source of "Ain karma" and that of "Ain Mubaraka", exceed the standards a little more, but on the whole these waters are acceptable and conform to the standards recommended by the World Health Organization (WHO). On the other hand, the work carried out by [M_{iss} Ben Chahba Hayat and M_{iss} Ben Hannour Naima.], Showed that the waters of the Miliana zone are characterized by a very high Ammonium [NH + 4] content such as the source of "Darri", exceeds the standards a little more, with a very important alkalinity, but on the whole these waters are acceptable and comply with the standards recommended by the World Health Organization (WHO), Concerning the bacteriological parameters, it has been noticed that 50% of the sources of Ain defla sector studied are partially contaminated and which are "M'Zentout", "Ain Moubaraka" and "Ain El Hidjel" also the source of "Darri" belonging to Miliana where it was found abnormalities but which are not dangerous.

In conclusion, the water samples from the sources studied meet the physic-chemical and bacteriological quality standards required by the World Health Organization (WHO) the monitoring and control of these waters remains a task of paramount order for health public and environmental risks.

Key words: *Water, source, Quality, Physicochemical, Bacteriological, Ain defla.*

La liste des tableaux

Chapitre I

Tableau I.1: Principales différence entre eaux de surface et eaux souterraines	6
---	----------

Chapitre II

Tableau II.1 : Classes de turbidités usuelles (NTU, néphélocimétrie turbidity unity)	10
Tableau II.2 : Facteurs organoleptiques	10
Tableau II.3: Classification des eaux d'après leur PH.	11
Tableau II.4: Qualité de l'eau en fonction de la conductivité électrique	12
Tableau II.5 : Relation entre la minéralisation et de la conductivité électrique	13
Tableaux II.6 : Relation entre dureté de l'eau et concentration équivalente en CaCO ₃	15
Tableau II.7 : Normes des paramètres organoleptiques d'une eau potable	21
Tableau II.8: Norme des paramètres physico-chimiques d'une eau potable	21
Tableau II.9: Normes et recommandation pour la qualité bactériologique de l'eau potable (OMS, 2006)	22
Tableau II.10: Normes des substances indésirables d'une eau potable	22
Tableau II.11: Norme des paramètres de pollution d'une eau potable	22
Tableau II.12: Normes des substances toxiques d'une eau potable	23
Tableau II.13 : Grille normative pour estimer la qualité de l'eau en Algérie (2011)	24

Chapitre III

Tableau III.1 : Techniques et types d'appareillage de mesure des différents paramètres d'eau	32
---	-----------

Chapitre VI

Tableau IV.1 : Valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques étudiés	40
Tableau IV.2 : Résultats bactériologiques des échantillons comparés avec les (Normes d'OMS et Norme Algérienne de potabilité de l'eau)	54

La liste des figures

Chapitre I

Figure I.1: structure de la molécule d'eau	2
Figure I.2 : Molécules d'eau à l'état vapeur	3
Figure I.3 : Molécules d'eau à l'état solide	3
Figure I.4 : Molécules d'eau à l'état liquide	3
Figure I.5 : représentation schématique du cycle de l'eau global.	4
Figure I.6 : Changements d'état de l'eau	4

Chapitre II

Figure II.1 : Coliformes totaux	18
Figure II.2 : Coliformes fécaux.	19
Figure II.3 : Les streptocoques fécaux	19
Figure II.4: Les Clostridium sulfito-réducteurs (CSR)	20
Figure II.5: Escherichia coli	20

Chapitre VI

Figure IV.1 : Réseau hydrographique de la Plaine de Khemis Miliana	36
Figure IV.2: Evaluation de PH des échantillons	41
Figure IV.3: Evaluation de la température (T °C) des échantillons étudiés	42
Figure IV.4 : Evaluation de la conductivité des échantillons étudiés	43
Figure IV.5 : Evaluation de la turbidité des échantillons étudiés	44
Figure IV.6 : Evaluation de la Titre Alcalimétrique TA des échantillons étudiés	45
Figure IV.7: Evaluation de la Titre Alcalimétrique Complete TAC dans nos échantillons étudiés	45
Figure IV.8 : Evaluation de la dureté de l'eau (TH) des échantillons étudiés	46
Figure IV.9 : Evaluation de la concentration de Calcium des échantillons étudiés	47
Figure IV.10 : Evaluation de la concentration de Magnésium des échantillons étudiés	48
Figure IV.11 : Evaluation de la concentration de chlorure (Cl ⁻) des échantillons étudiés	49
Figure IV.12 : Evaluation de la concentration de Bicarbonate (HCO ₃ ⁻) des échantillons étudiés	50

Figure IV.13 : Evaluation de la concentration d'Ammonium (NH_4^+) des échantillons étudiés **51**

Figure IV.14 : Evaluation de la concentration de Potassium (K^+) des échantillons étudiés **52**

Figure IV.15 : Evaluation de la concentration de sodium [Na^+] dans les échantillons étudiés **53**

Liste des abréviations

ADE : Algérien des eaux.

°C : Degré Celsius.

COD : Conductivité.

Cm² : Centimètre carré, **Cm** : Centimètre.

DBO5 : Demande Biochimique en Oxygène.

Ech : Echantillon.

E. Coli : Escherichia coli.

EDTA : Ethylène diamine tétra acétique.

F° : Degré français.

G/1ml : Germe par 1 millilitre.

Km : Kilomètre, **Km²** : Kilomètre carré.

MES : Matière en suspension.

mg/l : Milligramme par litre.

ml : Millilitre.

NA : Normes Algériennes.

NTU : Unité turbidité Néphélométrie.

OMS : organisation mondiale de la santé.

PH : Potentiel hydrogène.

RS : Résidu Sec.

TA : Titre Alcalimétrique.

TAC : Titre Alcalimétrique complet.

TH : Titre hydrométrique (Dureté Totale).

us /Cm : Micro-siémen par centimètre.

Table des Matières

Remerciements

Dédicace

Résumé

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Introduction générale	01
Chapitre I : Généralités sur l'eau	
I.1. Introduction	02
I.2. La molécule d'eau	02
I.2.1. Composition de la molécule d'eau	02
I.2.2. Etats physiques de l'eau	02
➤ L'état vapeur	03
➤ L'état solide	03
➤ L'état liquide	03
I.3. Cycle de l'eau dans la nature	04
I.3.1. Le cycle d'eau	04
I.3.2. Les changements d'état de l'eau	05
I.3.2.1. De l'état liquide à l'état gazeux	05
I.3.2.2. De l'état solide à l'état liquide	05
I.3.2.3. De l'état solide à l'état gazeux	05
I.4. Ressources hydriques	06
I.4.1. Les eaux de surface	06
I.4.2. Les eaux souterraine	06

Chapitre II : L'eau potable et normes de potabilité

II.1. Introduction	07
II.2.Eau potable	07
II.2.1. Les sources des eaux potables	07
II.2.2. Propriété de potabilité	08
II.2.3. Critères de l'eau potable	08
II.3. Les critères de qualité de l'eau	09
II.3.1. Critère organoleptique	09
II.3.1.1. La couleur	09
II.3.1.2. L'odeur	10
II.3.1.3. Saveur	11
II.3.1.4. Turbidité (La transparence)	11
II.3.2. Critères physico-chimiques	12
II.3.2.1. Critères physique	12
II.3.2.1.1. La température(T)	12
II.3.2.1.2. Le potentiel (PH)	12
II.3.2.1.3. Conductivité électrique	13
II.3.2.1.4.Résistivité électrique	13
II.3.2.1.6. Résidu sec(RS)	14
II.3.2.1.7. Minéralisation globale	14
II.3.2.1.8. Oxygène dissous	15
II.3.2.2.Critères chimiques	15
II.3.2.2.1. Dureté totale ou titre hydrotimétrique (TH)	15
II.3.2.2.2. Alcalinité (TA- TAC)	16
II.3.2.2.3. Matières en suspension	16
II.3.2.2.4. Salinité	16
II.3.2.2.5. Ions majeurs	17
A/- Les cations	

➤ Ions calcium « Ca^{2+} »	17
➤ Ions Magnésium« Mg^{2+} »	17
➤ Ions de Sodium « Na^+ »	17
➤ Ions de Potassium « K^+ »	17
B/- Les anions	17
➤ Ions Chlorures « Cl^- »	17
➤ Ions Sulfates « SO_4^{-2} »	17
➤ Ions nitrates « NO_3^- » et nitrites « NO_2^- »	18
	18
II.3.2.2.6. Demande biochimique en oxygène (DBO_5)	18
II.3.3 .Critères bactériologiques	19
II.3.3.1. Les germes totaux	19
II.3.3.2. Les coliformes	19
II.3.3.3. Les streptocoques fécaux	20
II.3.3.4. Les Clostridium sulfito-réducteurs (CSR)	21
II.3.3.5. Escherichia coli	21
II.4. Normes de potabilité d'une eau	22
II.4.1. Normes relatives à la potabilité organoleptiques de l'eau	22
II.4.2. Normes relatives à la potabilité physique et chimique de l'eau	23
II.4.3. Les normes relatives à la potabilité bactériologique de l'eau	24
II.4.4. Normes des substances indésirables d'une eau potable	24
II.4.5. Norme des paramètres de pollution d'une eau potable	25
II.4.6. Normes des substances toxiques d'une eau potable	25
II.4.2. Les normes algériennes de potabilité	26
II.5. Conclusion	26
Chapitre III : Techniques de caractérisation des eaux	
III.1. Introduction	27
III.2. Propriétés de l'eau	27

III.2.1. Propriétés Physico-chimiques	27
III.2.1.1. Propriétés chimiques	27
III.2.1.1.1. Une molécule à part	27
III.2.1.1.2. Une molécule particulièrement stable	28
III.2.1.1.3. Un liquide mobile	28
III.2.1.1.3. Un formidable solvant	28
III.2.1.1.4. Le support du pH	28
III.2.1.2. Propriétés physiques	28
III.2.1.2.1. Le principe « d'Archimède »	28
III.2.1.2.2. Le principe de « Pascal »	29
III.2.1.2.3. Une chaleur spécifique élevée	29
III.2.1.2.4. Une chaleur latente de fusion et de vaporisation élevées	29
III.2.1.2.5. Des variations de densité importantes	29
III.2.1.2.6. Une transparence, certes, mais seulement dans le spectre visible	30
III.2.2.1. L'eau un fournisseur d'énergie	30
III.2.2.2. Les variations de température de l'eau	30
III.2.2.3. L'eau un très bon conducteur	31
III.2.3. Propriétés biologiques de l'eau	31
III.3. Techniques de caractérisation d'une eau	31
III.3.1. Techniques d'échantillonnage et prélèvement	31
➤ Prélèvement instantané	32
➤ Prélèvement composite	32
➤ Prélèvement avec concentration	32
III.3.2. Technique de Mesures des paramètres	32
➤ Mesures sur site	32
➤ Méthodes potentiométriques	33
➤ Méthodes volumétriques	34
➤ Méthodes colorimétriques	

	34
III.3.3. Techniques Spectrophotométrique	34
➤ Spectrophotométrie d'absorption moléculaire	34
➤ Spectrophotométrie d'absorption UV et IR	34
III.3.4. Techniques Chromatographiques	35
➤ Spectrométrie de masse (SM)	35
III.3.5. Technique Polarographique	35
III.3.6. Technique de Fluorescence	35
III.4. Conclusion	35

Chapitre IV : Travaux antérieurs sur les eaux de la région d'Ain Defla

IV.1. Introduction	36
IV.2. Présentation du secteur d'étude	36
IV.2.1.1. Sur le plan régional	36
IV.2.1.2. Sur le plan local	36
IV.2.2. Cadre géologique	37
IV.2.3. Réseaux Hydrographique	37
IV.3. Méthodes Analytiques	37
IV.3.1. Echantillonnage et prélèvement	38
IV.3.2. L'Analyse	38
IV.3.2.1. Analyses physico-chimiques	38
IV.3.2.1.1. Analyse physique	38
➤ Mesure du pH	39
➤ Mesure de Température	39
➤ Mesure de Conductivité	39
➤ Mesure de Turbidité	39

➤ Dureté Totale	39
IV.3.2.1.2. Analyse chimique	40
IV.3.2.2. Analyses microbiologiques	40
IV.4. Résultats et Comparaison	40
IV.4.1. Résultats des analyses physico-chimiques	40
IV.4.1.1. Résultats des Paramètres Physiques	41
IV.4.1.1.1. Le PH	41
IV.4.1.1.2. Température	42
IV.4.1.1.3. Conductivité électrique	43
IV.4.1.1.4. Turbidité	44
IV.4.1.2. Paramètres chimiques	45
IV.4.1.2.1. Titre Alcalimétrique (TA)	46
IV.4.1.2.2. Titre Alcalimétrique complet (TAC)	47
IV.4.1.2.3. Titre Hydrométrique (Dureté Totale)	47
IV.4.1.2.4. Calcium et Magnésium	48
➤ Calcium [Ca ²⁺]	49
➤ Magnésium [Mg ²⁺]	50
IV.4.2.5. Chlorure (Cl ⁻)	50
IV.4.2.6. Bicarbonate (HCO ₃ ⁻)	51
IV.4.2.7. Ammonium (NH ₄ ⁺)	51
IV.4.2.8. Potassium (K ⁺)	51
IV.4.2.9. Sodium (Na ⁺)	52
IV.4.2. Résultats des analyses bactériologiques	52
IV.4.2.1. L'analyse bactériologique des Germes Totaux à (37 °C)	53
IV.4.2.2. L'analyse bactériologique des coliformes totaux	54
IV.4.2.3. L'analyse bactériologique des Les coliformes fécaux ou E. coli	54
IV.4.2.4. L'analyse bactériologique des Streptocoques Fécaux	56

IV.4.2.5. L'analyse bactériologique des Clostridium sulfito- réducteur	56
Conclusion générale	56
Références bibliographiques	

Introduction Générale

Introduction Générale

Introduction

L'eau constitue un élément essentiel dans la vie et dans l'activité humaine. C'est une composante majeure du monde minéral et organique (VALIRON, 1985). Elle participe à toutes les activités quotidiennes notamment, domestiques, industrielles et agricoles ce qui la rend un élément récepteur exposé à tous les genres de pollution. Elle est aussi considérée comme un transporteur potentiel de nombreuses maladies. L'altération de l'environnement naturel, notamment le milieu aquifère est devenu progressivement une préoccupation mondiale (KOMBASSERE, 2006). En Algérie, la principale source de satisfaction de la demande en eau est l'eau souterraine, du fait de son exploitation relativement facile. La croissance démographique et la modernisation de l'agriculture entraînent un problème énorme de détérioration de la qualité de cette source souterraine, souvent existante en quantité limitée. Le mécanisme de cette pollution des eaux souterraines est souvent un processus évolutif dans l'espace et dans le temps et il est difficilement maîtrisable. Le contrôle de la qualité de l'eau joue un rôle important dans la santé publique car celle-ci est susceptible d'engendrer des altérations catastrophiques sur le sol, sur l'organisme humain et même de toucher à la santé de toute une population (MOHAMMEDI, MAYOU, 2015).

Vue cette importance majeure, nous avons essayé de faire une synthèse bibliographique sur la qualité microbiologique et physico-chimique de l'eau de certaines sources de la région d'Ain defla d'après une comparaison des résultats des deux études effectuées dans le même contexte et ceci dans le but d'apprécier l'évolution de sa qualité et son impact sur l'environnement et sur la santé publique.

Nous avons structurés notre démarche en quatre chapitres interdépendants :

- ❖ Les deux premiers chapitres (I et II) rassemblent d'une part des généralités sur les eaux et d'autre part l'eau potable et les normes nationales et internationales de potabilité des eaux.

- ❖ Le troisième chapitre a été consacré à la présentation des différentes techniques de caractérisation d'une eau.

- ❖ Le quatrième chapitre a été réservé, à la discussion des différents paramètres étudiés au niveau de la région d'Ain defla et de Miliana.

Il est esquissé par une conclusion finale.

Chapitre I : Généralités sur l'eau

I.1. Introduction

L'eau un composé chimique ubiquitaire sur la terre, essentielle pour tous les organismes vivants, L'eau est la substance la plus répandue à la surface de la terre dont elle couvre plus des deux tiers. L'eau se trouve souvent en quantités abondantes et sculpte fréquemment même les terres dites sèches. Elle est toujours présente dans l'atmosphère sous forme de vapeur, même dans les climats les plus secs, elle joue un rôle important dans la répartition des êtres vivants et est indispensable pour la vie humaine, animale et végétale (Bliefert et al., 2001).

I.2. La molécule d'eau

I.2.1. Composition de la molécule d'eau

L'eau est une substance chimique, sa molécule composée de deux atomes d'hydrogène et d'un atome d'oxygène. Sa formule chimique est H_2O . Les atomes sont liés entre eux par une liaison covalente (liaison atomique).

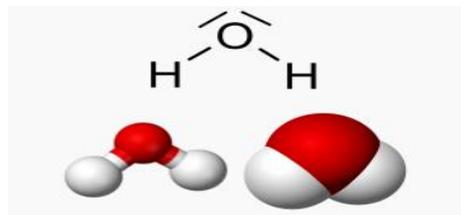


Fig I.1: structure de la molécule d'eau

I.2.2. Etats physiques de l'eau

L'eau peut se présenter sous trois états physiques ou phases : solide (glace) ; liquide (eau proprement dite) et gaz (vapeur d'eau). Avec l'action conjuguée de la chaleur (solaire) et de la pression (atmosphérique), elle change d'état. Ces changements d'états interviennent par rupture des liaisons hydrogène qui unissent les molécules d'eau entre elles (Boeglin, 1999).

Les états physiques de l'eau sont :

➤ **L'état vapeur :** L'eau est à l'état gazeux, ou état de vapeur, dès $100^{\circ} C$ à pression normale. Mais elle peut l'être aussi à température inférieure : c'est ce qui se passe au-dessus des océans lors de l'évaporation. L'état gazeux est celui du désordre maximal des

molécules : ces dernières sont tellement agitées que les forces d'attraction terrestre s'exercent de façon beaucoup moins.

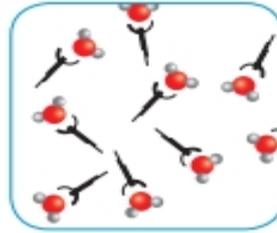


Fig I.2 : Molécules d'eau à l'état vapeur

- **L'état solide** : L'eau est à l'état solide si la température est inférieure ou égale à 0° Celsius. A l'état solide, la disposition la plus courante des molécules est une structure cristalline :

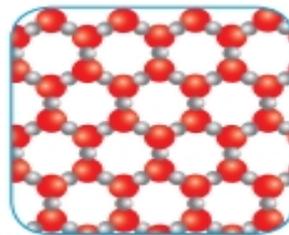


Fig I.3 : Molécules d'eau à l'état solide

- **L'état liquide** : L'eau est à l'état liquide pour des températures oscillant entre 0° et 100° Celsius à une pression normale (1 bar). Dans l'eau liquide, les molécules sont en désordre, elles sont plus serrées qu'à l'état solide, ce qui explique qu'un litre d'eau occupe plus d'un litre quand elle gèle.

