



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



Université Amar Thelidji- Laghouat

FACULTE : SCIENCES

DEPARTEMENT : SCIENCES AGRONOMIQUES

MEMOIRE DE MASTER

Présenté par : HADDAR Meriem, GUETTAL Aroua

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

FILIERE : SCIENCES ALIMENTAIRE

OPTION : AGROALIMENTAIRE ET CONTROLE DE QUALITE

Thème

**Evaluation de la qualité bactériologique et physicochimique
des eaux potables des communes de la partie aval d'Oued
M'zi. Wilaya de Laghouat.**

Jury de soutenance :

Nom et Prénom	Grade	Qualité
- M. MAKOUDI Morrad	MAA	- Président
- Mme. MENASRA Amina	MCB	- Examineur
- M. ROUGUI Tahar	MAA	- Encadreur
- M. HANNICH Hamada	Ingénieure ADE	- Co- Encadreur

Promotion : Juillet 2022

Remerciements

*Au terme de ce travail, nous voudrions exprimer notre profonde gratitude ;
et surtout à Dieu Tout-Puissant qui nous a aidé et nous a donné le
courage et la volonté de mener à bien cet humble travail. Ma sincère
gratitude et mes remerciements au professeur qui a supervisé notre
mémoire **M.ROUIGUI Tahar** pour son soutien et la disponibilité, dont il
a fait preuve par sa personne et ses moyens, dans la bonne humeur Encore
Merci-. Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury pour
l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre
travail et de l'enrichir par leurs propositions.*

*Nos remerciements sincères à tous les enseignants de département
d'agronomie .*

*Nous remercions les services de l'ADE : Monsieur **HAMADA** pour leur
encouragement et ses conseils. **ILHAM ET DALELE***

*Nous remercions chaleureusement nos parents pour leur soutien et leur
encouragement.*

*Enfin, nous tenons également à remercier toutes les personnes qui ont
participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

DEDICACES

Louange à Dieu le tout puissant.

À mes chers parents,

*Nul mot ne saurait exprimer à sa juste valeur le dévouement
et le profond respect que je porte envers vous, rien au monde ne
pourrait compenser tout ce que vous avez fait pour moi.*

*Que ce travail soit le témoignage de ma gratitude et mon
grand respect. Que Dieu, le tout puissant, vous préserve et vous
procure santé et longue vie.*

*À mes très chères frères, Hanan ; Tahar, Fatima al-Zahra ; et Iazhari et leurs
enfants, que Dieu les protège et prenne soin d'eux.*

*Merci pour vos encouragements, votre confiance, votre présence et votre soutien dans
les moments difficiles. Vous êtes les meilleurs frères pour moi. Que tous vos rêves se
réalisent et je vous souhaite tout le meilleur. Et le bonheur du monde,*

À toute ma famille,

Pour leur assistance et leur soutien.

À mes professeurs,

Pour leurs efforts, et leurs directives cruciales.

Tous mes chers amis,

Pour leur amour et leurs encouragements surtout Wafaa et Imane

*À ma soeur, qui n'a pas été mise au monde par ma mère, ma compagne de mon
parcours scolaire et ma collègue, Aroua.*

H. Meriem

DEDICACES

A ma très chère mère

Tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi. Ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études. Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que tu mérites pour tous les sacrifices que tu n'as cessé de me donner.

A mon très cher père

Tu as toujours été à mes cotés pour ma soutenir et m'encourager. que ce travail traduit ma gratitude et mon affection.

A mas très chère frères Hamid et Boulenouar et mes belles sœurs Nabila et Fatima

Et leurs enfants Amina, Mohammed et Atallah

A mes chères amies A mes chers collègues

Et bien sûr, ma belle amie Meriem, je t'offre une lettre de remerciement et de gratitude pour être toujours à mes côtés, car tu es la meilleure sœur et amie

Aroua

Table des matières

	Pages
Listes des abrégations	I
Listes des figures	III
Listes des tableaux	V
Listes des photos	VI
Résumé	VII
ملخص	VIII
Abstract	IX
Introduction	2
<i>Chapitre I : Généralités sur l'eau</i>	
I-1 Introduction	5
I-2-La molécule d'eau	5
I-2-1- Composition de la molécule d'eau	5
I-2-2- Etats physiques de l'eau	5
I-3-l'eau dans la nature	7
I-3-1-Le cycle d'eau	7
I-4- Ressources hydriques	7
I-3-2- Les ressources superficielles	7
I-3-2-2- Les ressources souterraines	8
I-4- L'utilisations de l'eau	8
I-4-1-l'utilisation domestique	8
I-4-2- l'eau dans l'agriculture	9
I-4-3- l'eau dans l'industrie	9
I-5- pollution de l'eau	9
I-5-1- Définition	9
I-5-2-origines de la pollution de l'eau	10

I-6-les principaux polluants des eaux	10
I-6-1-polluants physiques	10
I-6-2- polluants chimiques	11
I-6-3- polluants microbiologiques	11
I-7-les maladies à transmission hydrique	12
I-7-1- Maladies d'origine hydrique liée aux bactéries	12
I-7-1-1- <i>Cholera</i>	13
I-7-1-2- <i>Typhoïde</i>	13
I-7-1-3- <i>Shigellose La shigellose</i>	13

Chapitre II : L'eau potable et normes de potabilité

II-1-Introduction	15
II-2-1-Eau potable	15
II-2-2-Propriété de potabilité	15
II-2-3-Les critères de qualité de l'eau	16
II-3-1-Critère organoleptique	17
II-3-1-La couleur	17
II-3-1-2-L'odeur	17
II-3-1-3-Saveur	17
II-3-1-4- Turbidité (La transparence)	18
II-3-2-Critères physico-chimiques	18
II-3-2-1-Critères physique	18
II-3-2-1-1-La température (T)	18
II-3-2-1-2-Le potentiel (pH)	19
II-3-2-1-3-Conductivité électrique (CE)	19
II-3-2-1-4-Minéralisation globale	20
II-3-2-1-5-La salinité	20
II-3-2-2-Critères chimiques	20