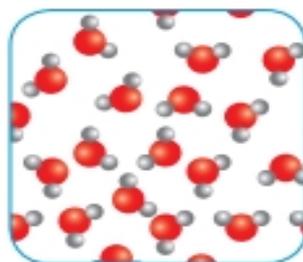


Fig I.4 : Molécules d'eau à l'état liquide

I.3. L'eau dans la nature

I.3.1. Le cycle d'eau

Le cycle de l'eau est avant tout favorisé par le rayonnement solaire. De manière qualitative, on peut le décrire de la manière suivante : L'eau s'évapore dans l'atmosphère à

partir des eaux de surface (par exemple les lacs), mais aussi à partir du sol et des plantes, elle est alors transportée sous forme des nuages. Elle retourne ensuite vers la terre à partir des nuages sous forme de précipitation, soit elle atteint la surface des lacs ou des mers, soit elle atteint la nappe phréatique à travers le sol.

Les étapes du cycle de l'eau sont indiquées dans la figure 1.5

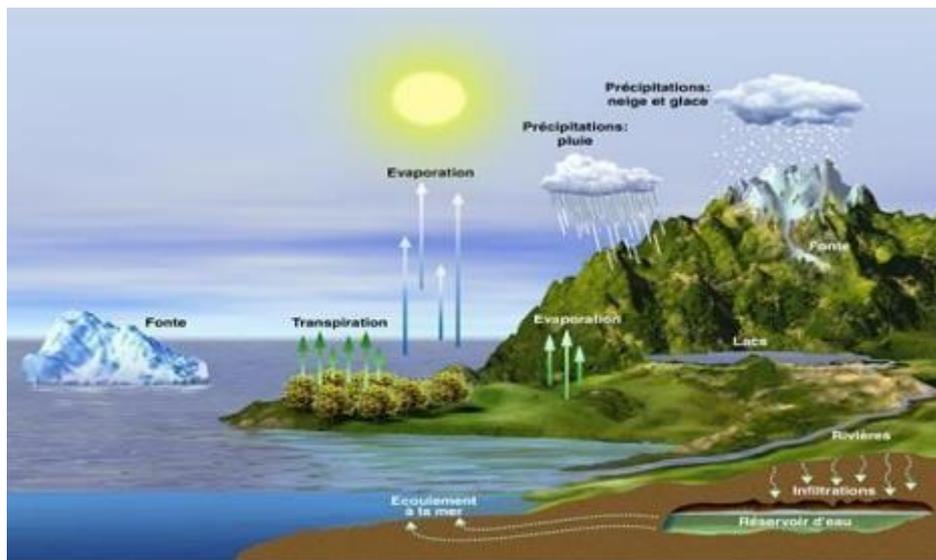


Fig I.5 : Représentation schématique du cycle de l'eau global (*Bliefert et al., 2001*).

I.3.2. Les changements d'état de l'eau

Il y'a trois grandes états de changements d'eau sont comme suite :

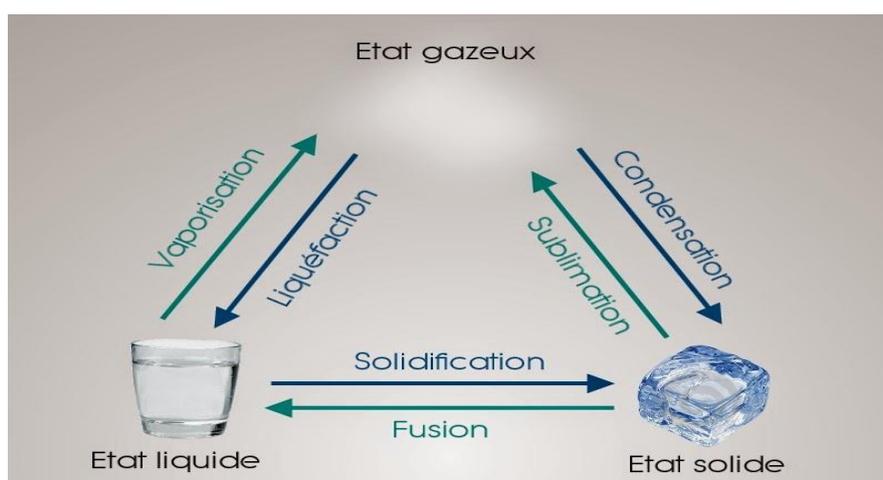


Fig I.6 : Changements d'état de l'eau.

I.3.2.1. De l'état liquide à l'état gazeux

Quand l'eau passe de l'état liquide à l'état gazeux, c'est l'évaporation ou la vaporisation. L'eau peut se vaporiser par ébullition ou par évaporation. Elle passe de l'état liquide à l'état gazeux par un réchauffement. Le phénomène contraire s'appelle la liquéfaction : l'eau passe de l'état gazeux à l'état liquide par un refroidissement.

I.3.2.2. De l'état solide à l'état liquide

Quand l'eau passe de l'état solide à l'état liquide c'est la fusion. Ce changement d'état s'effectue par un réchauffement. Le phénomène contraire s'appelle la solidification : l'eau passe de l'état liquide à l'état solide par un refroidissement.

I.3.2.3. De l'état solide à l'état gazeux

Quand l'eau passe de l'état solide à l'état gazeux, c'est la sublimation. L'eau passe de l'état solide à l'état gazeux par un réchauffement. Le phénomène contraire s'appelle la condensation. L'eau passe de l'état gazeux à l'état solide par un refroidissement.

I.4. Ressources hydriques

Les réserves disponibles d'eaux naturelles sont constituées des eaux souterraine (nappe souterraines), des eaux de surface retenues ou en écoulement (barrages, lacs, rivières) et des eaux de mer.

I.4.1. Les eaux de surface

Les eaux de surface sont constituées par les eaux des rivières, des fleuves, des étangs, des lacs, des barrages, des réservoirs, des glaciers. Il s'agit d'une masse d'eau bien individualisée, solide ou liquide, immobile ou en mouvement (Redjem et Rahmouni, 2017). Les principales sources d'eau potable sont les eaux de surface. Ces eaux s'avèrent souvent impropres à la consommation en raison de la pollution générée par les activités urbaines, industrielles et agricoles. En effet, la qualité des eaux de surface varie selon les régions et les périodes de l'année. La nature et l'intensité des activités ne permettent pas toujours au cours d'eau de diluer ou de neutraliser la pollution à un niveau acceptable, si bien que l'eau ne peut pas être utilisée pour la consommation. L'emplacement des prises d'eau par rapport aux sources de pollution est aussi déterminant pour la qualité de l'eau (Hadeef et Hasni, 2016). 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 ou hydrologiques. Au cours de son

cheminement, l'eau dissout et se charge des différents éléments constitutifs des terrains. Par échange à la surface eau-atmosphère, l'eau va se charger en gaz dissous (oxygène, gaz carbonique, azote).

I.4.2. Les eaux souterraines

Les eaux souterraines constituent 22% des réserves d'eau douce. Leur origine est due à l'accumulation des infiltrations dans le sol qui varient en fonction de sa porosité et de sa structure géologique. Elles se réunissent en nappes. Ces eaux souterraines sont habituellement de bonne qualité. (Claude, 1999). La composition des eaux souterraines est fonction de la composition des sols qui les contiennent. Ces eaux sont détectées dans les profondeurs des nappes phréatiques reflétant leurs propres caractères dont les plus importants sont : la faible turbidité, une contamination bactérienne moins importante, une température constante avec un indice de couleur faible par contre la concentration en fer et manganèse est très élevée. (Gommella, 1978).

I.4.3. Caractéristiques des eaux souterraines et des eaux de surface

Les eaux de surface sont plus chargées de matières en suspension que les eaux souterraines, ainsi que de matières colloïdales, plancton animal et végétal. Les eaux souterraines sont souvent considérées comme des eaux naturellement pures ce qui est une erreur, car souvent elles contiennent du fer, manganèse, ammoniacque et matières organiques sans parler de la teneur excessive en fluor et nitrates (Ayad, 2016). Le tableau ci-après représente les Principales différences entre les eaux de surface et les eaux souterraines.

Tableau I.1: Principales caractéristiques des eaux de surface et eaux souterraines

Caractéristique	Eaux de surface	Eaux souterraines
Température	Variable suivant saisons	Relativement constante
Turbidité	Variable, parfois élevée	Faible ou nulle (sauf en terrain karstique)
Couleur	Liée surtout aux 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, des rejets...	Sensiblement constante en général nettement plus élevée que dans les eaux de surface de la même région
Fer et Manganèse dissous	Généralement absents	Généralement présents
Micropolluants minéraux et organiques	Présents dans les eaux de pays développés, mais disparaître dans la source	Généralement absents mais une pollution accident elle subsiste beaucoup plus longtemps

Chapitre II : L'eau potable et normes de potabilités

II.1. Introduction

L'objectif de ce chapitre consiste d'une part à présenter les normes de potabilité des eaux, en particulier les normes de potabilité nationale et internationale, et d'autre part, d'exposer les différents critères de choix de la qualité des eaux.

II.2. Eaux potables

Une eau potable est une eau qui est apte à être utilisée par l'être humain. C'est-à-dire qu'elle peut être consommée ou utilisée par l'homme sans détériorer ou avoir des effets néfastes sur sa santé (immédiatement ou après un temps de latence) (Bouhaous, 2012). La définition de ces eaux destinées à la consommation humaine est fournie par la Directive 98/83 du 3 novembre 1998, traduite en droit français dans le Code de la Santé publique. Selon (ORE, 2016), il s'agit de : « Toutes les eaux qui, soit en l'état, soit après traitement, sont destinées à la boisson, à la cuisson, à la préparation d'aliments ou à d'autres usages domestiques, qu'elles soient fournies par un réseau de distribution, à partir d'un camion-citerne ou d'un bateau-citerne, en bouteilles ou en conteneurs, y compris les eaux de source ...etc. « Toutes les eaux utilisées dans les entreprises alimentaires, qui peuvent affecter la salubrité de la denrée alimentaire finale, y compris la glace alimentaire d'origine hydrique ». Ainsi, qu'elle soit distribuée au robinet ou en bouteille, l'eau destinée à la consommation humaine est un aliment, et doit à ce titre posséder des qualités organoleptiques (goût, couleur, odeur) propre à satisfaire le consommateur et ne pas porter atteinte à la santé (ORE, 2016).

II.2.1. Sources des eaux potables

Les réserves disponibles d'eaux naturelles sont constituées des eaux souterraines (infiltration, nappes), des eaux de surface retenues ou en écoulement (barrages, lacs et rivières) et des eaux de mer (Benaouda, 2015). Le total des ressources : 2.109 km³ dont 97% en Mer et Océans. Le reste (3%) se trouve ailleurs et est représenté principalement par l'eau non salée. Dans ces 3%, on trouve :

- 18 % d'eaux profondes inexploitable. 77 % de glaces. 5 % autres constitué :
- 3.5 % dans les êtres vivants.
- 1 % dans les rivières.
- 5.5 % dans l'atmosphère.
- 20 % eaux souterraines superficielles.
- 30 % lacs salés.
- 40 % lacs eaux douces (*Hamed et al. 2012*).

II.2.2. Propriétés de potabilité

L'eau potable est une eau que l'on peut boire sans risque pour la santé. Afin de la définir précisément 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. Ne signifie donc pas qu'elle soit polluante de matières nocives, mais que leur concentration a été jugée suffisamment faible pour ne pas mettre en danger la santé de consommateur selon ces normes, une eau potable doit être exempte de germes pathogènes (bactéries, virus, et d'organismes parasites). Elle ne doit pas contenir certaines substances chimiques qu'en quantité limitée. Il s'agit en particulier de substances qualifiées d'indésirables ou toxiques comme les nitrates et les phosphates, les métaux lourds ou encore les hydrocarbures et les pesticides, pour lesquelles des (concentrations maximales admissibles) ont été définies. Par contre, la présence de certaines substances peut être jugée nécessaire comme les oligoéléments indispensables à l'organisme (Cresson, 1999). Caractère simple une eau potable doit aussi être agréable à boire, elle doit être claire, avoir une bonne odeur, pour avoir bon goût ; elle doit contenir un minimum de sels minéraux de 0.1 à 0.5 g/l lesquels sont par ailleurs indispensables à l'organisme (Cresson, 1999).

II.2.3. Critères de l'eau potable

Les critères de pureté d'une eau potable sont comme suit : L'eau pure possède un certain nombre de propriétés rigoureusement invariables des critères de pureté :

- La température de vaporisation et de congélation constante pendant l'ébullition et la solidification (respectivement 100 et 0°C à pression atmosphérique normale).
- Une masse volumique toujours égale à 1g/cm³ à 4°C et la distillation de l'eau pure redonne de l'eau absolument identique.
- Une eau potable peut être consommée sans danger pour la santé.
- Derrière cette simple phrase cachent plusieurs dizaines de critères à respecter :
- Des critères physico- chimiques (PH, turbidité, odeur, couleur).
- Des critères de toxicité chimique doivent être absents (quelques vingt quatre substances chimiques comme métaux, hydrocarbures, pesticides).
- Des critères de pureté microbiologique ; mais aussi des qualités organoleptiques. En effet pour avoir un goût agréable, l'eau doit contenir de 0,1 à 0,5 g de corps minéraux dissout par litre.

Notons que la qualité n'est pas un critère, mais une eau permutée est non potable car elle contient trop d'ions $[Na^+]$ (Cresson, 1999).

II.3. Les critères de qualité de l'eau

Pour être consommée, l'eau doit répondre à des critères de la qualité très stricte fixée par le ministère de la santé et le conseil supérieur du secteur d'hygiène publique. Les normes définissant une eau potable sont variables suivant la législation en vigueur. Il existe plusieurs critères pour une eau propre à la consommation. Ces critères, décidés selon le principe de précaution maximal qui permet de protéger la santé des personnes les plus fragiles (Mansour et Djaballah, 2016).

II.3.1. Critère organoleptique

Les facteurs organoleptiques constituent souvent les facteurs d'alerte pour une pollution sans présenter à coup sûr un risque pour la santé (Benaouda, 2016). Ces paramètres concernent les qualités sensibles de l'eau : la couleur, la saveur, l'odeur, la transparence. Ils n'ont pas de valeur sanitaire directe, une eau de consommation doit être inodore et incolore (Mansour et Djaballah, 2016). Ces différents caractères doivent être appréciés au moment du prélèvement : certaines odeurs peuvent, par exemple, disparaître pendant le transport, ou l'aspect de l'échantillon se modifier au cours du stockage (Rodier, 2009).

II.3.1.1. La couleur

La coloration d'une eau est due aux substances dissoutes et/ou aux substances en suspension, ces substances sont le plus souvent d'origine naturelle « végétal et minéral », Elle varie pour les eaux naturelles de jaune pâle au brun rougeâtre selon la nature et la concentration de la matière colorantes (Takabait, 2012). Pour l'eau potable, le degré de couleur maximale acceptable est de 15 UC (Unité de couleur) à partir duquel le consommateur peut percevoir la coloration de l'eau dans un verre d'eau (Mansour et Djaballah, 2016). Une eau colorée n'est pas agréable pour la boisson, car elle provoque toujours un doute sur la potabilité. (Franck, 2002).

II.3.1.2. L'odeur

Une eau destinée à l'alimentation doit être inodore. En effet L'odeur d'une eau est généralement un signe de pollution ou de la présence de matières organiques en décomposition en quantité souvent si minime qu'elles ne peuvent être mises en évidence par

les méthodes d'analyse. Le sens olfactif peut seul, dans une certaine mesure les déceler (Benaouda, 2015)

II.3.1.3. Saveur

Les eaux potables doivent avoir une saveur agréable. Toute eau possède une certaine saveur qui lui est propre et qui est due aux sels et aux gaz dissous. Si elle renferme une trop grande quantité de chlore, l'eau aura une saveur saumâtre, si elle contient une forte quantité de sels de magnésium, l'eau aura un goût aimé (Benaouda, 2015).

II.3.1.4. Turbidité (La transparence)

La turbidité de l'eau est liée à sa transparence. Elle donne une idée sur la teneur en matière en suspension. Les eaux troubles sont chargées de substances finement divisées (grains de silice, matière organique ...), elles forment parfois d'importants dépôts dans les tuyauteries et dans les réservoirs. Pour la sécurité de l'eau, il faut maintenir une turbidité inférieure à 5 NTU (Dellaras.C et Trébaol.B, 2003) NTU : Unité de Turbidité Néphélométrique. Le tableau ci-dessous représente les Classes de turbidités usuelles.

Tableau II.1 : Classes de turbidités usuelles (NTU, néphélométric turbidity unity)

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

Le tableau ci-dessous représente les concentrations max admissibles algériennes concernant les paramètres organoleptiques (Soudani, 2016).

Tableau II.2 : Facteurs organoleptiques

Paramètres	Unité	Concentration max admissible	Observation
Odeur	Seuil de perception à 25° C	4	Au bout de quatre dilutions successives aucune odeur ne doit être perçue
Saveur	Seuil de perception à 25° C	4	Au bout de quatre dilutions successives aucune saveur ne doit être perçue
Couleur	mg/l' échelle PT/Co	25	/
Turbidité	NTU Néphélométrique Turbidité Unité	5	/

II.3.2. Critères physico-chimiques

La qualité physico-chimique de l'eau se base sur des paramètres qualitatifs relativement facile à déterminer. Parmi ces paramètres, nous citons :

II.3.2.1. Les critères physique

II.3.2.1.1. La température (T)

C'est un facteur physique important pour l'activité biologique, il influence la solubilité de l'oxygène du milieu récepteur, donc son pouvoir auto épurateur. La température de l'eau dépend d'une série de facteurs :

- Situation géographique, la saison.
- La profondeur : la température des profondeurs est généralement plus faible qu'en surface.
- La couleur de l'eau : une eau sombre absorbe plus fortement la chaleur.
- Le volume de l'eau : plus le volume est élevé moins importantes sont les fluctuations de Température (Bennamoun et Boumazbar, 2017).

II.3.2.1.2. Le potentiel (PH)

L'eau naturelle pure est neutre, le PH mesure la concentration en ions $[H^+]$ de l'eau. Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14, 7 étant le PH de neutralité. Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimique et dépend de facteurs multiples, dont l'origine de l'eau. Le PH doit être impérativement mesuré sur le terrain à l'aide d'un PH mètre ou par colorimètre.

Tableau II.3: Classification des eaux d'après leur PH (Apfelbaum ,1995).

Ph < 5	Acidité forte => présence d'acides minéraux ou organiques dans les eaux naturelles.
Ph = 7	PH neutre
7 < pH < 8	Neutralité approche => majorité des eaux de surface.
5.5 < pH < 8	Majorité des eaux souterraines.
pH = 8	Alcalinité forte, évaporation intense.

II.3.2.1.3. Conductivité électrique

La conductivité électrique traduit la capacité d'une solution à conduire le courant électrique, elle détermine la teneur globale des minéraux présents dans une solution. Une eau douce accusera généralement une conductivité basse et bien au contraire, une eau dite dure affichera une conductivité élevée. Elle est également en fonction de la température de l'eau, et proportionnelle à la minéralisation (Ayad, 2016). La conductivité électrique « γ » d'une eau ou la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1cm² de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm. Elle est l'inverse de la résistivité électrique. Selon *Hadef et Hasni (2016)*, elle se calcule selon la formule suivante :

$$\gamma = (1/\rho) = (1/R).(L/S) \dots\dots\dots [1]$$

γ : Conductivité (en $\Omega^{-1}.m^{-1}$ ou S. m⁻¹).

P: Résistivité (en $\Omega. m$).

R : résistance (en Ω).

S : surface.

Tableau II.4: Qualité de l'eau en fonction de la conductivité électrique.

Conductivité électrique (exprimée en $\mu\text{s/cm}$)	Qualité de l'eau
50 à 400	Excellente
400 à 750	Bonne qualité
750 à 1500	médiocre mais eau utilisable
> à 1500	minéralisation excessive

II.3.2.1.4. Résistivité électrique

En raison des sels qu'elle renferme, l'eau constitue un électrolyte très étendu. La résistivité électrique d'une eau peut donc mesurer sa minéralisation globale (Jaques Béchaux, 1978) L'unité de la résistivité est l'ohmcentimètre (Ωcm). La conductivité est l'inverse de la résistivité. On obtient la résistivité à partir de la conductivité par la formule suivante :

$$\text{Résistivité } (\Omega\text{cm}) = 1000000/\text{conductivité} \dots\dots\dots [2]$$

II.3.2.1.5. Résidu sec (RS)

Le résidu sec donne une information sur la teneur en substances dissoutes non volatiles (le taux des éléments minéraux). Suivant le domaine d'origine de l'eau cette teneur peut varier de moins de 100 mg/l (eaux provenant de massifs cristallins) à plus de 1000 mg/l.

II.3.2.1.6. Minéralisation globale

La minéralisation globale correspond à la concentration en sels minéraux dissous. La minéralisation de l'eau est en fonction de la géologie des terrains traversés. D'une façon générale, elle est plus élevée dans les eaux souterraines que dans les eaux superficielles. Les eaux très minéralisées, du fait de leur teneur en sels dissous, semblent bien contribuer à l'homéostasie de l'homme et surtout de l'enfant; cependant, elles peuvent poser des problèmes endocriniens très complexes (RODIER J., 2005). Il existe une relation entre la teneur en sels dissous d'une eau et sa conductivité (RODIER J., 2009). Le Tableau II.5 représente la relation entre la minéralisation de l'eau et la conductivité électrique.

Tableau II.5 : Relation entre la minéralisation et de la conductivité électrique.

<i>Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)</i>	<i>Minéralisation</i>
Conductivité < 50	1,365079* Conductivité à 20°C
50 < Conductivité < 166	0,947658 * Conductivité à 20°C
166 < Conductivité < 333	0,769574 * Conductivité à 20°C
333 < Conductivité < 833	0,71592 * Conductivité à 20°C
833 < Conductivité < 1000	0,458544 * Conductivité à 20°C
Conductivité > 1000	0,850432 * Conductivité à 20°C

II.3.2.1.7. Oxygène dissous

L'oxygène est l'un des paramètres particulièrement utile pour l'eau et constitue un excellent indicateur de sa qualité, l'oxygène dissous mesure la concentration du dioxygène dissous dans l'eau, il participe à la majorité des processus chimiques et biologiques en milieu aquatique (Ouali.M 2001).

II.3.2.2. Les critères chimiques

La qualité chimique de l'eau est l'ensemble des caractéristiques générales de l'eau et des concentrations de minéraux dissous dans l'eau. Elle dépend des types de matériaux présents dans le sol et du temps de contact de l'eau avec ces matériaux.

II.3.2.2.1. Dureté totale ou titre hydrotimétrique (TH)

La dureté de l'eau ou titre hydrométrie (TH) est une mesure globale de la concentration en cations métalliques, excepté celles des métaux alcalins (Na^+ , K^+) et H^+ dissous dans l'eau. Elle est souvent due aux ions (Ca_2^+ et Mg_2^+). Une eau à titre hydrométrique élevé dite « dure », dans le cas contraire il s'agit d'une d'eau douce. On distingue la dureté carbonatée ou « dureté temporaire » qui provient des carbonates et bicarbonates et la dureté non carbonatée ou « dureté permanente » qui provient des sulfates et chlorures. Une eau très dure présente des inconvénients d'utilisation, tels que la diminution des propriétés des détergents des lessives, savons et les dépôts de tartre sur les parois des canalisations d'eau. Une eau trop douce est une eau corrosive. Elle attaque les parois des canalisations d'eau et contribue à la dégradation de la qualité de l'eau à la suite de la dissolution de métaux lourds tels que le plomb (Ouali.M 2001).

Tableaux II.6 : Relation entre dureté de l'eau et concentration équivalente en CaCO_3 .

<i>Dureté de l'eau</i>	<i>Concentration en mg/l</i>
Eau douce	0 à 60
Eau moyennement douce	60 à 120
Eau dure	120 à 180
Eau très dure	plus de 180

Une dureté supérieure 200 mg/L peut provoquer l'entartrage CaCO_3 (excès calcaire) du système de distribution et entraîner une consommation excessive de savon avec formation d'écume. La concentration du calcium dans l'eau de consommation n'est pas généralement élevée par rapport au besoin journalier (2 g/j).

II.3.2.2.2. Alcalinité (TA- TAC)

À l'inverse de l'acidité, l'alcalinité d'une eau correspond à la présence de bases et de sels d'acides faibles. Dans les eaux naturelles, l'alcalinité résulte le plus généralement à la présence d'hydrogencarbonates, carbonates et hydroxydes.

- Le titre alcalimétrique ou TA mesure la teneur de l'eau en ions hydroxydes (OH^-) et une valence de carbonates.
- Le titre alcalimétrique complet ou TAC correspond à la teneur de l'eau en alcalins libres (OH^-), carbonates (CO_3^{2-}) et hydrogencarbonates (HCO_3^-)

Pour des pH inférieur, à 8.3, la teneur en ions (OH^-) et (CO_3^{2-}) est négligeable (TA=0), dans ce cas la mesure de TAC correspondant au dosage des bicarbonates seuls.

II.3.2.2.3. Matières en suspension

Elles représentent les matières qui ne sont ni à l'état soluble ni à l'état colloïdal, donc retenues par un filtre. Les matières en suspension, qui comportent des matières organiques et minérales, constituent un paramètre important qui marque bien le degré de pollution de l'eau. La présence des matières en suspension augmente la turbidité de l'eau et diminue sa transparence (RODIER J., 2005). Une eau potable ne doit pas contenir de matières en suspension, pour une eau qui contient des suspensions à des teneurs de quelques milligrammes par litre, ne pose pas de problèmes majeurs.

II.3.2.2.4. Salinité

La concentration globale en sel dans 1L d'eau, d'après l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) une eau est considérée comme potable si sa salinité totale est comprise entre 100 et 1000 ppm (partie par million), soit 0,1 et 1 g/l. D'après le Glossaire International d'Hydrologie :

- Eau salée : eau dans laquelle la concentration en sels est relativement élevée (plus de 10 000 mg/l)
- Eau saumâtre : eau dont la teneur en sels est sensiblement inférieure à celle de l'eau de mer.

II.3.2.2.5. Ions majeurs

La minéralisation de la plupart des eaux est dominée par huit ions appelés couramment les ions majeurs. On distingue les cations : calcium, magnésium, sodium et potassium, et les anions : chlorure, sulfate, nitrate, nitrite et bicarbonate. (Apfelbaum, 1995).

A. Les cations

➤ Ions calcium (Ca^{2+})

Le calcium est libéré généralement par l'altération des roches, il provient des aluminosilicates, des silicates, des carbonates (calcite et calcite magnésienne) et les sulfates. L'eau potable de bonne qualité renferme de 100 à 140 mg/l de calcium. Le calcium ne peut en aucun cas poser des problèmes de potabilité, le seul inconvénient domestique lié à une dureté élevée est l'entartrage. Par contre, les eaux douces peuvent entraîner des problèmes de corrosion des canalisations (Benaouda, 2016).

➤ **Ions Magnésium (Mg^{2+})**

Le magnésium est un élément très répandu dans la nature et est présent dans la plupart des eaux naturelles. Le magnésium contribue à la dureté de l'eau sans être l'élément essentiel. Il est aussi indispensable pour la croissance et pour la production de certaines hormones (Hachmaoui, 2013).

➤ **Ions de Sodium (Na^+)**

Les eaux très riches en sodium deviennent saumâtres, prennent un goût désagréable et ne peuvent pas être consommées.

➤ **Ions de Potassium (K^+)**

Le potassium règle la teneur en eau à l'intérieur des cellules. Il est un métal alcalin, étroitement rattaché au sodium à tel point, qu'il est rarement analysé comme un constituant à part dans les analyses de l'eau. Sa présence est moins répandue dans la nature (Sari, 2014).

B. Les anions

➤ **Ions Chlorures (Cl^-)**

Les chlorures présents dans l'eau potable proviennent des eaux usées et des effluents industriels. La principale source d'exposition humaine au chlorure est l'ajout de sels aux aliments. L'apport de cette source est généralement supérieur à celui de l'eau de boisson. Les concentrations excessives de chlorure augmentent les taux de corrosion des métaux dans le système de distribution, cela peut conduire à une augmentation des concentrations de métaux dans les systèmes d'alimentation en eau potable (Hachmaoui, 2013).

➤ **Ions Sulfates (SO_4^{-2})**

Les origines naturelles des sulfates sont l'eau de pluie et la mise en solution de roches sédimentaires évaporitiques, notamment le gypse ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$), mais également de la pyrite (FeS_2) et plus rarement de roches magmatiques (galène, blende, pyrite) (Ghazali et Zaid, 2013). A fortes concentrations, ils peuvent provoquer des troubles gastro-intestinaux (en particulier chez les enfants). Ils peuvent aussi conférer à l'eau un goût désagréable. Les normes Algériennes préconisent pour les sulfates une concentration maximale acceptable de 200 mg/l (SO_4^{-2}) et une concentration maximale admissible de 400 mg/l (SO_4^{-2}) (Hamed et al. 2012).

➤ Ions nitrates (NO_3^-) et nitrites (NO_2^-)

Les nitrites et nitrates sont des ions présents de façon naturelle dans l'environnement. Ils sont le résultat d'une nitrification de l'ion ammonium (NH_4^+). Ils sont extrêmement solubles; ils pénètrent le sol et les eaux souterraines où se déversent dans les cours d'eau par ruissellement. Ils constituent une des causes majeures de la dégradation des eaux à long terme. Les nitrites sont formés par dégradation de la matière azotée mais ils sont rapidement transformés en nitrates dans les sources d'eau potable. Dans les eaux, la quantité des nitrates maximale admissible est fixée de 50 mg/L (Martin 2008).

II.3.2.2.6. Demande biochimique en oxygène (DBO_5)

La demande biochimique en oxygène (DBO_5) est la quantité d'oxygène nécessaire aux micro-organismes présents dans un milieu pour oxyder (dégrader) les substances organiques contenues dans un échantillon d'eau maintenu dans l'obscurité, pendant 5 jours. Ce paramètre constitue un bon indicateur de la teneur en matière organique biodégradable d'une eau naturelle polluée ou d'une eau résiduaire. Deux échantillons sont nécessaires :

- le premier sert à la mesure de la concentration initiale en oxygène.
- le second à la mesure de la concentration résiduaire en oxygène au bout de 5 jours.

La demande biochimique en oxygène (DBO_5) est la différence entre ces 2 concentrations. Plus la différence est grande et plus le milieu est demandeur en oxygène et donc mal équilibré car les déchets à transformer sont trop importants.

II.3.3 .Critères bactériologiques

Les Analyses bactériologiques sont importantes car la qualité bactériologique d'une eau n'est pas un paramètre stable, mais au contraire sujette à des fluctuations, par pollution accidentelle. Ceci nécessite des contrôles permanents en présentant la cause la plus fréquente du non potabilité de l'eau (Benkhattal et Cherfi, 2017). Le dénombrement bactérien consiste à la recherche des bactéries aérobies, c'est-à-dire celles qui pourraient se développer en présence d'oxygène. Il s'agit des germes totaux, des coliformes fécaux, des coliformes totaux et des streptocoques fécaux (Hadeif et Hasni, 2016). Les principaux germes recherchés dans les eaux sont :

II.3.3.1. Les germes totaux

La numération des germes aérobies mésophiles ou germes totaux, vise à estimer la densité de la population bactérienne générale dans l'eau potable. Elle permet ainsi une appréciation globale de la salubrité générale d'une eau, sans toutefois déterminer les sources de contamination. D'une manière générale, ce dénombrement est utilisé comme indicateur de pollution et également comme indicateur d'efficacité de traitement, en particulier des traitements physiques comme la filtration par le sol, qui devrait entraîner soit une très forte diminution de la concentration bactérienne, soit même une absence de bactéries (Ayad, 2016).

II.3.3.2. Les coliformes

Le terme « coliforme » regroupe un nombre d'espèces bactériennes appartenant en fait à la famille des « enterobactériaceae », dont la caractéristique classique est la fermentation du lactose avec production de gaz. On distingue deux types :

➤ Coliformes totaux

Ce sont des bâtonnets, aéro-anaérobies facultatif, non sporulés, gram(-) négatifs oxydase négative. Capable de fermenter le lactose ou (le mannitol) en produisant de l'acide et de gaz en 48 heures à des températures variant de 35°C à 37°C. (RODIER J., 2005).



Fig II.1 : *Coliformes totaux*

➤ Coliformes fécaux

Les coliformes fécaux ou coliformes thermo tolérants correspondent à des coliformes qui présentent les mêmes propriétés (caractéristiques des coliformes) capable de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz à des températures se situant entre 36°C et 44°C en moins de 24 heures.



Fig II.2 : *Coliformes fécaux*

II.3.3.3. Les streptocoques fécaux

Les Streptocoques fécaux appartiennent à la famille de Streptococcaceae, au genre Streptococcus et au groupe sérologique D de Lance Field (Amirat et Neciri, 2017). Ce sont des germes groupés en chaînettes flexueuses de longueurs variables. Certains streptocoques sont non pathogènes, d'autres présentent un pouvoir pathogène très important. Parmi ces cocci, les streptocoques du groupe D, appelés aussi streptococcies à entérocoques groupe D, vivent dans l'intestin de l'homme et sont éliminés avec les sels (streptocoques fécaux). La localisation fréquente de l'infection sur les voies urinaires, les autres localisations sont les méninges l'endocard. C'est pour ces raisons que la recherche des streptocoques fécaux dans les eaux de boisson est indispensable (Seghir, 2008).

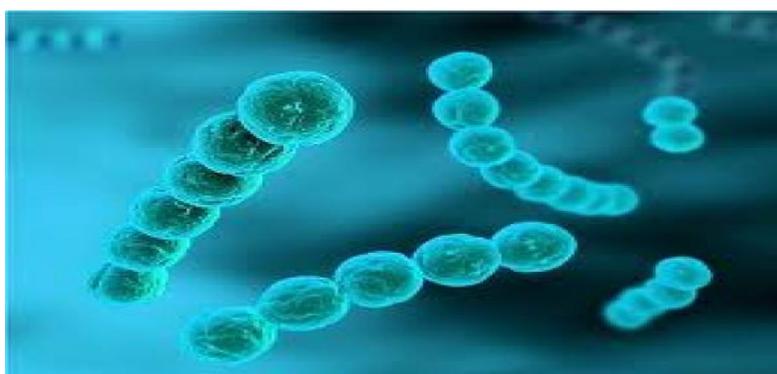


Fig II.3 : *Les streptocoques fécaux*

II.3.3.4. Les Clostridium sulfito-réducteurs (CSR)

Ces bactéries sont souvent considérées comme des témoins de pollution fécale. Parmi les paramètres retenus pour déterminer la qualité microbiologique de l'eau, les Clostridium sulfito-réducteurs » sont pris en compte dans la réglementation de l'OMS. La recherche des

C.S.R est utilisée pour contrôler l'efficacité d'une filtration naturelle ou artificielle (Rodier, 1996).

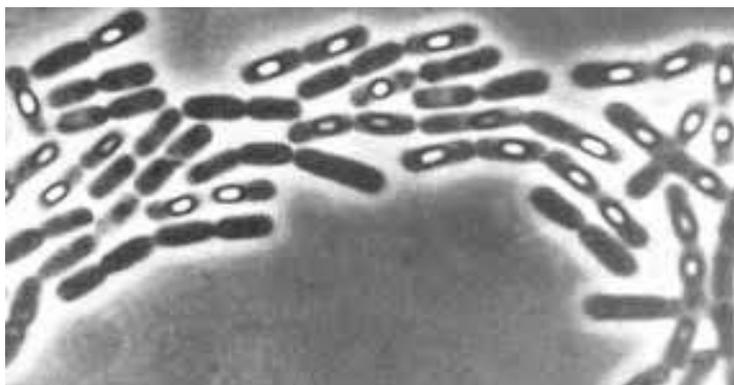


Fig II.4 : Les *Clostridium sulfito-réducteurs* (CSR)

II.3.3.5. *Escherichia coli*

L'espèce la plus fréquemment associée aux coliformes fécaux est *E. coli* représente toutefois 80 à 90% des coliformes thermo-tolérants détectés. L'OMS (2004), n'énonce que la présence d'*E.coli*, apporte la preuve incontestable d'une pollution fécale récente (Mansour et Djaballah, 2016). Par ailleurs, ce sont de bons indicateurs de l'efficacité du traitement de l'eau, mais comme leur nombre est moins élevé que celui des coliformes totaux, ces derniers leurs sont préférables pour cette fonction (Kerdousi, 2010).

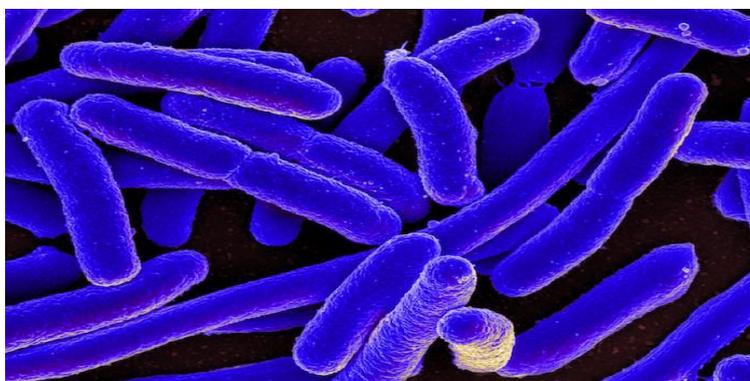


Fig II.5: *Escherichia coli*

II.4. Normes de potabilité d'une eau

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) une eau dite potable représente celle qu'un être peut consommer sans risquer sa santé. Donc c'est une eau propre à la consommation humaine. Généralement, pour chaque paramètre, on recherche sa présence et l'on détermine sa quantité dans l'eau. La norme pour un paramètre dans l'eau est représentée par un chiffre, qui fixe une limite supérieure à ne pas dépasser et une limite inférieure à

respecter. Si un paramètre dépasse la concentration limite, il y a absence de conformité par rapport aux normes établis. A ce titre l'OMS, dans ses recommandations, ne fixe pas des normes strictes, mais plutôt des valeurs guides qui sont susceptibles d'être utilisées avec une certaine souplesse, dans le souci constant de protection de la santé de la population, tout en permettant de porter un jugement comparatif sur la qualité de l'eau.