II-3-2-2-1-Dureté totale ou titre hydrotimétrique (TH)	20
II-3-2-2-2-Ions majeurs	21
A/- Les cations	21
B/- Les anions	22
II-3-3-Critères bactériologiques	23
II-3-3-1-Les germes totaux	23
II-3-3-2-Les coliformes	23
II-3-3-3-Les streptocoques fécaux	24
II-3-3-4- <i>Les Clostridium sulfito-réducteurs (CSR)</i>	24
II-3-3-5- <i>Escherichia coli</i>	24
II-4-TRAITEMENT DE L'EAU	25
II-4-1- la Désinfection	25
II-4-2-ALIMENTATION EN EAU POTABLE	25
II-5-NORMES DE POTABILITE	26
II-5-1-Normes relatives à la potabilité organoleptique de l'eau	26
II-5-1-1-Normes relatives à la potabilité physique et chimique de l'eau	26
II-5-1-3-Les normes relatives à la potabilité bactériologique de l'eau	26
II-5-1-4-Normes des substances indésirables d'une eau potable	26
II-5-1-5-Norme des paramètres de pollution d'une eau potable	26
II-5-1-6-Normes des substances toxiques d'une eau potable	27
II-5-2-Les normes algériennes de potabilité	27
<i>Chapitre III : matériel et méthode</i>	
Présentation de la région d'étude	29
1-2-1 Répartition de la superficie et la densité par commune	30
1-2-2 Répartition de la population par zone	30
1-2-3-Situation AEP de la région d'étude	31
III-2 méthode et matériel d'Echantillonnage	31

III-2-2 Choix des sites de prélèvement	32
III-2-3 Technique de prélèvement	32
III-2-3-1 Technique de prélèvement pour les analyses bactériologiques	32
III-2-3-2 Technique de prélèvement pour les analyses physico-chimiques	33
III -2-4 Transporte et conservation des échantillons	33
III -3 Matériel et méthode d'analyse	34
III -3-1 Méthode et matériel d'analyse bactériologique	34
III-3-1-1 Matériel d'analyse bactériologique	34
III -3-1-2 Méthode Analyse bactériologique	35
III-3-1-2-1 Dénombrement des germes aérobies mésophile totaux	35
III-3-1-2-2 Dénombrement des coliformes totaux et fécaux	38
III-3-1-2-3 Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux	42
III-3-1-2-4 Recherche et dénombrement des anaérobies sulfito-réducteur	45
III-3-2 Méthode et matériel d'analyse physico-chimique	48
III-3-2-1 Matériel d'analyse physico-chimique	48
III-3-2 Méthode d'analyse physico-chimique	48
III-3-2-2-1 Mesure directe des paramètres physico-chimiques (PH-TC°-CE- minéralisation- Turbidité)	49
III-3-2-2 Dosage de chlore libre	51
III-3-2-3 Dosage de la dureté totale (TH titre hydrométrique)	52
III-3-2-4 Détermination du calcium (Ca 2+) et du magnésium (Mg 2+)	53
III-3-2-5 Détermination du l'alcalinité (HCO - 3)	53
III-3-2-6 Détermination des chlorures (Cl -)	54
III-3-2-7 Dosage de sodium et de potassium par photométrie de la flamme (K + -Na +)	55
III-3-2-8 Dosage des nitrates NO 3 - Méthode au salicylate de sodium	56
III-3-2-10 Dosage des nitrites (NO 2 -)	58

Chapitre IV :Résultats et Discussion

III –1- Résultats d’analyse physico-chimique des eaux potables	60
III-1-1-Le pH	60
III -1-2-La turbidité	60
III -1-3-La Conductivité électrique	61
III- 1-4-TDS et Le goût	64
III-1 -5-La Dureté	64
III -1-6-Le TAC	67
III -1-7-Les chlorures	67
III- 1-8-Calcium	70
III -1-9-Les Sulfates	72
III-1 -10-Les Nitrates	72
III -1-11-Le Nitrite	73
III -2-Classification des eaux	76
III-2-1 Classification des eaux d’après Piper	76
III -2-2- Classification des eaux d’après STABLER	, 79
III-2-3-Classification des eaux d’après Wilcox	81
III-3-1-Résultats d’analyses bactériologiques	82

Conclusion

Référence bibliographique

Annex

Liste des abréviations :

% : pour cent.

(-) : négatif.

(+) : positif.

C° : degré Celsius.

ACL : Agglomération Chef Lieu de commune.

ADE : algériennes des eaux.

AEP : Approvisionnement en eau potable.

AFNOR: Association Française de NORmalisation.

BCPL : Bouillon Lactosé au Bromo Crésol Pourpre.

Ca²⁺ : ions calcium.

Cl : chlore.

CO₂: dioxyde de carbone.

D/C : double concentration.

E.coli : *Escherichia coli*.

EDTA : acide éthylène-diamine-tétracétique.

Fe : fer.

h : heure.

HCO₃⁻ : ions hydrogénocarbonate.

ISO : International Organization for Standardization.

JORA : journal officiel de la république algérienne.

K⁺ : ions potassium.

LAS : Agglomération Secondaire.

mg/l : milligramme par litre.

Mg²⁺ : ion magnésium.

Min : minute.

ml : millilitre.

Na⁺ : ion sodium.

NO₂ - : ion nitrites.

NO₃ - : ion nitrates.

NPP : nombre le plus probable.

NTU : nephelometric turbidity unit.

OMS : organisation mondiale de santé.

PH : potentiel hydrogène.

S/C : simple concentration.

SO₄²⁻ : ions sulfate.

TAC : titre alcalimétrique complet.

TDS : Sels dissout totoux.

TH : titre hydrotimétrique.

UFC : Unités Formant Colonies.

UV : ultra violet.

VF : viande foie.

μS/cm : micro siemens par centimètre.