II.4.1. Les normes de l'organisation mondiale de la santé (OMS)

➤ Normes relatives à la potabilité organoleptiques de l'eau

Les normes des différentes caractéristiques organoleptiques, rapportées sur le tableau ci-dessous, sont des valeurs maximales admissibles pour une eau potable selon les normes.

Tableau II.7 : Normes des paramètres organoleptiques d'une eau potable.

Paramètres organoleptiques	Unité	Norme (OMS, 2006)
Turbidité	Unité Jackson	<5
Couleur	mg/l de platine	15
Odeur	Seuil de perception à 25°C	4
Saveur	Seuil de perception à 25°C	2

➤ Normes relatives à la potabilité physique et chimique de l'eau

Dans le règlement de l'eau potable, seules les substances présentant un risque direct pour la santé ou donnant une mauvaise qualité esthétique sont contrôlées. Leurs concentrations doivent être comparées aux concentrations maximales acceptables (CMA) donc il est intéressant de comparer ces normes avec les recommandations.

Tableau II.8: Norme des paramètres physico-chimiques d'une eau potable.

Paramètres physicochimiques	Unité	Norme (OMS, 2006)
Température	°C	≤ 25
PH	-	[6,5 à 8,5]
Conductivité	µs/cm	2800
Résidus secs	mg/l après séchage	Max 2000
Alcalinité totale	°F	≥ 2,5
Dureté totale	°F	≤ 15
Chlorure	mg/l de (Cl ⁻)	200
Sodium	mg/l de (Na ⁺)	200
Sulfates	mg/l de (SO ₄ ⁻)	200
Potassium	mg/l de (K ⁺)	20

➤ Normes relatives à la potabilité bactériologique de l'eau

Les deux groupes de micro-organismes les plus utilisés comme indicateurs de contamination bactérienne sont les coliformes totaux et les coliformes fécaux, l'objectif visé est l'absence de coliforme dans 100 ml d'eau, mais si cet objectif n'est pas atteint le règlement sur l'eau potable a proposé les limites maximales suivantes (Amirat et Neciri, 2017).

Tableau II.9: Normes et recommandation pour la qualité bactériologique de l'eau potable (OMS, 2006)

Paramètres bactériologiques	Unités	Recommandation (OMS)
<i>Germes totaux</i>	Germe/ml	100
<i>Coliformes fécaux</i>	Germe/100ml	0
<i>Streptocoques fécaux</i>	Germe/100ml	0
<i>Clostridium sulfito réducteurs</i>	Germe/20ml	0

➤ Normes des substances indésirables d'une eau potable

Les substances indésirables contenues dans l'eau destinée à la consommation ne présentent aucun danger pour la santé humaine, mais dépassant un certain seuil, elles peuvent provoquer des désagréments d'ordre esthétique ou organoleptique, tel que le fer et le manganèse.

Tableau II.10: Normes des substances indésirables d'une eau potable.

Paramètres indésirables	Unité	Norme (OMS, 2006)
Azote	mg/l	50
Hydrogène sulfuré	mg/l	[0,05 - 1]
Fer	mg/l	0.3
Manganèse	mg/l	0.5
Cuivre	mg/l	2
Zinc	mg/l	3

➤ Normes des paramètres de pollution d'une eau potable

La pollution des eaux est due à plusieurs facteurs dont l'activité industrielle, l'activité agricole, le déversement des effluents domestiques et industriels.

Tableau II.11: Norme des paramètres de pollution d'une eau potable.

Paramètres de pollution	Unité	Norme (OMS, 2006)
Nitrates	mg/l	50
Nitrites	mg/l	50
Ammonium	mg/l	0.5
Phosphate	mg/l	0.5

➤ Normes des substances toxiques d'une eau potable

Les substances toxiques présentes dans l'eau peuvent s'avérer très dangereuses pour la santé humaine si elles dépassent certaines teneurs détaillées sur le tableau ci-dessous.

Tableau II.12: Normes des substances toxiques d'une eau potable.

Paramètres toxiques	Unité	Norme (OMS, 2006)
Arsenic	mg/l	0.01
Cadmium	mg/l	0.003
Cyanure	mg/l	0.07
Chrome	mg/l	0.05
Mercure	mg/l	0.001
Plomb	mg/l	0.01
Sélénium	mg/l	0.01

II.4.2. Les normes algériennes de potabilité

Le tableau ci-dessous résume la grille normative de la qualité de l'eau appliquée en Algérie pour l'eau potable.

Tableau II.13 : Grille normative pour estimer la qualité de l'eau en Algérie (2011).

Paramètres	Bonne (mg/L)	Moyenne (mg/L)	Mauvaise (mg/L)	Très mauvaise (mg/L)
Physicochimiques				
PH	6.5-8.5	6.5-8.5	>6, <9,	>5, <9
T°C	25	25-30	30-35	>35
Minéralisation	300-1000	1000-1200	1200-1600	>1600
Ca ²⁺	40-100	100-200	200-300	>300
Mg ²⁺	30	30-100	100-150	>150
Na ²⁺	10-100	100-200	200-500	>500
Chlorure	10-150	150-300	300-500	>500
Sulfates	50-200	200-300	300-400	>400
Organiques				
O2 dissous%	>100	100-50	50-30	>30
DBO5 mg/l	5	5-10	10-15	>15
DCO mg/l	20	20-40	40-50	>50
Ammonium	0-0.01	5-10	10-15	>15
Nitrites	0-0.01	0.01-0.1	0.1-3	>3
Nitrates	0-10	0.01-0.1	0.1-3	>3
Phosphates	0-0.01	0.01-0.1	0.1-3	>3
Eléments toxiques				
Fe	0-0.5	05-1	1-2	>2
Mn	0-0.1	0.1-0.3	0.3-1	>1
Cr	0	0-0.05	0.05-0.5	>0.5
Cu	0-0.02	0.02-0.05	0.05-1	>1
Zn	0	0-0.5	0.5-1	>1
Cd	0	0	0-0.01	>0.01
Pb	0	0	0-0.05	>0.05
F ⁻	0	0-0.8	0.8-1.5	>1.5
CN ⁻	0.001-0.002	0	0-0.02	>0.02

II.5. Conclusion

Au cours de ce chapitre, nous avons décrit successivement les principales normes de potabilité d'une eau. Ces dernières fixent les teneurs limites à ne pas dépasser pour un certain nombre de substances nocives et susceptibles d'être présentes dans l'eau.

Chapitre III : Techniques de caractérisation d'une eau

III.1. Introduction

Indispensable à la vie, catalyseur de nombreuses réactions chimiques, l'eau est également principal agent d'érosion et sédimentation et donc un facteur déterminant de la formation des paysages. Le caractère banal de l'eau qui nous environne, fait parfois oublier que ce liquide qui nous est si familier s'avère en réalité par ses propriétés si particulières à la fois le fluide le plus indispensable à la vie et celui dont la complexité est la plus remarquable (BOEGLIN Jean-claude). Ce chapitre est consacré à définition des différentes propriétés de l'eau (chimiques, physiques biologiques,... etc.), ainsi que les différentes techniques de caractérisation.

III.2. Propriétés d'une eau

Même si l'eau est (ou devrait toujours être) un liquide inodore, incolore et sans saveur d'autres propriétés exceptionnelles (physico-chimiques, bactériologiques et thermodynamiques) lui confèrent des qualités qu'il faut connaître pour comprendre mieux le rôle fondamentale que joue cette molécule sur notre planète aussi bien comme facteur essentiel pour l'écosystèmes que comme élément vitale pour les êtres vivants (Algéo,1997).

III.2.1. Propriétés Physico-chimiques

L'eau sur terre connaît une phase liquide particulièrement importante, grâce à sa liaison d'hydrogène, elle possède des propriétés chimiques et physiques particulières qui sont les suivantes :

III.2.1.1. Propriétés chimiques

III.2.1.1.1. Une molécule à part

Même si la couche électronique externe reste saturée, les électrons ont tendance à migrer vers l'oxygène (O^{2-}) délaissant l'hydrogène (H^+). Cette disponibilité électronique potentielle rend la molécule d'eau très affine pour de multiples substances qu'elle peut ainsi dissoudre. En outre, le déséquilibre électronique a pour effet de rendre possible des liaisons entre l'atome d'hydrogène d'une molécule avec l'atome d'oxygène d'une autre molécule (liaison hydrogène). En réalité, une molécule d'eau s'entoure de quatre autres molécules constituant un tétraèdre dont les atomes d'oxygène occuperaient les sommets. Cette liaison hydrogène, faible au regard de la liaison covalente, est suffisamment forte pour qu'aux basses températures, l'arrangement cristallin en tétraèdre soit permanent dans la glace et se maintiennent partiellement dans l'eau liquide. À partir de [25 - 30° C], les liaisons hydrogène

perdent grandement de leur efficacité, jusqu'à ne plus exister dans l'eau chaude ou bouillante et naturellement dans la vapeur. C'est l'existence de cette liaison hydrogène qui explique pourquoi il faut fournir beaucoup d'énergie pour vaporiser l'eau, puisque avant qu'elle le puisse, il faut d'abord casser ces liaisons dites faibles.

III.2.1.1.2. Une molécule particulièrement stable

La molécule d'eau est particulièrement stable pour la raison que les atomes d'hydrogène et l'atome d'oxygène qui la constituent mettent chacun en commun un électron pour établir leur liaison. De fait, les atomes d'hydrogène possèdent deux électrons et celui d'oxygène possède huit électrons sur sa couche périphérique. C'est cette saturation de la couche externe de la molécule qui lui confère sa grande stabilité.

III.2.1.1.3. Un liquide mobile

L'eau est un corps continu, sans rigidité, qui coule facilement, remplit tous les interstices, puis s'étale en surface. L'eau possède un fort pouvoir mouillant qui lui donne des propriétés capillaires particulièrement importantes, par exemple, pour comprendre son comportement dans les sols. En outre, sa viscosité, très variable selon sa composition chimique ou sa température, est à l'origine de caractéristiques de miscibilité remarquables. Par exemple des courants marins chauds ou froids ne se mélangent guère avec les eaux voisines dont la température est différente.

III.2.1.1.4. Un formidable solvant

L'eau est le plus formidable solvant naturel à la surface de la terre. L'eau est capable de dissoudre quasiment n'importe quel substrat, au point que l'on peut affirmer que l'eau pure n'existe pas puisque le flacon qui pourrait la contenir, sans être un peu dissous par elle, n'a pas encore été inventé.

III.2.1.1.5. Le support du pH

Il arrive qu'un atome d'hydrogène d'une molécule d'eau soit capté par un atome d'oxygène d'une autre molécule. Deux molécules d'eau vont donc donner naissance à un ion (OH^-) et à un autre (H_3O^+) (hydronium). Dans l'eau pure, il y a le même nombre d'ions (OH^-) et (H_3O^+). Mais qu'une substance dissoute apporte un excès d'ions (OH^-) la solution devient basique ; qu'une autre substance apporte un excès d'ions (H_3O^+) la solution devient acide. Le pH traduit la concentration d'ions (H_3O^+), dans une solution : [0 à 7] acide ; 7 neutre ; [7 à 14] basique ou alcalin.

III.2.1.2. Propriétés physiques

L'eau a de nombreuses propriétés physiques assez particulières :

III.2.1.2.1. Le principe « d'Archimède »

Le principe « d'Archimède » s'énonce ainsi : « Tout corps plongé dans un liquide subit une poussée vers le haut équivalente au poids du liquide qu'il déplace ». Ce principe se fonde sur la réalité de la pression hydrostatique : la masse d'un corps est neutralisée par une poussée hydrostatique vers le haut. La poussée hydrostatique est toujours égale au poids de l'eau déplacée par le corps. Si le corps est plus dense que l'eau, il coule ; s'il est moins dense, il flotte; si sa densité est la même, le corps reste flottant à n'importe quelle profondeur. L'application la plus courante de cette propriété est la flottaison des bateaux assurant les transports maritimes et fluviaux.

III.2.1.2.2. Le principe de « Pascal »

L'eau ne peut pas se comprimer, ni augmenter de volume, c'est le principe de Pascal. Si on lui fait subir une pression, elle va retransmettre cette pression subie. La pression d'une masse liquide est la même sur tous ses points d'application. C'est sur la base de ce principe que fonctionnent des appareils tels que les presses hydrauliques ou les systèmes de freinage hydrauliques.

III.2.1.2.3. Une chaleur spécifique élevée

L'eau est l'élément naturel (à part l'ammoniaque NH_4^+) dont la chaleur spécifique est la plus élevée sur terre, elle est de l'ordre de $4185 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$. Elle demande donc beaucoup d'énergie pour être réchauffée et pour être refroidie. La chaleur spécifique étant la quantité d'énergie qu'il faut fournir à une masse d'eau donnée pour élever sa température de (1°C), cela revient à dire que l'eau est difficile à chauffer, tout autant qu'elle est difficile à refroidir.

III.2.1.2.4. Une chaleur latente de fusion et de vaporisation élevées

Les chaleurs latentes de fusion et de vaporisation représentent les quantités de chaleur qu'il faut fournir soit pour fondre de la glace, soit pour produire de la vapeur d'eau. L'énergie nécessaire est prélevée sur le substrat, cela revient à dire, par exemple, que si la majeure partie de la vapeur d'eau atmosphérique vient de l'océan, celui-ci est constamment refroidi par ce

mécanisme de vaporisation. Ces deux caractéristiques expliquent en grande partie pourquoi les hydro-systèmes, surtout océaniques, mais aussi continentaux, se comportent comme de formidables tampons thermiques et pourquoi la température à la surface de la terre varie dans des proportions réduites.

III.2.1.2.5. Des variations de densité importantes

L'eau présente un maximum de densité pour une température proche de (+4° C). Cela revient à dire que les eaux des fonds des océans sont à une température de (+4° C). Cela est vrai partout, sauf dans les Océans glacials pour la raison essentielle que leurs eaux n'atteignent pas cette température. C'est aussi la température des eaux au fond des lacs localisés dans des régions tempérées froides ou froides. Lorsque des eaux superficielles se trouvent refroidies jusqu'à cette température de (+4°C), elles deviennent plus lourdes que les eaux qui les supportent et vont donc couler vers les fonds. Ce phénomène est très important, en particulier pour les eaux continentales, puisqu'il assure le mélange des eaux, mélange qui a lieu une ou deux fois par an (lacs monomictiques ou lacs dimictiques). La glace, parce qu'elle flotte, joue un rôle fondamental en empêchant la pénétration du froid dans les masses profondes d'eaux soumises à des grands froids.

III.2.1.2.6. Une transparence, certes, mais seulement dans le spectre visible

Si l'eau apparaît incolore, c'est parce qu'elle est transparente dans le spectre visible. Les grandes masses d'eau absorbent les infrarouges sur quelques mètres d'épaisseur. C'est la raison essentielle qui fait que seules les couches les plus superficielles des eaux s'échauffent. Il en va de même pour la vapeur d'eau atmosphérique laquelle de ce fait limite largement la pénétration des infrarouges. C'est une des raisons qui expliquent que les écarts de température entre l'hiver et l'été sont plus limités dans les régions soumises à l'influence océanique que dans les régions continentalisées (éloignées de l'océan). Les eaux restent transparentes sur des profondeurs importantes pour les verts et les bleus. C'est une des raisons qui expliquent pourquoi les lacs ou les océans, surtout si leurs eaux sont limpides, sont verts (moins profonds) ou bleus (plus profonds). Les eaux ne sont transparentes aux radiations utiles pour la photosynthèse que sur une épaisseur qui varie, en moyenne, de 10 à 50 mètres (zone euphotique).

III.2.2. Propriétés thermodynamiques

Les propriétés thermodynamiques de l'eau sont très utilisées dans la vie courante.

III.2.2.1. L'eau un fournisseur d'énergie

Les propriétés thermodynamiques de l'eau ont commencé à être utilisées de façon empirique bien avant d'être démontrées de façon scientifique. L'énergie mécanique fournie par l'eau a été utilisée pour faire tourner les roues à eau, les moulins... Puis on va se servir de l'énergie fournie par les propriétés thermiques de l'eau. Ainsi la machine à vapeur, créée par [Watt en 1769], utilise l'énergie fournie par la transformation de l'eau en vapeur, sous l'action combinée de la chaleur et de la pression. Les premiers trains à vapeur utilisaient ce système.

III.2.2.2. Les variations de température de l'eau

L'eau change d'état à une température qui dépend de la pression. Elle se solidifie à (0°C) et devient vapeur à (100°C). Cependant, la pression peut modifier ce rapport. Ainsi en haut de l'Everest, l'eau bout à (72°C), la température d'ébullition décroissant avec la pression. C'est également ce qui permet aux patineurs de glisser sur la glace. L'eau peut rester liquide à des températures inférieures à celles auxquelles elle gèle habituellement, jusqu'à (- 40°C) : c'est ce que l'on appelle le phénomène de « *surfusion* ». C'est dû au fait qu'il faut souvent un petit corps solide ou une bactérie pour commencer ce processus de solidification. C'est ce procédé qui est appliqué pour la fabrication de la neige artificielle dans les stations de sports d'hiver.

III.2.2.3. L'eau un très bon conducteur

L'eau est également un conducteur, propriété souvent utilisée, notamment pour le transport d'énergie. Par exemple, l'eau a une très bonne conductivité thermique, à peu près quatre fois supérieure à celle des autres liquides. La principale application de cette propriété est domestique, c'est le chauffage central. L'eau est un mauvais conducteur électrique lorsqu'elle est pure, mais lorsqu'elle est minéralisée, qu'elle contient des sels dissous, elle devient conductrice de l'électricité. C'est pour cette raison que l'installation de prises électriques dans les salles de bain est strictement réglementée en raison des risques d'électrocution que cela peut provoquer (BOEGLIN Jean-Claude).

III.2.3. Propriétés biologiques de l'eau

L'eau, l'oxygène et le dioxyde de carbone contribuent à créer des conditions favorables au développement des êtres vivants (DAJOZ R). Il existe un cycle biologique, cycle au cours duquel s'effectue une série d'échanges ; l'eau entre pour une grande part dans la constitution des êtres vivants. Il est donc évident que l'eau c'est la vie.

III.3. Techniques et Méthodes de caractérisation d'une eau

La caractérisation des eaux concerne essentiellement l'analyse d'eau et la mesure des différents paramètres physico-chimiques tels que (PH, Température, conductivité, l'alcalinité... etc.) et bactériologiques par plusieurs techniques. Ces paramètres permettent de définir les caractéristiques fondamentales de l'eau (Réfia). Parmi ces différentes techniques nous pouvons citer :

III.3.1. Techniques d'échantillonnage et prélèvement

Le prélèvement de l'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté. Il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui s'en suit l'échantillon doit être homogène et représentatif et ne doit pas modifier les caractéristiques de l'eau. Pour cela plusieurs conditions s'imposent :

- Le volume de l'échantillon doit être inférieur à 1.5 litre.
- Les échantillons seront recueillis dans les flacons stériles puis fermés hermétiquement sans laisser de bulles d'air dans le flacon.

➤ Prélèvement instantané

C'est le mode de prélèvement le plus fréquemment utilisé. Les flacons sont remplis sans agiter l'eau au contact de l'air. Pour cela, il est nécessaire d'utiliser un tuyau adapté à la prise d'échantillon et plongeant au fond de la bouteille, de laisser renouveler plusieurs fois le contenu de celle-ci puis boucher aussitôt. Certaines analyses (oxygène, gaz carbonique, pH...etc.).