Liste des figures	page
Figure N°1 Structure de la molécule de l'eau .	5
Figure N°2 Molécule d'eau à l'état vapeur .	6
Figure N°3 Molécule d'eau en état solide .	6
Figure N°4 Molécule d'eau à l'état liquide.	6
Figure N°5 Représentation schématique du cycle de l'eau global .	7
Figure N°6 Diagramme représenté l'Origines et les sources de la pollution des eaux.	10
Figure N°7 Organisation d'une alimentation en eau potable, de la ressource jusqu'au robinet du consommateur .	25
Figure N°8 Cartographie de la situation géographique de la région étudiée (wilaya de laghouat)	29
Figure N°9 Flaconnage pour prélèvement d'eau.	34
Figure N°10 Dénombrement des germes aérobies mésophile totale.	37
Figure N°11 Dénombrement des coliformes totaux et fécaux.	41
Figure N°12 Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux.	44
Figure N°13 Recherche et dénombrement des clostridium sulfito-réducteur.	46
Figure N°14 La relation entre la conductivité électrique et la minéralisation.	62
Figure N°15 Les valeurs de conductivité électrique (C25 μ s/cm) des eaux potables au niveau de L' OEUD	63
Figure N°16 Histogramme du Relation Entre les trois paramètres (Th, Ca, Mg).	66
Figure N°17 Les valeurs d'ions hydrogénocarbonate (HCO $^{-3}$ mg/l) des eaux potables au niveau de L'OEUD M'ZI	68
Figure N°18 les valeurs de chlore (CL $^{-}$ mg/l) des eaux potables au niveau de L' OEUD M' ZI	69
Figure N°19 Les valeurs de ions calcium (Ca $^{+}$ mg/l) du eaux potable au niveaux deL'OEUD M'ZI.	71
Figure N°20 Les valeurs de sulfate (SO 4 $^{-}$ mg/l) des eaux potables au niveau de L' OEUD	74
Figure N°21 Les valeurs de ion nitrates (NO $^{-3}$ mg/l) du eaux potable au niveaux de L'OEUD M'ZI	75
Figure N°22 Représentation graphique des échantillons d'eau analysées sur le diagramme de PIPER	77

Figure N°23 Classification des eaux potable à partir du diagramme de STABLER.	79
Figure N°24 Classification des eaux potable à partir du diagramme de WILCOX.	81
Figure N°25 Les résultats des analyses bactériologiques des échantillons d'eau à analyser pour les forages, réservoirs et eau de robinet.	82

Liste des tableaux	page
Tableau N°1 Classes de turbidités usuelles .	18
Tableau N°2 Estimation de la qualité d'eau à partir leur pH selon la norme.	19
Tableau N°3 Qualité de l'eau en fonction de la conductivité électrique.	19
Tableau N°4 Classification de l'eau selon la dureté totale.	21
Tableau N°5 Normes des paramètres organoleptiques d'une eau potable.	26
Tableau N°6 Normes et recommandation pour la qualité bactériologique de l'eau potable.	26
Tableau N°7 Normes des substances indésirables d'une eau potable.	26
Tableau N°8 Norme des paramètres de pollution d'une eau potable.	26
Tableau N°9 Normes des substances toxiques d'une eau potable.	27
Tableau N°10 Grille normative pour estimer la qualité de l'eau en Algérie.	27
Tableau N°11 sites de prélèvement.	32
Tableau N°12 Détermination de la minéralisation à partir de la conductivité.	51
Tableau N°13 résultat des mesures du potentiel hydrogène.	60
Tableau N°14 résultat des mesures de turbidité.	61
Tableau N°15 résultat des mesures de La conductivité électrique.	62
Tableau N°16 résultat des mesures de TDS.	64
Tableau N°17 résultat des mesures de la dureté.	65
Tableau N°18 résultat des mesures du tac.	67
Tableau N°19 résultat des mesures de chlorures.	67
Tableau N°20 résultat des mesures de calcium.	70
Tableau N°21 résultat des mesures de sulfate.	72
Tableau N°22 résultat des mesures de nitrate .	72
Tableau N°23 Faciès chimiques des eaux potable selon PIPER.	78
Tableau N°24 Faciès chimiques des eaux potable selon STABLER.	80

Liste des photos	page
Photos N°1 Dénombrement des germes aérobies mésophile totaux à deux température d'incubation 22C° et 37C°.	36
Photos N°2 Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux et coliformes totaux.	39
Photos N°3 Incubation du clostridium sulfito-réducteur, Coliformes et les streptocoques.	40
Photos N°4 Recherche et dénombrement des anaérobies sulfito-réducteur.	47
Photos N°5 observe une colonie noire de spores de clostridium sulfito-réducteur.	47
Photos N°6 Mesure le PH et la température par le PH mètre.	49
Photos N°7 Mesure de la turbidité par le turbidimètre.	50
Photos N°8 Mesure la conductivité et TDS par le conductivimètre.	51
Photos N°9 Taste du chlore libre.	52
Photos N°10 Dosage de TH.	52
Photos N°11 Dosage de sodium et de potassium par photométrie de la flamme (K + -Na +).	56
Photos N°12 Spectrophotomètre pour la détermination du nitrate et le nitrite, sulfate.	57
Photos N°13 réparation de la solution SO 4 -.	57

Résumé :

L'eau est l'une des ressources naturelles renouvelables de cette planète, et c'est l'un des éléments de base sur Terre. On dit d'une eau qu'elle est potable si elle a les caractéristiques suivantes : Fraîche, limpide, sans odeur, sans couleur, légèrement minéralisée avec l'absence de germes et de substances toxiques. L'objectif de cette étude est d'évaluer la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de toutes les zones traversées par Oued M'zi (Ain Madhi, Oued M'zi, Tadjmout. El Hadjeb, Milok, Htaiba, Hamda , certains quartiers de la commune de Laghouat, Ben Nacer Ben Chohra, Al Assafia, Borj Sanusi, kasr Al Hirane) en comparant les résultats d'analyses menées sur 19 régions pour étudier la qualité de leurs eaux, elles ont été soumises à diverses analyses selon les techniques de évaluer la qualité de l'eau potable stipulée dans le Journal Officiel de la République Algérienne. Nous concluons que la majorité de l'eau est chlorée et que l'eau de la région Milok est de bonne qualité. Par contre, les analyses bactériennes ont montré l'absence complète de tout type de bactéries étudiées.