➤ Prélèvement composite

Des échantillons moyens sont recueillis lorsqu'on cherche une mesure de qualité moyenne sur une période (par exemple 2 heures ou 24 heures). Un certain nombre d'appareils

de prélèvement automatiques permettent de constituer des échantillons proportionnellement au débit.

➤ **Prélèvement avec concentration**

Une étape de concentration-extraction est nécessaire pour la mesure de micropolluants organiques; elle peut être mise en œuvre au laboratoire, mais à partir d'un faible volume ou, directement sur le site, au moyen d'appareils automatiques continus; dans ce cas, l'échantillon peut correspondre à la concentration de plusieurs centaines de litres prélevés sur plusieurs jours (TEFIANI. VALETTE).

III.3.2. Techniques de mesure des paramètres

Pour mesurer les différents paramètres d'eau en distingue deux types d'analyse : l'analyse in situ et l'analyse au niveau de laboratoire. Certains paramètres peuvent s'évaluer pendant le transport des échantillons au laboratoire, pour cela il faut effectuer l'analyse de ces paramètres sur le terrain (le pH, la température et la conductivité). Les autres paramètres tels que (paramètres de pollution et analyse bactériologiques...) sont mesurés au niveau de laboratoire.

➤ **Mesure sur site**

Certains paramètres tels que (PH, température, O₂, l'alcalinité, NH₃, oxydants résiduels... etc.) Doivent être mesurés sur le terrain. En effet, ces paramètres sont très sensibles aux conditions de milieu et susceptible de varier dans des proportions importantes s'ils ne sont pas mesurés sur site. L'idéal est d'effectuer les mesures en continu (sauf l'alcalinité qui se mesure par titration). La mesure de ces paramètres repose souvent sur des méthodes de précision inférieure à celle des méthodes de laboratoire mais l'intérêt de la mesure immédiate peut être prépondérant compte tenu des variations susceptibles d'intervenir durant le transport et la conservation en laboratoire (Réfia). Le tableau suivant montre les différentes techniques et types d'appareillage utilisées pour mesurer les différents paramètres d'une eau

Tableau III.1 : Techniques et types d'appareillage de mesure des différents paramètres d'eau.

Paramètre à analyser	Méthodes
pH, T°C, Conductivité électrique, Oxygène dissout et TDS	à l'aide d'un appareil multi-paramètre
Turbidité	Turbidimètre
Détermination des nitrites (NO ₂ ⁻)	Méthode au salicylate de sodium
Détermination de l'azote ammoniacal (NH ₄ ⁺)	Mesure spectrométrique avec deux réactifs ; réactif I et réactif II colorée
Recherche et dénombrement des coliformes	Colimétrie
Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux	Technique sur membrane filtrante
Détermination du calcium (Ca ²⁺) et du magnésium (Mg ²⁺)	Par Titration l'EDTA
Détermination des chlorures (Cl ⁻)	Par Titration nitrate d'argent

➤ Méthodes potentiométriques

Ces méthodes mettent en œuvre le plus souvent des électrodes spécifiques qui sont utilisées par immersion dans l'eau; elles permettent de mesurer: (PH, potentiel d'oxydoréduction, oxygène, turbidité, résistivité, fluorures, cyanures...etc.) Le couplage de ces sondes à une unité centrale de saisie de données (microprocesseur ou 337 micros ordinateur) permet de suivre sur le site l'évolution de la qualité de l'eau dans le temps.

➤ Méthodes volumétriques

De nombreux paramètres sont déterminés par volumétrie (alcalinité, dureté totale, dureté calcique, chlorures...). Des malles contenant de la verrerie classique de laboratoire permettent ces déterminations (burettes, erlenmeyer, éprouvettes graduées, fioles...) (TEFIANI. VALETTE).

➤ Méthodes colorimétriques

Ces méthodes mettent en jeu des réactions colorées dont l'intensité de la couleur obtenue est évaluée au moyen de comparateurs possédant des disques, plaquettes ou bandes colorées servant d'étalons.

III.3.3. Techniques Spectrophotométrique

➤ Spectrophotométrie d'absorption moléculaire

C'est la méthode analytique la plus utilisée en analyse d'eau. Elle nécessite la mise en œuvre préliminaire d'une réaction colorée spécifique de l'élément recherché. Elle s'appuie sur le fait que toute solution colorée traversée par un faisceau de lumière laisse passer une fraction de la lumière incidente; la quantité de lumière absorbée est proportionnelle à la concentration du composé coloré recherché « loi de Beer-Lambert ». Cette technique a permis le développement de chaînes analytiques de laboratoire à flux continu, l'utilisation industrielle de (photo colorimètres) pour la mesure séquentielle-en continu de nombreux paramètres (silice, ammonium, etc.).

➤ Spectrophotométrie d'absorption UV et IR

Dans le domaine de l'eau, ces techniques sont surtout utilisées pour quantifier des familles de matière organique (MO). La mesure de l'absorption UV à 254 nm est un indice caractéristique des substances possédant une ou plusieurs doubles liaisons. La même mesure à d'autres longueurs d'onde complète l'examen (par exemple, acides humiques). La mesure du COT (Carbone organique total) fait intervenir une minéralisation du carbone organique par oxydation chimique et UV ou par combustion et une détection du CO₂ par IR. La limite de détection de la méthode est de 0,2 mg/l et la précision est de 10 %. L'indice CH₂ permet de mesurer les pollutions par les hydrocarbures, on fait en général appel à une technique fondée sur l'absorption des liaisons (- CH, - CH₂, - CH₃).

III.3.4. Techniques Chromatographiques

Pour l'identification et le dosage des MO, on a en général, recours à des techniques chromatographiques.

➤ **Spectrométrie de masse (SM)**

L'utilisation d'un couplage CG-SM permet le dosage des différentes familles de composés chromatographiables en phase gazeuse en utilisant un seul solvant d'extraction (exemple le dichlorométhane) et une seule séparation chromatographique. Les composés sortant du chromatographe sont fragmentés par un bombardement d'électrons. L'ensemble des ions détectés (masse/charge) constitue le spectre caractéristique de la molécule. L'ordinateur vient au secours du technicien pour l'exploitation des spectres. Ce détecteur est le plus performant car il permet une identification des molécules même en cas de mauvaise séparation sur la colonne, d'où l'intérêt de la spectrométrie de masse par rapport aux détecteurs spécifiques.

III.3.5. Technique Polarographique

La polarographie est basée sur le suivi de courbes intensités de courant-potentiel. Entre deux électrodes (l'une polarisable généralement à goutte de mercure et (autre de référence), l'intensité de courant est enregistrée en fonction d'une variation continue de potentiel. La différence d'intensité entre deux paliers est proportionnelle à l'élément oxydé ou réduit. Une des principales applications est l'analyse des cations métalliques et de leurs spéciations.

III.3.6. Technique de Fluorescence

La fluorescence est un phénomène de luminescence des molécules émettent un rayonnement dans toutes les directions grâce à l'énergie reçue d'une lumière incidente. Elle est la propriété des composés cycliques aromatiques. Sa mesure s'effectue à partir de « spectrofluorimètre » avec lumière incidente UV et lecture à 90° en lumières UV et visible (Marie-Claire Hennion).

III.4. Conclusion

Ce chapitre est divisé en deux grandes parties : la première était consacrée à la présentation des différentes propriétés de l'eau (physiques, chimiques et thermodynamique ...), puis la deuxième partie où nous avons cité les différentes techniques et types d'appareillage utilisés pour la caractérisation d'une eau.

Chapitre IV : Travaux antérieurs sur les eaux de la région d'Ain Defla

IV.1. Introduction

Afin de savoir et de prendre une idée sur la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux potables de la région Ain Defla, deux (02) études récentes dans le même contexte, ont été sélectionnées, à savoir :

➤ La première étude intitulée « Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de sources dans la localité de Miliana (Ain Defla) » réalisée par M^{elle} "Ben Chahba Hayat " et M^{elle} "Ben Hannour Naima".

➤ La deuxième étude intitulée « Qualité physico-chimique et bactériologique des eaux des sources dans la région d'Ain Defla » élaborée par M^r "Ousseini Daouda Boubacar" et M^{elle} "Sanoussi M. Ali hadjia Fatna ".

L'interprétation et la comparaison des résultats obtenus avec les normes Algériennes et avec celles exigées par l'organisation mondiale (OMS), fait l'objectif de notre étude.

IV.2. Présentation du secteur d'étude

IV.2.1. Situation géographique

La région d'étude fait partie de la wilaya d'Ain Defla. Elle est traversée par l'oued de Chélif et par l'auto route Est-Ouest, appartient au bassin Versant Du Haut Cheliff. La plaine alluviale de la région d'étude est localisée à 140Km au Sud- Ouest d'Alger, elle fait partie du bassin du haut Chélif. Elle apparait sous la forme d'une dépression intra-montagneuse. La plaine alluviale du Khemis Miliana appelée aussi plaine d'Affreville appartient à la wilaya d'Ain Defla. Elle s'étend sur une superficie de 359 Km² et comprise entre djebels Doui et Gontas précisément entre les coordonnées 36°12' et 36°17' de latitude Nord, c'est-à-dire entre les communes de Bir-Ouled- Khelifa et de Miliana, 2°12' et 2°17' de longitude Est .Elle est limitée au Nord par les monts du Zaccar, au Sud par les contreforts de l'Ouarsenis, à l'Ouest par le massif de Doui et à l'Est par Djebel Gantas. La géomorphologie de la plaine est caractérisée par une pente relativement faible (15%) (HADEF D.et HASNI M 2017).

IV.2.2. Cadre géologique

Le secteur d'étude est constitué par des alluvions récentes du Cheliff, formées de galets, graviers, sables sous-jacents à des niveaux argileux et limoneux dominant. Les alluvions anciennes sont de nature très diverse mais à fort pourcentage argileux en général. Au sud de la Plaine, une carapace calcaire de tufs blanchâtres, compacts ou pulvérulents est particulièrement développée (DIARRA.S, DEUA 2001).

IV.2.3. Réseaux Hydrographique

Le réseau hydrographique est sans doute l'une des caractéristiques les plus importantes du bassin et peut prendre une multitude de forme. Il est définie comme l'ensemble des cours d'eau naturels ou artificiels, permanents ou temporaires, qui participent à l'infiltration donc des apports aux nappes phréatiques et à l'écoulement. La plaine d'alluviale de Khemis Miliana est traversée d'Est en Ouest par Oued Cheliff et ses principaux affluents qui alimentent la zone et qui sont oued Souffay, oued Millet et oued Boutane au Nord, oued Deurdeur, oued Massine et oued Harreza au sud (HADEF D. et HASNI M 2017).

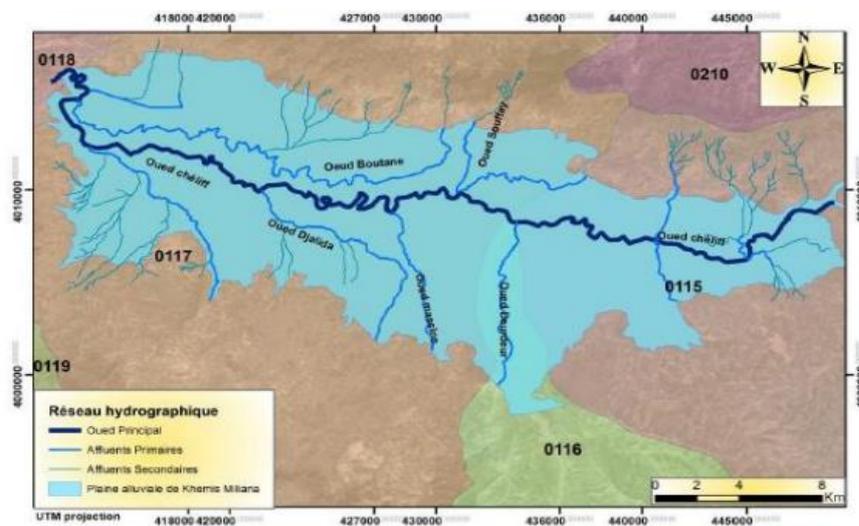


Fig. IV.1 : Réseau hydrographique de la Plaine de Khemis Miliana.

IV.3. Méthodes Analytiques

Les deux binômes ont fait les mêmes méthodes analytiques, des analyses physico-chimiques et microbiologiques pour la détermination de la qualité des eaux de quelques sources de la wilaya d'Ain Defla, en suivant les étapes d'étude de la qualité d'eau :

- L'échantillonnage.
- L'analyse.
- L'interprétation.

IV.3.1. Echantillonnage et prélèvement

Afin d'avoir une idée sur la qualité des eaux de la zone, différents points d'eau de prélèvement ont été examinés par M^{elle} Ben Chahba Hayat et M^{elle} Ben Hannour

Naima, M^r Ousseini Daouda Boubacar et M^{elle} Sanoussi M. Ali hadjia Fatna :

Dans le premier secteur d'étude (Miliana), deux sources ont été examinées et identifiées 01 et 02, qui sont :

- **Ech (01):** Source "Halawa"
- **Ech (02):** Source "Darri"

Dans le deuxième secteur, six sources ont été étudiées numérotées de (03 à 08) qui sont :

- **Ech (03):** Source "Ain Karma".
- **Ech (04):** Source "M'Zentout".
- **Ech (05):** Source "Ain Moubaraka".
- **Ech (06):** Source "Ain El Hidjel".
- **Ech (07):** Source "Dabouz".
- **Ech (08):** Source "Tayloulou".

IV.3.2. L'Analyse

Les types d'essais et analyses effectués sont :

IV.3.2.1. Analyses physico-chimique

Différents paramètres physico-chimiques ont été estimés :

IV.3.2.1.1. Analyse physique

➤ **Mesure du PH**

La mesure de pH est effectuée couramment par la méthode potentiométriques avec électrode de verre plus.

➤ **Mesure de Température**

La température est mesurée à l'aide d'un Multi-paramètre.

➤ **Mesure de Conductivité**

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm² de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm.

Elle est l'inverse de la résistivité électrique (ρ). $\gamma = (1/\rho) = (1/R).(L/S)$ [3]

γ : Conductivité en ($\Omega^{-1}.m^{-1}$ ou S. m^{-1}).

ρ : Résistivité (en $\Omega. m$)

R : résistance en (Ω)

L : distance entre les deux électrodes en (m).

S : surface de chaque électrode en (m^2).

➤ **Mesure de Turbidité**

La turbidité est mesurée au laboratoire à l'aide d'un turbidimètre « Hach » à cellule photo-électrique, par la méthode Néphélométrique. Les résultats sont exprimés en unité de turbidité Néphélométrique (NTU).

➤ **Dureté Totale**

Dureté totale par méthode titrimétrie à l'EDTA permet de doser rapidement les ions calcium et magnésium, avec certaines précautions, elle est appropriée à la plupart des types d'eaux.

IV.3.2.1.2. Analyse chimique

➤ **Mesure d'Alcalinité (TA)**

Cette détermination est basée sur la neutralisation d'un volume d'eau par un acide chlorhydrique (HCl), dilué en présence de la phénophtaléine. Le but est de mesurer la teneur en hydroxyde libre et en carbonate CO_3^{-2} .

➤ **Mesure d'Alcalinité (TAC)**

Cette détermination est basée sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral (HCl), dilué en présence de méthyle orange. Le but est de déterminer la teneur en hydrogénocarbonates dans l'eau.

➤ **Mesure des chlorures (Cl^-)**

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium.

➤ **Mesure de Calcium (Ca^{2+})**

Le principe est identique à celui de la méthode titrimétrique décrite pour la dureté totale. Toutefois, comme le dosage se fait à un pH élevé, le magnésium est précipité sous forme d'hydroxyde et n'intervient pas. Par ailleurs, l'indicateur choisi, l'acide calcéone carboxylique, ne se combine qu'avec le calcium pour former un complexe rouge.

➤ **Mesure de Magnésium (Mg^{2+})**

Connaissant la dureté totale d'une part et la dureté calcique d'autre part, il est facile par différence de calculer la dureté magnésienne par :

$$TH = TCa^{2+} + TMg^{2+} \quad \text{d'où: } TMg^{2+} = TH - TCa^{2+} \dots\dots\dots [4]$$

➤ **Mesure de Potassium et Sodium**

La méthode de dosage du potassium par spectrométrie d'émission de flamme est souvent suffisante pour les eaux naturelles. D'une façon générale, la spectrométrie d'émission de flamme est la méthode la plus indiquée pour le dosage du sodium.

IV.3.2.2. Analyses microbiologiques

Ils ont effectué pendant leurs travaux la recherche des germes indicatifs suivants :

- Les germes totaux.
- Les coliformes totaux.
- Les coliformes fécaux.
- Les streptocoques fécaux.
- Clostridium sulfito-réducteur.

IV.4. Interprétation et Comparaison des Résultats

D'Après les résultats des analyses physico-chimiques et bactériologiques communes obtenus dans les deux études par les deux binômes, nous les avons interprétés et comparés entre eux et avec les normes d'OMS et les normes Algériennes.

IV.4.1. Résultats des analyses physico-chimiques

Les résultats obtenus sont donnés sous formes des tableaux et graphiques.

Tableau IV.1 : Valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques étudiés.

Sources paramètres	Ech (01)	Ech (02)	Ech (03)	Ech (04)	Ech (05)	Ech (06)	Ech (04)	Ech (08)	N ALG 2011	OMS 2006
PH	7.79	8.66	7.81	7.76	7.79	7.78	7.88	7.8	6.5-8.5	6.5-8.5
T (C°)	13.2	13.6	17.4	17.1	17.3	16.1	15.5	15.5	T < 25C°	T < 22C°
Conductivité (µs/cm)	897.3	299.6	1060	824.3	1148	556	512	556	2800	2000
Turbidité (NTU)	0.284	0.516	0.25	0.24	0.02	0.01	0.021	0.08	5	5
TH (mg/L)	398.6	230.6	116	88	122.5	92	82	108	<500	< 200
TA (mg/L)	0	20	0	0	0	0	0	0	8	-
TAC (mg/L)	129	61.38	75	52.5	73.5	55.6	47	66	500	-
[Cl⁻] mg/L	324.22	33.8	282	232	341.47	126.77	312.2	80	500	250
[Ca²⁺] mg/L	131.5	64.48	106.3	76.15	111.2	72.14	72.14	80.16	200	200
[Mg²⁺] mg/L	17.08	16.93	9.55	11.89	9.13	19.6	9.6	27.84	150	50
[K⁺] mg/L	0	0	12.5	5.98	25.1	2.17	4.48	2.18	12	12
[Na⁺] mg/L	149.3	76	49.8	26.5	50.5	59	35	38	200	150
[NH₄⁺] mg/L	0.04	0.06	0	0	0	0	0	0	0.05	0.05
[HCO₃⁻] mg/L	524.5	48.9	75	52.5	73.01	55.6	47	66	600	-

IV.4.1.1. Résultats des Paramètres Physiques

IV.4.1.1.1. Le pH

Le pH dépend de l'origine des eaux, de la nature géologique du substrat. Il résume la stabilité de l'équilibre établi entre les différentes formes de l'acide carbonique et il est lié au système tampon développé par les carbonates et les bicarbonates. Les valeurs du potentiel d'hydrogène pH de l'eau analysée pour les huit (08) sources sont données dans le tableau IV.1 et sur la figure IV.2.