Les mots clés. Réservoir, puits, consommateur, analyse, eau potable, qualité physique et chimique, qualité bactériologique

ملخص

الماء أحد الموارد الطبيعية المتجددة في هذا الكوكب، وهو من العناصر الأساسية على الأرض، حيث نقول عن الماء أنه صالح لشرب إذا توفرت فيه الخصائص التالية منعش ، صاف ، دون رائحة، دون لون ، قليل التمعدن مع غياب الجراثيم و المواد السامة. الغرض من هذه الدراسة هو تقييم الجودة الفيزيوكيميائية و البكتريولوجية (الجرثومية) لمياه كل المناطق التي يمر عليها واد امزي (عين ماضي ، واد مزي، تاجموت الحاجب ميلق حطبية حمدة بعض احياء بلدية الاغواط ناصر بن شهرة العسافية برج سنوسي قصر الحيران) وذلك من خلال مقارنة نتائج تحاليل اجريت على 19 منطقة لدراسة نوعية مياهها حيث خضعت لتحليلات مختلفة وفقا لتقنيات تقييم نوعية مياه الشرب التي تنص عليها الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية ، أظهرت التحاليل الفيزيوكيميائية من مختلف المناطق التي اخذنا منها العينات بان النتائج مطابقة للمعايير المنصوص عليها و التي اخذت من نقاط مختلفة (ابار و خزان ومياه الحنفية) نستنتج ان اغلبية المياه كلورية وان مياه منطقة الميلق ذات جودة عالية ومن جهة اخرى اظهرت التحاليل البكتيرية الغياب التام لأي نوع من الجراثيم المدروسة

الكلمات المفتاحية. خزان، بئر ، مستهلك ، تحاليل، مياه الشرب، الجودة الفيزيائية و الكيميائية ، الجودة البكتريولوجية

Abstract

Water is the basic elements renewable natural resources on the Earth. We say about water that it is drinkable if it has the following characteristics: Fresh, clear, without odor, without color, slightly mineralized, with the absence of germs and toxic substances. The purpose of this study is to assess the physicochemical and bacteriological quality of the water of all the areas that Wade Amzi passes through M'zi "Ain Madhi, Ouad M'zi, Hadjeb, Milok, Houtiba, the zone of Hamda, and some neighborhoods in Laghouat's municipality, Nasser Ben Chouhra, Assafiaya, Bourdje Snouci neighborhood and Ksar Elharrane". And that is by comparing the results of analyzes conducted on 19 regions to study their water quality, they were subjected to various analyzes according to the techniques for evaluating the quality of drinking water stipulated in the Official Gazette of the Algerian Republic. We conclude that the majority of the water is chlorine, and that the water of the Milok region is of high quality. On the other hand, the bacterial analyzes showed the complete absence of any type of bacteria studied.

key words. Tank, well, consumer, analysis, drinking water, physical and chemical quality, bacteriological quality



Introduction

Introduction

L'eau constitue un élément indispensable pour la vie des êtres vivants. Avoir de l'eau à disposition en quantité et en qualité suffisantes contribue au bon fonctionnement et à l'équilibre de la physiologie humaine. Ainsi L'eau est un des moteurs de l'organisation et du développement des territoires. La quantité et la qualité des ressources en eau disponibles posent actuellement des problèmes de plus en plus complexes et difficiles à résoudre notamment dans les pays sous-développés. L'eau, ressource essentielle à la vie et à la santé peut également les compromettre si des conditions ne sont pas réunies. En effet, l'eau peut être dans bien de cas source de maladies du fait de sa contamination par des déchets ménagers, industriels, agricoles, par des excréta et divers déchets organiques, mais aussi source de conflits et de tensions sociales entre communautés. (Saïnou, J et all., 2019).

L'eau potable doit être Propre à la consommation de point de vue microbiologique, chimique et physique. Elle doit satisfaire aux exigences sanitaire et microbiologique fixées par des lois et être conforme aux valeurs de tolérance et valeurs limites fixées par l'ordonnance sur les substances étrangères et les composants des denrées alimentaire. Elle doit, en outre être irréprochable quant à son gout, son odeur et son aspect. (Hütter L. A, 1988).

En algérie, il existe des systèmes qui nécessitent des analyses de l'eau de robinet du consommateur, ce qui se fait par l'existence des laboratoires d'analyse au niveau de chaque wilaya, car ils ont un rôle très important dans le suivi et le contrôle de la qualité de l'eau en mesurant paramètres physico-chimiques et biologiques. Il leur appartient de confirmer que l'eau est potable après traitement et d'anticiper toutes les démarches nécessaires pour obtenir une eau de qualité permanente. L'eau contaminée est insidieuse, et malheureusement, la contamination de l'eau potable n'est découverte qu'après une crise sanitaire.

Le domaine de surveillance de l'eau potable présente des caractéristiques bien spécifiques qu'il est indispensable d'en tenir compte dans la construction d'une démarche globale de prévention des risques. La qualité doit être garantie par une surveillance et un contrôle permanents à travers des mesures qualifiables et quantifiables dans le but de ne pas ralentir la production et d'en assurer un niveau de qualité élevé et uniforme (Bouamar, M et & Ladjal, M., 2007)

L'objectif de ce travail consiste à suivre la qualité de l'eau potables au niveau des communes situées dans la partie aval d'oued m'zi a partir de réalisation des analyses physico-chimiques et bactériologique des eaux des forages ; des réservoirs, l'eau de robinet et les comparer vis à vis aux normes réglementaires algériennes et les normes de l'OMS.afin d'évaluer leurs qualité et cibler les zones à risque de contaminationssi présentes.

Cette étude comprend des chapitres :

- Le premier chapitre , nous présentons les notions générales sur l'eau.
- Le deuxième chapitre présentée la potabilite de l'eau ;
- Le troisième chapitre contient la zone étudiée et les matériels et méthodes adoptés dans l'analyse.
- Le quatrieme chapitre, présente une discussion sur les résultats obtenus avec une conclusion et prespectives de l'étude.

Chapitre I

Généralité sur l'eau

I-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). Avoir de l'eau à disposition en quantité et en qualité suffisante contribue au maintien de la santé (OMS, 2003).

I-2- LA MOLECULE D'EAU

I-2-1- Composition chimique de la molécule d'eau

L'eau est une substance chimique, sa molécule est composée de deux atomes d'hydrogène et d'un atome d'oxygène. Sa formule chimique est H₂O. Les atomes sont liés entre eux par des liaisons atomiques de type covalent.

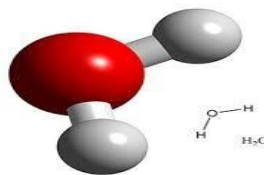


Figure1: Structure de la molécule de l'eau (<https://images.lpcdn.ca/924x615/201312/17/786793-chercheurs-essaient-utiliser-energie-solaire.jpg>).

I-2-2- Etats physiques de l'eau

L'eau peut se présenter dans la nature 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° 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 (Boeglin, 1999).

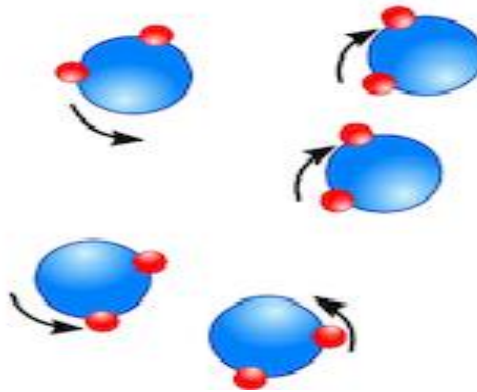


Figure2 : Molécule d'eau à l'état vapeur (https://static1.assistancescolaire.com/3/images/3_pc_01i01z.jpg).

- **L'état solide** : L'eau est à l'état solide si la température est inférieure ou égale à 0° C. A l'état solide, la disposition la plus courante des molécules est une structure cristalline (Boeglin, 1999).

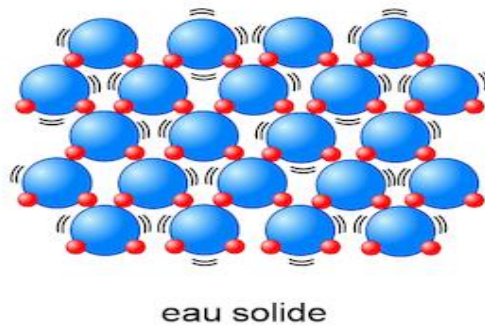


Figure3 : Molécule d'eau en état solide (https://static1.assistancescolaire.com/3/images/3_pc_01i01z.jpg).

- **L'état liquide** : L'eau est à l'état liquide pour des températures oscillant entre 0° et 100° C 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 (Boeglin, 1999).

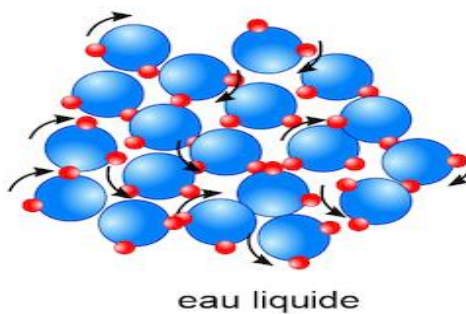


Figure4 : Molécule d'eau à l'état liquide (https://static1.assistancescolaire.com/3/images/3_pc_01i01z.jpg).

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 5 (Bliefert et al., 2001).

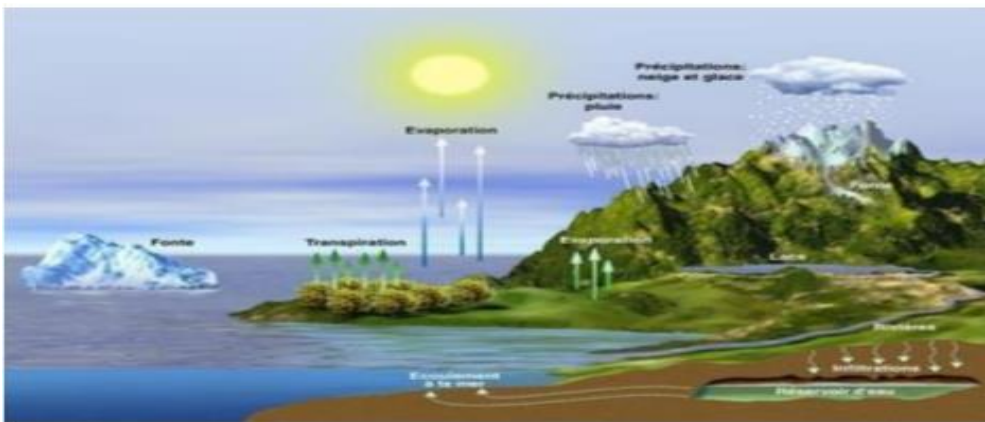


Figure 5 : Représentation schématique du cycle de l'eau global (Bliefert et al., 2001).

I-3-2- LES RESSOURCES HYDRIQUES

Les réserves disponibles d'eaux naturelles sont disposées dans la nature sous deux formes : des eaux souterraines (nappe souterraines), des eaux de surface retenues ou en écoulement (barrages, lacs, rivières) et des eaux saumâtres de mer (Hamid D et kallech M, 2020).

I-3-2-1- les ressources superficielles

Les eaux de surface sont aménagées 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 eaux de surface constituent la principale source d'eau potable mais celle-ci s'avère souvent impropre 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. L'emplacement des prises d'eau

par rapport aux sources de pollution est aussi déterminant pour la qualité de l'eau (**Hadef et Hasni, 2016**).