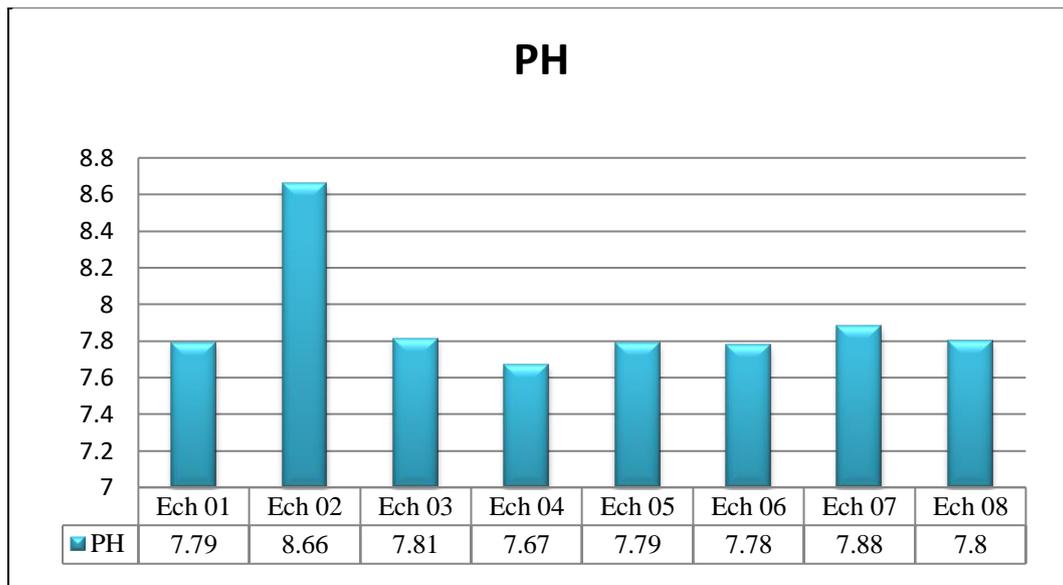


Fig IV.2 : Evaluation de PH des échantillons.

▪ Discussion

La première remarque à souligner, le pH caractérisant les sources du secteur de Miliana, se caractérise par une fluctuation élevée ($\Delta pH = 0,87$) par contre dans le pH du secteur d'Ain Defla est sensiblement constant ($\Delta pH = 0,12$). Selon les normes du pH requises par l'OMS [6,5 à 8,5], les résultats semblent répondre aux normes à l'exception de la source N°02 Darri de Miliana de la région d'Ain Defla. Le pH des autres sources varié entre 7.67 et 7.88 donc ne dépasse pas la norme Algérienne [6.5- 8.5] et la norme d'OMS, donc la qualité de l'eau dans la région d'étude est acceptable en termes de pH.

IV.4.1.1.2. Température

La température permet de corriger les autres paramètres chimiques, comme le PH, la conductivité. L' (OMS, 2006) avec une norme de [12°C à < 22 °C], un dépassement au de la 22 °C présent un risque sur la physiologie digestive car ceci favorisé la croissance de certaine micro-organisme potentiellement pathogènes et perturbe l'équilibre ionique à travers les membranes cellulaires. Les températures expérimentales obtenues, sont données dans le tableau IV.1 et sur la figure IV.3

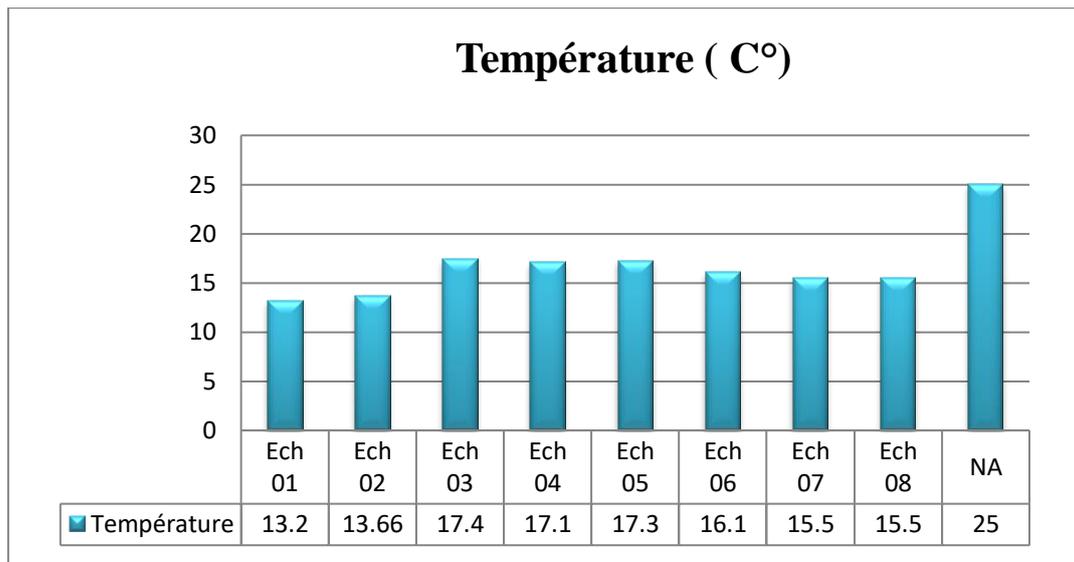


Fig IV.3: Evaluation de la température (T °C) des échantillons étudiés.

▪ Discussion

Les températures enregistrées varient entre 13.2 °C à 17.4° C, d'après les résultats des températures de l'eau étudiée, on constate que la T caractérisant les sources du secteur de Miliana, se caractérise par une fluctuation sensiblement constant ($\Delta T = 0,3$), par contre la T du secteur d'Ain Defla est plus élevée ($\Delta T = 1.9$). Ces température varient selon le climat de la zone d'étude, dans l'ensemble Les résultats de T des échantillons présentent des valeurs satisfaisantes, répondent aux normes Algériennes et normes de l'OMS. donc la qualité de l'eau dans la région d'étude est bonne en termes de T .

IV.4.1.1.3. Conductivité électrique

La conductivité se traduit pour la minéralisation totale de l'eau. Selon l'OMS Elle varie entre [200 - 2000 μ s/cm]. Les valeurs de la conductivité électrique des sources d'eau de la région d'étude sont regroupées dans le tableau IV.1 et représentées sur la figure IV.4.

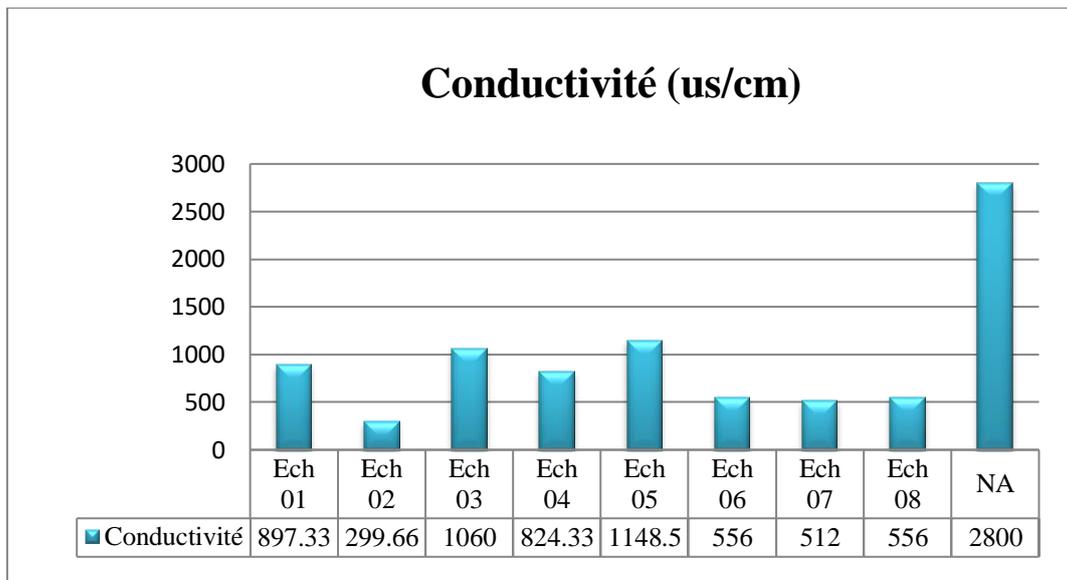


Fig IV.4 : Evaluation de la conductivité des échantillons étudiés.

▪ Discussion

La mesure de ce paramètre permet d'apprécier la qualité des sels dissous dans l'eau. Les valeurs de conductivité enregistrées ont montré une valeur minimale de 299.6 $\mu\text{s/cm}$ (source 02) et une valeur moyenne avec un minimum 512 $\mu\text{s/cm}$ (source 07), sensiblement constante aux deux sources (06 et 08) avec 556 $\mu\text{s/cm}$ et un maximum de l'ordre de 1148.5 $\mu\text{s/cm}$ (05). d'après ses résultats on remarque que la conductivité caractérisant les sources du secteur de Miliana, se caractérise par une fluctuation moins élevée ($\Delta\text{COD} = 597.7$) Par rapport à celle dans les sources du secteur 2 qui est plus élevée ($\Delta\text{COD} = 636$), d'où les eaux de sources du secteur d'Ain defla sont les plus conductrices. Et selon les normes de Conductivité requises par l'OMS [200 à 2000 $\mu\text{s/cm}$] et à celle donnée par la norme algérienne (2800 $\mu\text{s/cm}$), la qualité des sources d'eau étudiées dans la région est en conformité en termes de conductivité.

IV.4.1.1.4. Turbidité

La turbidité représente la transparence d'une eau, cette transparence peut être affectée par la présence des particules en suspension organiques et/ou inorganiques. L'OMS (2006) fixe une norme pour une bonne qualité de l'eau potable de Néphélobimétrie Turbide Unit (NTU) < 5 = eau claire. La figure IV.5 représente la variation de turbidité dans les eaux pour les différentes sources étudiées.

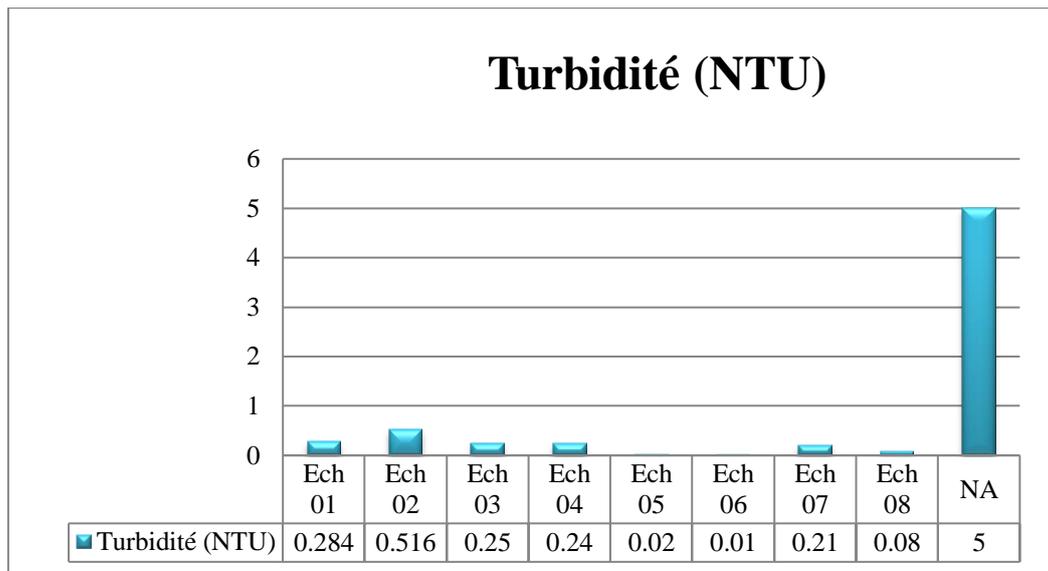


Fig IV.5 : Evaluation de la turbidité des échantillons étudiés.

▪ Discussion

D'après les résultats obtenus, on constate que les valeurs de turbidité enregistrées dans les sources du secteur Miliana (0.28 et 0.52 NTU) sont maximales par rapport aux celles des sources de secteur d'Ain defla, qui sont sensiblement moyenne et presque proche de 0, donc on peut dire que les eaux de sources de miliana sont troubles par rapport aux autres. Mais dans l'ensemble les valeurs de turbidité des échantillons varient entre (0.01 NTU à 0.5 NTU) sont toujours en conformité avec les normes Algérienne et celle requises par l'OMS [< 5 NTU], Ce qui signifie que les eaux de sources de région d'Ain defla ont une bonne qualité à côté de la turbidité.

IV.4.1.2. Paramètres chimiques

IV.4.1.2.1. Titre Alcalimétrique (TA)

Le titre alcalimétrique mesure la teneur de l'eau en ions hydroxydes (OH^-) et la valence de carbonates.

La figure IV.6 représente la variation de Titre Hydrométrique dans les différentes sources.

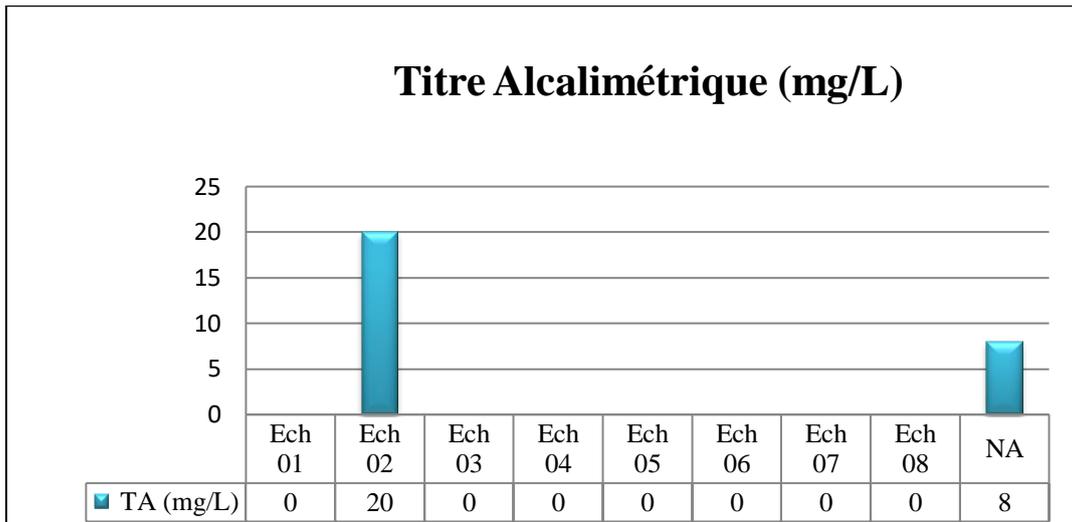


Fig IV.6 : Evaluation de la Titre Alcalimétrique TA des échantillons étudiés.

▪ **Discussion**

Les résultats obtenus montrent une absence totale de TA dans les échantillons étudiée sauf que l'échantillon N°02 (Darri) une source du secteur de miliana, qui a une alcalinité trop élevée et dépasse les normes Algériennes (8mg/L), donc a l'exception de cette eau les restes sont conformes aux normes

IV.4.1.2.2. Titre Alcalimétrique complet (TAC)

Le titre alcalimétrique complète ou TAC. Correspond à la teneur de l'eau en alcalins libres, carbonates et hydrogénocarbonates. La figure IV.7 représente la variation de Titre Alcalimétrique complet dans les eaux des différentes sources.

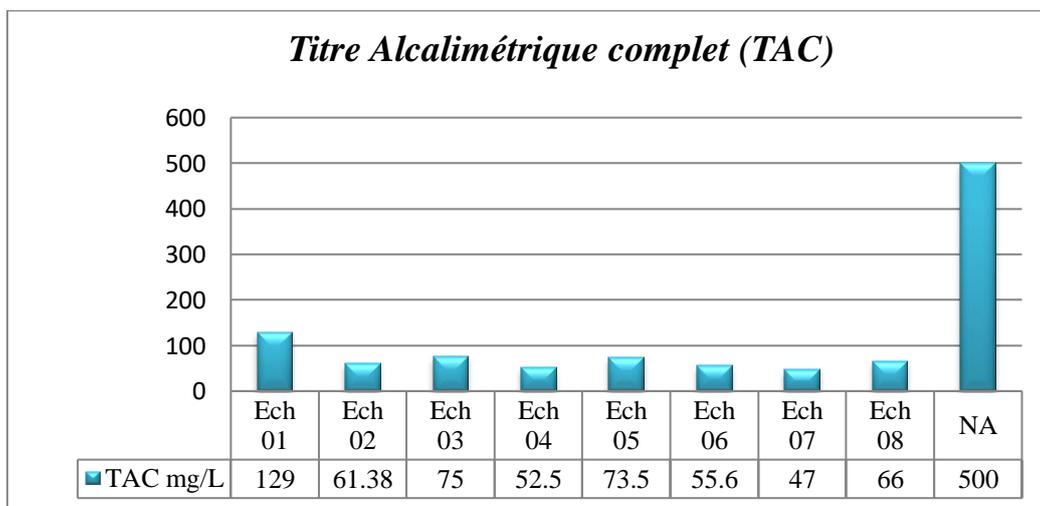


Fig IV.7 : Evaluation de la Titre Alcalimétrique Complete TAC dans nos échantillons étudiés.

▪ Discussion

D'après les résultats de TAC enregistrées, on remarque que la valeur de TAC caractérisant les sources du secteur 1, se caractérise par une fluctuation élevée ($\Delta TAC = 68$) par rapport à celle caractérisant les sources du secteur d'Ain defla par une fluctuation sensiblement constatée ($\Delta TAC = 28$). Dans l'ensemble les échantillons étudiés présentent des valeurs variées entre [47 et 129 mg/L] répondant aux normes d'OMS et Algérienne de 500 mg/L.

IV.4.1.2.3. Titre Hydrométrique (Dureté Totale)

La dureté d'une eau reflète sa concentration en sels minéraux dissous plus particulièrement en ions de $[Ca^{2+}]$ et $[Mg^{2+}]$, plus cette concentration est élevée plus l'eau est dure. L'OMS (2006) fixe une norme de (TH < 200 mg/L) pour une eau convenable à la consommation humaine. La figure IV.8 représente la variation de Titre Hydrométrique dans les eaux des différentes sources étudiées.