La composition chimique des eaux de surface dépend aussi 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 l'échange à la surface eau /atmosphère, l'eau va se charger en gaz dissous (oxygène, gaz carbonique, azote).

I-3-2-2- Les ressources souterraines

Les eaux souterraines constituent 22% des ressources 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 emmagasinent. 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. (**Gommella, 1978**).

I-4- L'UTILISATION DE L'EAU

Les utilisations de l'eau sont variées, ce qui rend plus difficile l'analyse de sa consommation et de sa dégradation : potable, irrigation, industrie, production d'énergie comme dans les plus grandes civilisations (Égyptienne, Mésopotamienne, Chinoise...), l'eau est majoritairement utilisée pour tout ce qui a trait à l'agriculture et l'irrigation : cela représente de 80% de l'eau consommée; Cela s'explique par le fait qu'il faut 70% de plus d'eau produire assez de nourriture pour s'alimenter que pour les besoins domestiques habituels (eau potable, eaux vannes et ménagères : douches, lavage....) (**Bechbeche R,2021**).

I-4-1- L'utilisation domestique

Les eaux de consommation publique sont utilisées à différentes fins. Un habitant consomme 230 L par jour, n'en utilise que seulement 1% pour la boisson et 6% pour la préparation de la nourriture, les 93% restant sont consacrés aux bains-douches (39%) ; aux sanitaires (20%), au lavage de la linge (12%), de la vaisselle (10%), à des usages domestiques divers (6%) et au lavage des voitures et arrosage du jardin (6%) (**DefranceSchki, 1996**).

I-4-2- L'eau dans l'agriculture

L'agriculture est une grande consommatrice de l'eau pour l'irrigation et l'élevage. L'irrigation nécessite des volumes élevés. Un hectare de maïs consomme 20.000 m³ d'eau pendant sa période végétative, et un hectare de riz consomme 40.000 m³ moyenne (Bensouilah, 1995).

Dans certains pays, l'irrigation représente jusqu'à 95% de toute utilisation d'eau et joue un rôle important dans la production de nourriture et la sécurité alimentaire. L'agriculture irriguée peut entraîner une grande concurrence puisqu'elle représente de 3% à 90% de l'utilisation d'eau dans certaines régions (Lecoq, 1965 ; Ramade, 1981).

I-4-3- L'eau dans l'industrie

L'industrie est une consommatrice extraordinaire de l'eau. Elle l'utilise en multiples fonctions :

- De façon directe : elle peut être utilisée dans l'entretien (lavage, nettoyage), soit dans le transport hydraulique, soit dans le refroidissement.
- De façon indirecte : dans la production de différents aliments.

Les besoins en eau dans l'industrie alimentaire sont certes importants (Degremont, 1989 ; Groscond et Coord, 1999).

I-5- POLLUTION DES EAUX

I-5-1- Définition

Selon l'OMS, il y a "pollution des eaux" lorsque la "composition ou l'état des eaux est directement ou indirectement modifié du fait de l'activité de l'homme (Odoulami, 2009). La pollution de l'eau est l'ensemble des modifications de la qualité de l'eau par les matières organiques et les microorganismes provenant des activités humaines. La pollution engendrée peut être d'ordre physique (radioactivité, élévation de la température...), chimique (rejets agricoles, industriels et urbains) et microbiologique (rejets urbains, élevage...). Pour mieux évaluer la pollution, il existe des paramètres qui permettent d'estimer l'ampleur de celle-ci en fonction de son type (Chaden, 2014).

I-5-2- L'origine de la pollution de l'eau

La pollution de l'eau est une dégradation physique, chimique ou biologique peut être d'origine naturelle ou anthropique, elle perturbe les conditions de vie et l'équilibre du milieu aquatique. Le diagramme dans la figure 7 ci-dessous montre l'origine et les différentes sources de pollution des eaux :

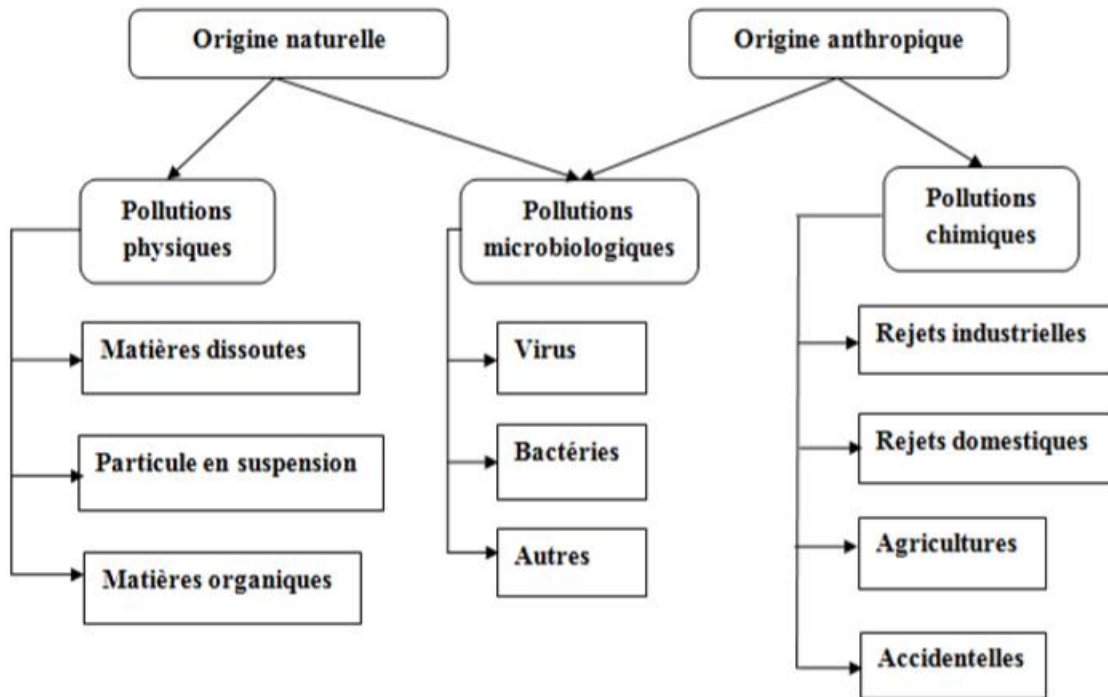


Figure6 : Diagramme représenté l'Origines et les sources de la pollution des eaux (Gérard, 2003).

I-6-Les principaux polluants de l'eau

I-6-1- Polluants physiques

Elle est essentiellement industrielle, secondairement domestique. On peut distinguer deux types de polluant ayant un caractère physique : les polluants thermiques et les polluants radioactifs (Arouya, 2011).

- les polluants thermiques

La pollution thermique est représentée par des rejets d'eaux chaudes, provenant des systèmes de refroidissement des centrales nucléaire et électrique ce qui provoque un réchauffement considérable des eaux. Cet échauffement modifie certaines propriétés physiques de l'eau et notamment une diminution de la densité et créent de graves perturbation sur les biocénoses (Arouya, 2011 ; Mazzuoli, 2012).

- Les polluants radioactifs

La source majeure réside dans les rejets chargés d'éléments radioactifs issus d'explosion d'armes nucléaires et des résidus des usines utilisant l'énergie atomique (Lefèvre et Andréassian., 2016).

I-6-2- Polluants chimique

Est probablement la plus fréquente, très largement répandue et très diverse (Hartemann, 2013), Elle est due principalement aux rejets industriels qui apportent de grandes quantités de substances chimiques perturbant ainsi l'équilibre de l'écosystème aquatique (Arouya, 2011).

On distingue selon la nature des polluants :

- Les polluants organiques

Les polluants organiques rencontrés dans les milieux aquatiques les plus importants et les plus dangereux sont : les pesticides, les hydrocarbures et les détergents (Arouya, 2011).

- Les polluants inorganiques

Parmi les polluants inorganiques rejetés en grands quantités par l'industrie, on trouve : les résidus de traitements de minerais, traitement électrolytiques, traitements de surface, beaucoup d'entre eux sont riches en métaux lourds, sodium, nitrate, phosphate...etc. et sont donc très toxiques (Arouya, 2011).

I-6-3- Polluant microbiologiques

La pollution microbienne et parasitaire des eaux est très importante. De nombreux microorganismes pathogènes peuvent présents dans l'eau : (bactéries, virus, protozoaires...etc.). Ces germes pathogènes sont dus aux rejets des matières fécales humaines et animales. Cette pollution se retrouve donc au niveau des stations d'épuration, les effluents hospitaliers, de lavage de linges et de

matériels souillés, ou encore dans le déversement de nombreuses industries agroalimentaires (Feachem et al., 1983 ; Mazzuoli, 2012 ; Hartemann, 2013).

I-7- LES MALADIES A TRANSMISSION HYDRIQUES

L'eau constitue un facteur principal contribuant au développement des maladies à transmission hydrique qui désignent une maladie contractée suite à l'exposition d'un sujet à une eau contaminée ou suite à la consommation d'aliments arrosés avec une eau contaminée par des fèces contenant des agents pathogènes (bactérien, virus, ou protozoaire) responsables de maladies infectieuses et constituent la troisième cause de mortalité dans le monde surtout au niveau des enfants (Makoutoude, 1999 ; Lalanne F, 2012 ; Bain R et al., 2014 ; Belhadj, 2017).

Cinq catégories de maladies d'origine hydrique sont identifiées par les services de santé :

- maladies transmises par l'eau (typhoïde, choléra, dysenterie, gastroentérite et hépatite infectieuse);
- infections de la peau et des yeux (trachome, gale, lèpre, conjonctivite et ulcères);
- parasitoses (*bilharziose et dracunculose*);
- maladies dues à des insectes vecteurs comme les moustiques et les mouches;
- infections dues au manque d'hygiène (Belhadj, 2017).
- Parmi les maladies hydriques on trouve la gastro-entérite est la plus fréquemment associée à l'ingestion d'eau contaminée par des matières fécales et entraîne des conséquences très graves sur la santé (Degbey, 2010).

I-7-1- Maladies d'origine hydrique liée aux bactéries

Le bleu (2007) affirme que le risque microbiologique d'origine hydrique (ou risque infectieux) correspond à la présence dans l'eau de microorganismes pathogènes, ou potentiellement pathogènes (opportunistes) et ce en quantité supérieure au seuil d'infection fixé par l'OMS.

Parmi ces microorganismes, on distingue les virus, les bactéries et les protozoaires. Le risque microbiologique provient donc du pouvoir pathogène de ces germes qui est conditionné non seulement par les propriétés de l'agent infectieux, mais aussi par la réceptivité de l'hôte. Il convient de préciser que la mise en œuvre de procédés élémentaires de désinfection telle que la chloration de l'eau, permet d'éradiquer totalement les fléaux tels que le choléra.

I-7-1-1- Cholera

Le *Vibrio cholerae* est une bactérie gram-négatif à l'origine du choléra qui peut toucher toutes les classes d'âges plus de 200 séro-groupes sont décrits mais seuls deux d'entre eux, les séro-groupes O1 et O139, peuvent causer le cholera car associés à la production de la toxine cholérique et sont essentiellement responsables des flambées épidémiques (**Jacquinet et al., 2018**).

Selon **Tourab (2013)**, c'est une maladie à transmission or fécale due par *Vibrio cholerae* qui libère une exotoxine thermolabile et entraîne une hypersécrétion d'eau. Le volume d'eau éliminé peut atteindre 15 à 20 L par jour. La dose infectante est importante, de l'ordre de 10⁸ bactéries.