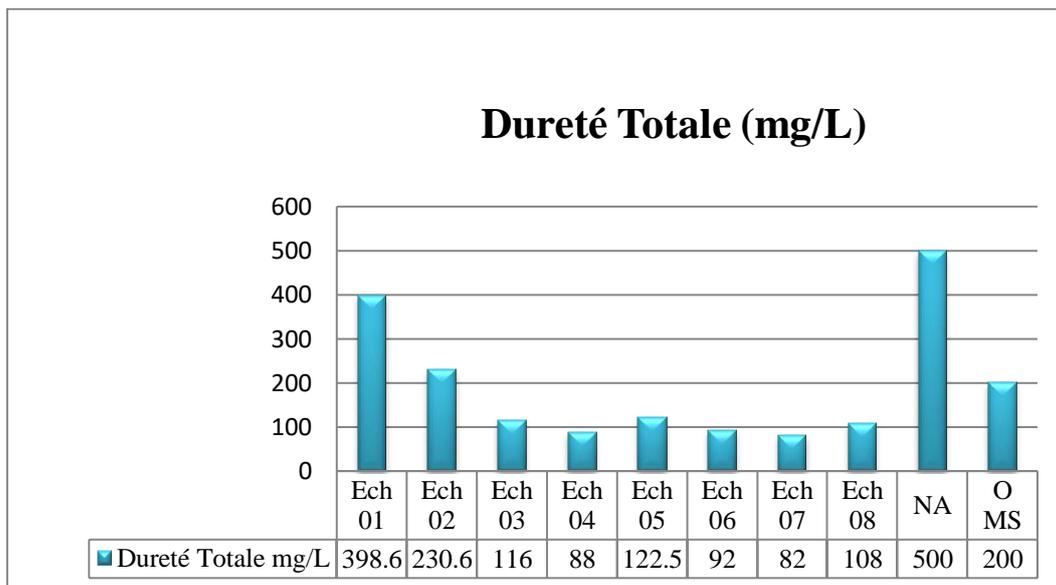


Fig IV.8 : Evaluation de la dureté de l'eau (TH) des échantillons étudiés.

▪ Discussion

Les résultats obtenus montrent que les sources (01,02) de secteur 1 de Miliana sont les plus dures avec une fluctuation très élevée ($\Delta TH = 168$) par contre le TH caractérisant les sources du secteur d'Ain defla se caractérise par une fluctuation faible l'égerment ($\Delta TH = 38$) donc ces eaux sont les moins dures, mais dans l'ensemble les valeurs enregistrées ne

dépassent pas les normes Algériennes et d'OMS (500 et 200 mg/L), donc la qualité de l'eau dans la région d'étude elle est acceptable en termes de TH .

IV.4.1.2.4. Calcium et Magnésium

L'ion de calcium (Ca^{2+}) et l'ion de magnésium (Mg^{2+}) sont des éléments que l'on retrouve abondamment dans le sol et la roche ; ils sont essentiels à la santé de l'être humaine. D'après l'OMS (2006) pour une eau potable de bonne qualité présente une concentration de Ca^{2+} de 50 à 200 mg/L et pour le Mg^{2+} elle est de 30 à 50 mg/L.

➤ Calcium [Ca^{2+}]

L'ion de calcium (Ca^{2+}) est présent dans l'eau potable par deux origines naturelles :

- Soit la dissolution des formations carbonatées (CaCO_3),
- Soit la dissolution des formations gypseuses (CaSO_4).

D'une part peut avoir des effets bénéfiques comme le blocage de l'absorption des métaux lourds, il accroît la masse osseuse et prévient certain type de cancer du côlon chez les humaines et même faire disparaître les premiers signes de cancer colorectale.

La figure IV.9 représente la variation des ions de calcium de l'eau des sources de la région d'étude.

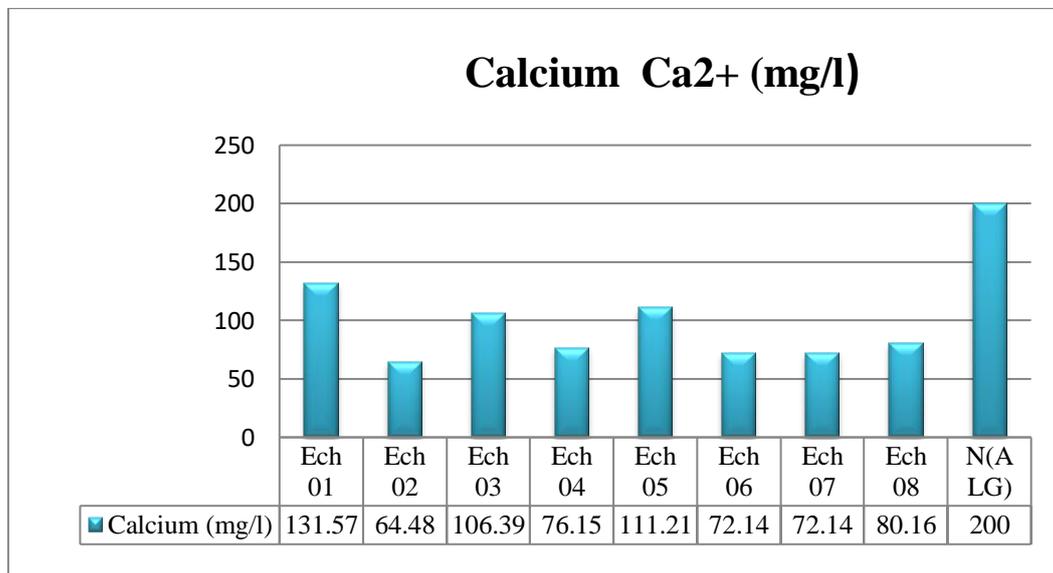


Fig IV.9 : Evaluation de la concentration de Calcium des échantillons étudiés.

▪ Discussion

D'après résultats obtenus, on remarque que la teneur de Magnésium caractérisant les sources du secteur 1 Miliana, se caractérise par une fluctuation élevée ($\Delta[\text{Ca}] = 67$), par contre une fluctuation sensiblement constante ($\Delta[\text{Mg}] = 39$) dans les sources du secteur 2 d'Ain defla, donc les eaux de secteur 1 sont les plus riches en calcium, d'autre part toutes Les résultats obtenus présentent des valeurs comprises entre 64.48 à 131.5 mg/L réponde aux normes Algérienne et celle de l'OMS 200 mg/L, donc les résultats obtenus prouvent la qualité de sources étudiées.

➤ Magnésium [Mg^{2+}]

L'ion de magnésium (Mg^{2+}) est un élément indispensable au métabolisme du corps humaine, car le Mg^{2+} est indispensable à la régulation de la perméabilité cellulaire, une concentration de cet élément perturbe gravement les fonctions cardiovasculaires, neuromusculaire et sur toute rénales. L'inconvénient le plus évident de la présence de Magnésium dans l'eau potable est son effet laxatif. Le corps humain demande environ 25g de Mg^{2+} . L'apport en Mg^{2+} fourni par l'eau potable varie considérablement selon la dureté de celle-ci. L'apport quotidien chez sujet consommant 1,5 litre d'eau chaque jour se situerait entre 1,5mg/l (eau douce, 1mg/l de Mg^{2+}) et 37,5 mg/l (eau dure, 25mg/l de Mg^{2+}). La figure IV.10 représente la variation de Magnésium dans les eaux des différents échantillons des sources étudiées.

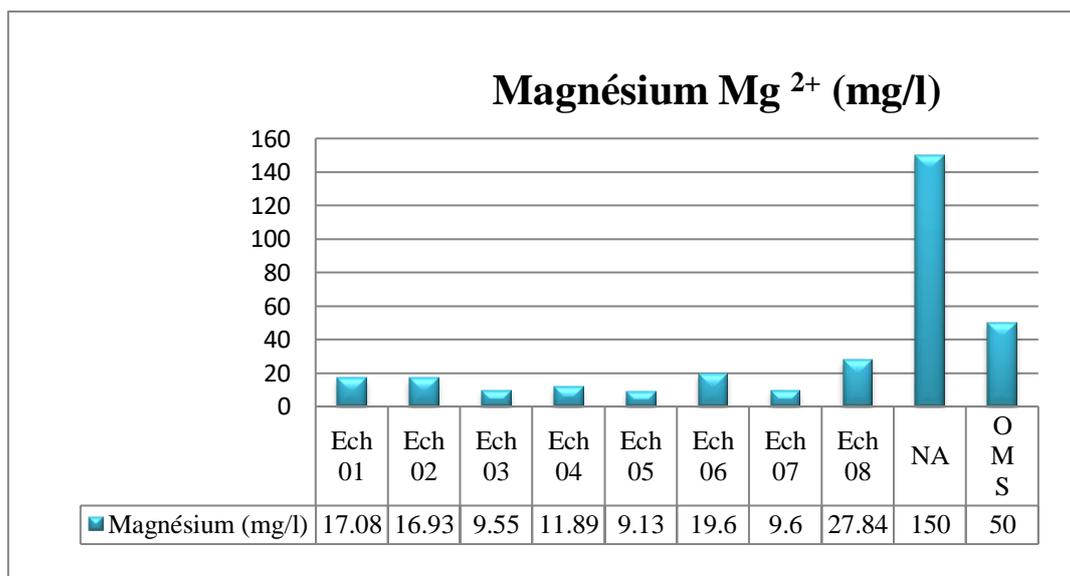


Fig IV.10 : Evaluation de la concentration de Magnésium des échantillons étudiés.

▪ Discussion

D'après résultats obtenus, on constate que la teneur de Magnésium caractérisant les sources du secteur 1 Miliana est constante, se caractérise par une fluctuation de ($\Delta[Mg] = 0.1$), par contre une fluctuation très élevée $\Delta[Mg] = 17$ dans les sources du secteur 2 d'Ain defla, donc ces eaux sont les plus riches en Magnésium, d'autre part toutes les résultats corresponde aux normes requises par l'OMS (50 mg /L) et celle Algériennes (150mg/L), alors la qualité de l'eau elle est acceptable en termes de teneur de Magnésium.

IV.4.1.2.5. Chlorure [Cl⁻]

Les chlorures sont largement répandus dans la nature, généralement sous formes des sels de sodium (NaCl) ou de potassium (KCl). Les eaux de mer contiennent la plus grande quantité de chlorure dans l'environnement. L'effet nocif de chlorure sur la santé résulte dans hypertension sensible ou sodium (Na). La figure IV.11 représente la variation des ions de chlorure dans l'eau des sources étudiées.

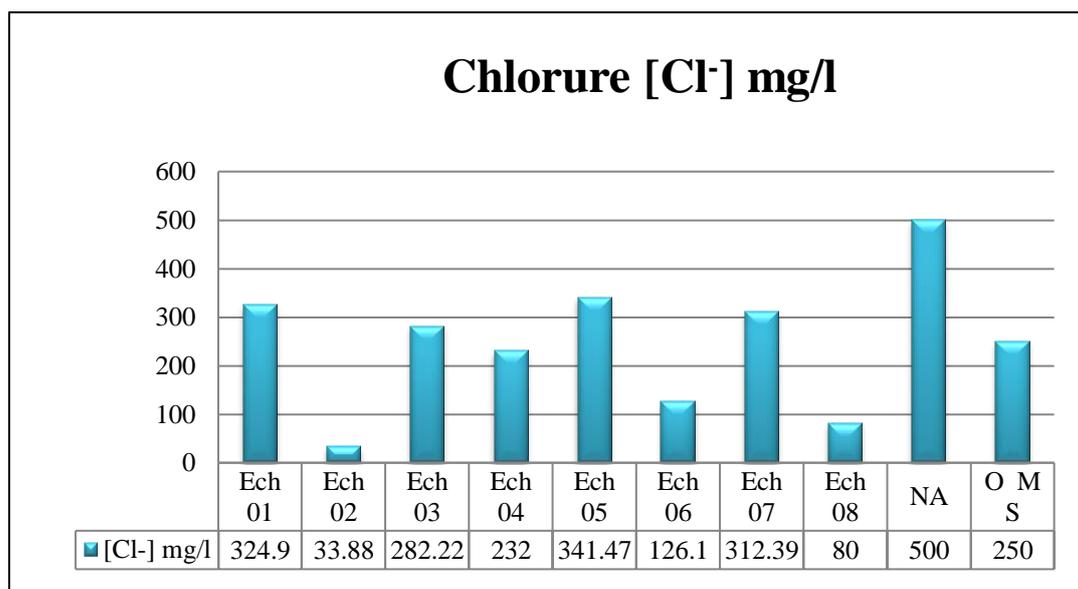


Fig IV.11 : Evaluation de la concentration de chlorure (Cl⁻) des échantillons étudiés.

▪ Discussion

Les normes Algériennes de la potabilité de l'eau et l'OMS (2006) fixé une norme opportune de chlorure à valeur de Maximum 500 mg/l. les résultats montrant que les 8 échantillons étudiés présentent des valeurs répondues aux normes d'OMS. Sauf que l'eau de la source (02) présent une teneur de chlorure légèrement faible par rapport les normes d'OMS.

IV.4.1.2.6. Bicarbonate [HCO_3^-]

L'alcalinité c'est une mesure globale évaluant en bloc des carbonates et des bicarbonates alcaline ou alcalino-terreux, et des bases fortes. Le bicarbonate intervient également dans le traitement de l'eau notamment comme régulateur de PH. Pour une bonne qualité de l'eau potable l'OMS (2006) fixe une norme compris de Maximum 600 mg/L.

La figure IV.12 représente la variation des Bicarbonate dans l'eau des sources étudiées.

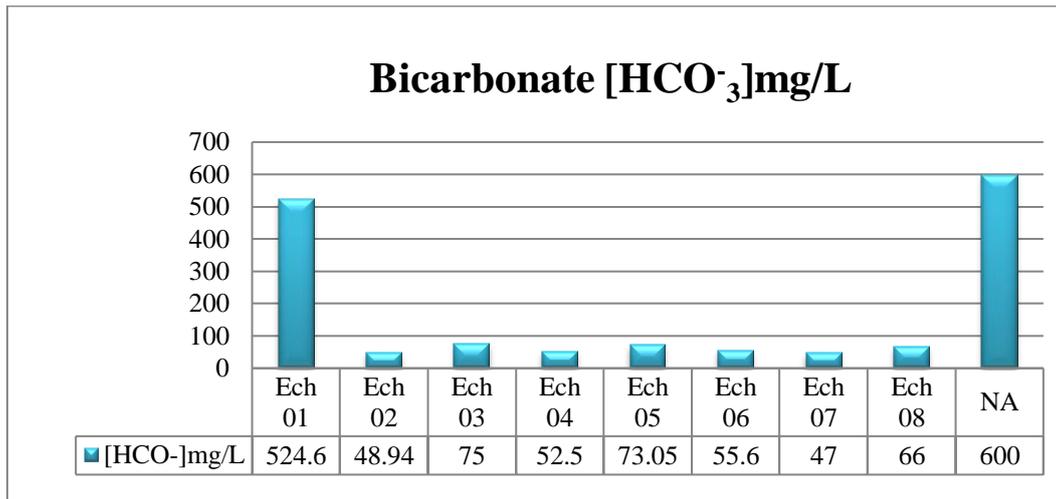


Fig IV.12 : Evaluation de la concentration de Bicarbonate (HCO_3^-) des échantillons étudiés.

▪ Discussion

Les résultats montrent que les échantillons étudiés présentent des valeurs légèrement faible par rapport les normes d'OMS. Sauf que l'eau de la source (01) du secteur de miliana présent une valeur forte par rapport aux autres 7 sources.

IV.4.1.2.7. Ammonium [NH_4^+]

Dans l'eau, L'azote réduits soluble se retrouve sous deux formes; l'ion ammonium (NH_4^+) et la seconde non dissociée communément appelée ammoniaque (NH_3). En ce qui concerne la toxicité de l'ammoniaque, il est reconnu que ce n'est pas la Forme ammoniaque ionisée qui est toxique, mais celle non ionisée dont la proportion dépend du PH et de la température. La figure IV.13 représente la variation d'Ammonium dans l'eau des sources étudiées.

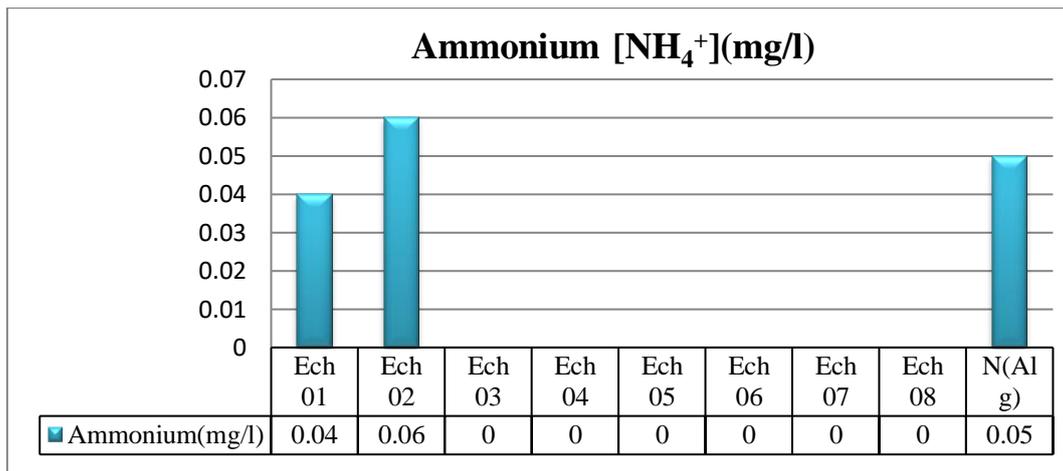


Fig IV.13 : Evaluation de la concentration d'Ammonium (NH⁺ 4) des échantillons étudiés.

▪ Discussion

Les résultats montrant que la teneur d'Ammonium [NH⁺ 4] dans les sources du secteur 1 est tellement forte dans lequel la source (02) dépasse légèrement les normes Algériennes ([NH⁺ 4] = 0,5 mg/l) et celle de l'OMS ,la teneur de [NH⁺ 4] dans la source (01) est conforme, par contre une absence totale des ions ammoniac dans les sources du secteur 2 d'Ain defla (03,04,05,06,07,08) ce qui est conforme aux normes Algérienne(2011) et OMS (2006) fixant la limite 0.05mg/L.

IV.4.1.2.8. Potassium [K⁺]

Le Potassium un métal alcalin, étroitement rattaché au sodium à tel point, qu'il est rarement analysé comme un constituant à part dans les analyses de l'eau. Sa présence est moins répandue dans la nature. Il est lié surtout à l'utilisation de certains engrais. La teneur en potassium autorisée pour l'eau potable est seulement de [12 mg/L] (OMS 2006) et norme (Algérienne 2011).

La figure IV.14représente la variation des ions de Potassium dans l'eau des sources étudiées.

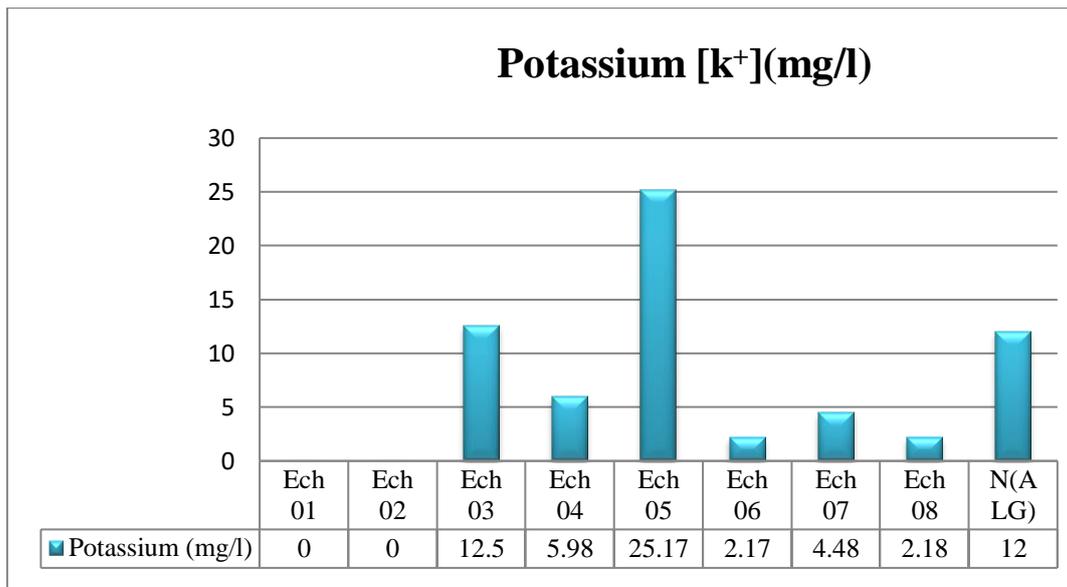


Fig IV.14 : Evaluation de la concentration de Potassium (K⁺) des échantillons étudiés.

▪ Discussion

Les résultats montrent une absence totale de Potassium dans les échantillons (01,02) des sources du secteur 1 Miliana, par contre les échantillons des sources de secteur 2 notées par (04, 06, 07,08) ont des proportions inférieures à 12 mg/L, à l'exception des échantillons (03,05) ce qui montre une teneur de 12.5 et 25.5mg/L cela est due probablement a la percolation de certain type d'engrais utilisé en agriculture (KCl).

IV.4.1.2.9. Sodium [Na⁺]

Les sodiums dans les eaux proviennent généralement du lessivage des formations géologiques, de la dissolution de l'halite et des eaux marines, sol salin, pesticides, déchets des animaux, et rejets des eaux usées domestiques. L'OMS (2006) fixe une norme de ([Na⁺] = [150 à 200] mg/L) pour une eau convenable à la consommation humaine, et les normes Algériennes (2011) de la potabilité des eaux à (200 mg/L). La figure IV.15 représente la variation des ions de Sodium dans l'eau des sources étudiées.

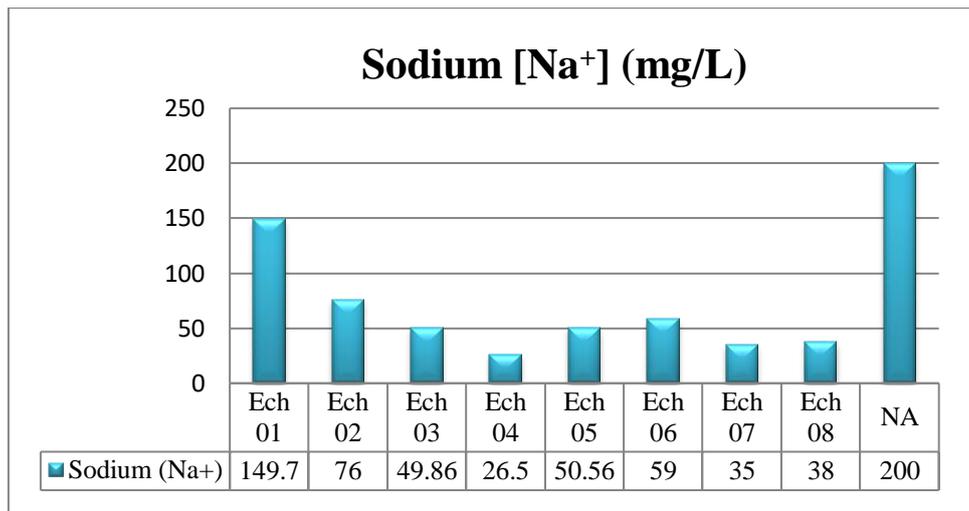


Fig IV.15 : Evaluation de la concentration de sodium [Na⁺] dans les échantillons étudiés.

▪ Discussion

D'après résultats obtenus, on remarque que la teneur de Sodium caractérisant les sources du secteur 1 Miliana, se caractérise par une fluctuation élevée ($\Delta[\text{Na}] = 73$), par contre une fluctuation sensiblement constante ($\Delta[\text{Na}] = 21$) dans les sources du secteur 2 d'Ain defla, donc les eaux de secteur 1 sont les plus riches en Sodium, d'autre part toutes Les résultats obtenus demeurent toujours dans le respect de norme Algérienne (200mg /L) et celle d'OMS (2006).

IV.4.2. Résultats des analyses bactériologiques

Pour une eau de bonne qualité bactériologique l'absence totale des germes Pathogènes est souhaitable pour une conformité aux normes national et international. Par contre l'eau de mauvaise qualité bactériologique est basée sur le dénombrement des germes pathogènes tels que les coliformes fécaux, totaux, les streptocoques fécaux et les Clostridium sulfito réducteurs... (Bouhaous M et Bengharez Z 2012). Les analyses bactériologiques effectuées sur les échantillons consistent à la recherche Des Coliformes totaux, Streptocoques fécaux, E coli et Clostridium sulfito réducteurs. Les résultats bactériologiques obtenus sont représentés sur ce tableau :

Tableau IV.2 : Résultats d'analyse bactériologique des sources étudiées.

Paramètre Bactériologique (UFC/100ml)	Les échantillons								Normes Algériennes (2011)	Normes OMS
	01	02	03	04	05	06	07	08		
Germes Totaux UFC/100ml)	-	-	12	288	46	+	240	140	100 germes/ml	100 germes/ml
Coliformes totaux UFC/100ml)	0	0	0	3	0	1	0	0	0	0
E. coli UFC/100ml)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Streptocoques fécaux UFC/100ml)	0	39	0	0	0	0	0	0	0	0
Clostridium sulfito- réducteurs UFC/100ml)	0	0	0	0	+	0	0	0	0	0

IV.4.2.1. L'analyse bactériologique des Germes Totaux à (37 °C)

D'après les résultats obtenus, on constate que le nombre des *germes totaux* à 37°C pour les échantillons seulement de la 2^{ème} étude sont supérieurs à celui exigé par les normes de l'organisation mondiale de la santé (OMS, 2006) sauf un seul échantillon qui est inférieur à la norme indiquée, ce qui nous permet de conclure que 5/6 des sources étudiées sont contaminées par les germes totaux à 37°C. Cette contamination peut être causée par les déchets industriels ou par les eaux usées domestiques.

IV.4.2.2. L'analyse bactériologique des coliformes totaux

Les *coliformes totaux* se trouvent généralement dans la nature associés à la matière organique en décomposition. Depuis très longtemps ils sont considérés comme indicateurs de la qualité microbienne de l'eau parce qu'ils peuvent être indirectement associés à une pollution d'origine fécale et sont cependant très utiles comme indicateurs de l'efficacité du traitement et de la décroissance bactérienne après traitement.

On remarque l'absence totale des *coliformes totaux* dans 6/8 des sources étudiées ce qui est conforme aux normes (OMS), cependant on note la contamination de « Ain Hidjel » et « M'Zentout » avec un nombre de 1 et 3 coliformes/ml respectivement, leur nombre est

supérieur à la norme indiquée par l'OMS, ceci est vrai semblablement dû à une contamination fécale récente par des animaux.

IV.4.2.3. L'analyse bactériologique des coliformes fécaux ou E. coli

Les coliformes fécaux sont des bactéries d'origine fécale qu'on retrouve dans le tube digestif des humains et des animaux, et sont capables de fermenter le lactose à 44°C thermotolérants du genre d'*Escherichia coli* elles sont considérées comme étant des organismes indicateurs de pollution. La réglementation Algérienne exclue impérativement la présence des coliformes fécaux dans 100 ml, comme l'indique celle de l'OMS ce qui nous amène à dire 8/8 des nos sources analysées sont conformes aux normes (OMS).

IV.4.2.4. L'analyse bactériologique des Streptocoques Fécaux

La même exigence pour les *coliformes fécaux* est portée sur les *Streptocoques fécaux*. Ils témoignent d'une contamination fécale ancienne tandis que les *coliformes fécaux* témoignent d'une contamination d'origine fécale récente. *Les streptocoques fécaux* dans tout montrent une absence totale de *Streptocoque* dans l'eau des sources (01, 03, 04, 05, 06, 07,08) sont conformes aux normes (OMS). Par contre il ya un nombre de 39 UFC/ 100ml dans l'eau de la (source 02), ce qui est dépassé les normes d'OMS et Algériennes, donc elle est indiquant à une contamination fécale récente par des animaux.

IV.4.2.5. L'analyse bactériologique des Clostridium sulfito- réducteur

Ce sont des bactéries très répandues dans la nature, elles se trouvent dans les intestins des animaux, elles peuvent provoquer des maladies mortelles. La plupart des espèces de *Clostridium* sont des bactéries telluriques, mais sont également isolées dans l'intestin et les selles de l'homme et de divers animaux. Ainsi la présence de *Clostridium* dans les eaux signe en général, une contamination fécale c'est ainsi qu'on note cette contamination dans la (source05) d'Ain Moubaraka certainement due au pâturage des animaux dans la zone. Par contre une absence totale de *Clostridium -Sulfito Réducteurs* dans l'eau des sources (01, 02, 03, 04, 06, 07,08) est conforme aux normes.

Conclusion Générale

Conclusion Générale

Conclusion Générale

L'eau constitue un élément essentiel pour l'organisme humain, et sa consommation journalière par tous implique une surveillance étroite tant sur le plan physico-chimique et bactériologique. L'étude bibliographique menée, a pour but d'élaborer une synthèse bibliographique sur la qualité et la potabilité des eaux de sources dans la wilaya d'Ain Defla. Les résultats des analyses physico-chimiques et bactériologiques effectués sur différents points d'eau appartenant à cette région, ont permis de signaler les faits suivants :

- Du point de vue physico-chimique, les eaux étudiées sont dans l'ensemble de très bonne qualité de potabilité, l'analyse des paramètres physico-chimiques (PH, Température, Conductivité, Turbidité, Titre hydrotimétrique, Titre alcalimétrique complet, Titre alcalimétrique simple, Chlorure, Dureté calcique, Titre Magnésique, Ammonium, Fer, Potassium, Sodium, , Hydrogénocarbonate), a montré des valeurs plus homogènes et sensiblement constants à l'exception des deux sources (Ain karma et Ain Moubarak) où il a été constaté des anomalies concernant la teneur en potassium, obéissent tous aux règles des normes de potabilité des eaux exigées par la réglementation algérienne ainsi qu'à la réglementation internationale exigée par l'OMS (les valeurs des résultats d'analyses étant toutes inférieures par rapport aux valeurs limites).
- Du point de vue bactériologique les eaux des sources examinées sont des eaux de bonne qualité bactériologique sauf la source de Darri appartenant à Miliana où il a été constaté des anomalies mais qui ne sont pas dangereux. L'exploitation de cette source exige un contrôle bactériologique continu.

A la lumière des résultats obtenus, les échantillons d'eau des sources étudiées répondent aux normes de qualité physico-chimique et bactériologique exigées par l'organisation mondiale de la santé (OMS) et par la réglementation Algérienne, donc nous pouvons conclure que l'eau de ces sources appartenant à la wilaya d'Ain Defla, est de bonne qualité physico-chimique ainsi que bactériologique. La préservation de la santé de la population vient en premier lieu. Pour cela, il est vivement recommandé une surveillance accrue ponctuée par un contrôle rigoureux et régulier de cette matière sensible, tout au long de l'année. Ceci permet de préserver la qualité des eaux de la région et de se prémunir contre toutes formes de pollutions

*Références
bibliographiques*

Références bibliographiques

A

Algéo (Alger Géophysique), (1997) : Etude Géophysique Dans la Plan De Guelma. Rapport Interne, 28 p.

Amirat. A, Neciri .S, (2017) : Etude de la qualité bactériologique de l'eau de citerne vendue dans la ville d'Ouargla, mémoire de master, université Kasdi Merbah, Ouargla, Algérie.

Apfelbaum, (1995) : Diététique et nutrition 3éme. Edition Masson.

Ayad.W, (2016) : Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines : cas des puits de la région d'el-harrouch (wilaya de Skikda), mémoire de doctorat, université Badji Mokhtar, ANNABA, Algérie.

B

Béchaux .J. (1978) Mémento technique de l'eau. Lavoisier, paris France.

Ben ChahbaH et Ben Hannour N, (2017) Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de sources dans la localité de Miliana (Aine Defla)", Mémoire de recherche pour l'obtention d'un diplôme de Master en Sciences Agronomiques, Université Abdelhamid ben Badis-Mostaganem, Algérie.

Benaouda .A, (2015) : Étude et analyse des propriétés de l'eau potable au sein de l'ADE, mémoire de master, Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem, Algérie.

Benaouda .W, (2015) : Étude qualitative physico-chimiques de l'eau de la ville de TLEMCEM destinée à la consommation humaine et aux nourrissons, mémoire de master, université de Tlemcen, Algérie.

Benkhettal. M, Cherfi .A, (2017) : Contribution à l'étude des paramètres physico-chimique et bactériologique des eaux des 04 sources karstiques de la région Nord-est de Bejaia-Algérie, mémoire de master, Université A. MIRA, Bejaia, Algérie.

Bliefert et Perraud (2001). Chimie de l'environnement air, eau, sols, déchets. Edition de Boeck.

Boeglin .J.C. Propriétés des eaux naturelles. Technique de l'ingénieur, traité environnement, G1 110.

Boeglin. J .C. 1999. Propriétés des eaux naturelles. Technique de l'ingénieur, traité

Bouhaous M et Benghraz Z (2012) : Contamination des eaux souterraines par les nitrates : Analyses microbiologique, source de contamination et évaluation

Références bibliographiques

sanitaire. Edition universitaire Européennes (EUE). Saarbrücken, Deutschland. Allemagne.

Bouziati .M. (2000) : L'eau de la pénurie aux maladies. Edition ibn khaldoun.

C

Claude.C. (1999) : Les traitements de l'eau. Procédés physicochimique et biologique. Edition Ellipses.

Cresson. E. (1999). Le journal de l'eau de l'environnement.

D

Dajoz.R, (1982) : Précis d'écologie. 4ème édition, Gauthier Villars, p : 525

Degrement, (1989) : Mémento technique de l'eau, Technique et documentation, tome1.

Dellaras.C et Trébaol.B, (2003) : surveillance sanitaire et microbiologique des eaux ; réglementation, prélèvements Analyses.

Diarra.S, Deua (2001) : Etude de la fluctuation du niveau piézométrique de la nappe alluviale du haut Chélif, Université de Blida.

G

Gaacia M. (2006). Plantes colorantes Teintures : le nuancier de couleurs .Ed Edisud.

Ghazali, D., Zaid, A. (2013) : Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de la source Ain Salama-Jerri (région de Meknès, Maroc). Larhyss Journal, ISSN 11123680, n° 12, pp. 25-36.

Gommella G. (1978). Les eaux usées dans les agglomérations urbaines aux rurales. Edition Evrolles. Paris. France.

H

Hachemaoui.B, (2013) : qualité physico-chimique de l'eau dessalée et traitée par la station de dessalement de l'eau de mer de souk tlata - teneurs en bore, nitrites, nitrates et métaux lourds, mémoire de master, université Abou Bekr Belkaid Tlemcen, Algérie.

Hadef D. et Hasni M, (2017) : Etude des propriétés physico-chimique et bactériologiques de l'eau de l'oued Boutane région Khemis Miliana Ain defla, Mémoire master en chimie

Références bibliographiques

pharmaceutique et substance naturelle, Université Djilali Bounaama khemis Miliana, Algérie.

Hamed .M, Guettache. A, Bouamer .L, (2012) : Etude des propriétés physico-chimiques et bactériologiques de l'eau du barrage Djorf-Torba Bechar, mémoire de master, Université de Bechar, Algérie.

K

Kemmer F. (1984). Manuel de technicien sanitaire, Edition OMS.

Kerdoussi. A, (2010) : Moule Pern a perna peuplant le golfe d'Annaba : croissance, reproduction et qualité bactériologique, mémoire magistère, université Badji-Mokhtar Annaba, Algérie.

Kettaba A, Mitiche R, et Bennacarn (2008). De l'eau pour développement durable, Enjeux et stratégies. Revue des sciences de l'eau. Journal of water science 21(2) :247-256.

Kombassare A. (2007). L'accès à l'eau potable et les risques diarrhéiques dans les zones irrégulières d'Ouagadougou : les cas de Yamtegnna, Mémoire de Matrice de Géographie, Université de Ouagadougou.

M

Mansour .Y, Djaballah.S, (2016) : Analyse microbiologique de l'eau distribuée dans la ville de Tébessa, mémoire de master, Université Larbi Tébessi, Tébessa, Algérie.

Marie-Claire Hennion, 2005. L'évolution des systèmes analytique, ESPCI, Paris, JOURNEES MIEC-JIREC.

Mohammedi I. et Mayou O, (2015) : Evolution du transport solide et la qualité des eaux cas du bassin versant de l'oued Harza dans la wilaya d'Aine Defla " Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master en science de la vie et nature, Université de Khemis Miliana, Algérie,

O

Ouali M. (2001). Traitement des eaux, Ed office des publications universitaires, Alger.

Ouesseini Daouda B. et Sanoussi M. (2017) : Qualité physico-chimique et bactériologique des eaux des sources de la région de Aine Defla " Mémoire de recherche pour l'obtention d'un diplôme de Master en génie de procédé spécialiste génie des procédés de l'environnement, Université de Djilali Bounaama Khemis Miliana, Algérie.

Références bibliographiques

R

Rakotondrabe, "Etude de la vulnérabilité des ressources en eau au changement climatique par la logiciel WEAP 21 : cas du bassin versant de Morondava (Sud-ouest Madagascar)", Mémoire de recherche pour l'obtention du diplôme d'études approfondies en Hydrologie.

Redjem .F, Rahmouni .R, (2017) : Evaluation de la qualité de l'eau potable distribuée dans la commune de Hamma Bouziane (wilaya de Constantine), mémoire de master, Université des Frères Mentouri Constantine, Algérie.

Rodier. J, (1996) Analyse De L'eau (Eau Naturelles, Eaux Résiduaire, Eau De Mer), 8èmeEdition, paris, 1260 p.

Remini B. (2008) : La problématique de l'eau en Algérie 2ème Edition, place de Benknoun (Alger) ,162p.

Rodier J. (2009) L'analyse de l'eau .9ème édition Dunod.

S

Sari. H, (2014) : Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source Attar, Tlemcen, mémoire de master, université Abou Bakr Belkaid, Tlemcen, Algérie.

Seghir .K, (2008) : Vulnérabilité à la pollution, protection des ressources en eaux et gestion active du sous système aquifère de Tébessa Hammamet, (Est Algérien), thèse de doctorat, université Badji Mokhtar-Annaba, Algérie.

Soudani.S, (2016) : Evaluation et caractérisation de l'eau potable dans différents quartiers de la ville de Biskra, mémoire de master, Université Mohamed Khider, Biskra, Algérie.

T

Takabait.F, (2012) : Traitement de l'Eau de Forage par Osmose Inverse au Niveau du Complexe Agroalimentaire Cevital, mémoire de master, Université A. MIRA, Bejaïa, Algérie.

V

Valiron F. (1985) : Gestion des eaux .Alimentation en eau .Assainment .