I-7-1-2- Typhoïde

Baziz (2008) montre que la fièvre typhoïde et paratyphoïde dues à des salmonelles (*salmonella typhus* et *paratyphus*), peuvent à partir de l'intestin envahir les tissus de l'hôte et provoquer une septicémie accompagnées avec fièvre élevée, une céphalée, diarrhée, douleurs abdominales abattement extérieur (le typhus).

I-7-1-3- Shigellose La shigellose

Est provoquée par des bactéries du genre *Shigella*, des bactéries immobiles à gram négatif, capables de produire des toxines (**Jacquinet et al., 2018**).

Selon **Ntembue (2013)**, les *shigelles* sont responsables de toute une variété de signes cliniques allant de la diarrhée aqueuse légère, jusqu'à la dysenterie sévère. Elles sont résistantes aux effets destructeurs des acides facilite la propagation digestive infraliminale de la bactérie.

Chapitre II
Eau potable et normes
de potabilité

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-2-1-EAU POTABLE

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 (Hamid D et kallech M 2020), 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.

II-2-2- PROPRIETES DE POTABILITE

L'eau potable est une eau que l'eau 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 pathogène (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 dessous de (0.1 à 0.5 g/l) les quels sont par ailleurs indispensables à l'organisme (Cresson, 1999).

II-2-3- CRITERES DE QUALITE 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 phase cachent plusieurs dizaines de critères à respecter :
- Des critères physico- chimique (pH, turbidité, odeur, couleur).
- Des critères de toxicité chimique doivent être absents (quelques vingt-quatre substance chimique 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).

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- CRITERE ORGANOLEPTIQUE

Les facteurs organoleptiques constituent souvent les facteurs d'alerte pour une pollution sans présenter à coup sûr un risque pour la santé (Hamid D et kallech M 2020), 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.

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

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 (Hamid D et kallech M 2020).

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 N°1 ci-dessous représente les Classes de turbidités usuelles.

Tableau N°1. Classes de turbidités usuelles (NTU, néphélométricturbidityunity).

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

II-3-2- CRITERES 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)

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels est impliquée dans la conductivité électrique ainsi la détermination du pHEtc. (Rodier J., 2005).

Une température élevée favorise la croissance des micro-organismes, peut accentuer le goût, l'odeur et la couleur (OMS., 1994).

Par contre une température inférieure à 10 °C ralentit les réactions chimiques dans les différents traitements des eaux (Rodier J., 2005).

II-3-2-1-2- Le potentiel (pH)

L'eau naturelle pure est neutre. Le pH d'une eau représente son acidité ou alcalinité. C'est le paramètre le plus important de la qualité de l'eau, il doit être surveillé au cours de toute opération de traitement. Un pH inférieur à 7 peut conduire à la corrosion du ciment ou des métaux des canalisations, avec entrainement des éléments indésirables comme le plomb et le cuivre (Rodier J., 2005).

Un pH élevé conduit à des dépôts de tartre dans les circuits de distributions. Au-dessus de pH 8, il y a une diminution progressive de l'efficacité de la décontamination bactérienne par le chlore. Par ailleurs la chloration diminue le Ph (Rodier J., 1996).

Tableau N°2. Estimation de la qualité d'eau à partir leur pH selon la norme (Direction des Affaires Sanitaires et Sociale de la sécurité sanitaire des eaux 2014).

Qualité de l'eau	Bonne	Moyenne	Mauvaise	Très mauvaise
pH	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5	> 6 - < 9	> 5 - < 9

II-3-2-1-3- Conductivité électrique (CE)

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 (Rodier J., 2005).

Elle est également en fonction de la température de l'eau, et proportionnelle à la minéralisation (Mens et Derouane, 2000). La conductivité s'exprime en micro siemens par centimètre (µS/cm) (Gaujous D .1995).

Tableau N°3. Qualité de l'eau en fonction de la conductivité électrique (Touhari, 2015).

Conductivité électrique (Exprimée en µS/cm)	Qualité de l'eau
50 à 400	Excellente
400 à750	Bonne qualité
750 à1500	Médiocre mais eau utilisable
> à 1500	Minéralisation excessive

II-3-2-1-4- La minéralisation globale (MG)

La minéralisation globale correspond à la concentration en sels minéraux dissous (**Degremont G., 1990**). 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**).

II-3-2-1-5- La salinité

La salinité est une propriété de l'eau de mer qui est fondamentale à l'étude du milieu marin (**Bachari Houma, F.2009**). Elle correspond à la masse des sels contenue dans un kg de l'eau de mer. On l'évalue maintenant la conductivité et on l'exprime en UPS : unité pratique de salinité, qui équivaut approximativement à 1mg/g de sel. La salinité de l'eau de mer est en moyenne de 35 UPS, soit 35g/kg, celle des eaux saumâtres est de 5 à 18 UPS et celle des eaux douces est inférieure de 0,5 UPS (**Guermah, D., et Tadjadit, K. 2017**).

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 est due à une variété d'ions métalliques polyvalents dissous, principalement les sels de calcium et de magnésium (Ca^{2+} et Mg^{2+}) qu'elle contient (**Malloum et al., 2015**). La dureté est la mesure usuelle de la capacité de l'eau à réagir avec le savon, les eaux dures nécessitant considérablement plus de savon pour produire de la mousse (**OMS, 2017**). L'unité du titre hydrométrique est le milliéquivalent par litre (ou le degré français °F) (**WHO., 1994**). Le TH peut subdiviser en TCa (titre calcique) et TMg (titre magnésien) : (**Berne F. et Cordonnier J., 1991**).

$$\text{TCa} + \text{TMg} = \text{TH}$$

En fonction de leur dureté totale, les eaux peuvent être classées suivant les indicateurs du tableau N° 5 suivant :

Tableau N°4 : Classification de l'eau selon la dureté totale (Berne F. et Cordonnier J., 1991).

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

II-3-2-2- 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 corps humain comprend une moyenne 1,2 kilogramme de calcium essentiellement dans le squelette (Mercier J., 2000). L'eau potable de bonne qualité renferme de 100 à 140 mg/L de calcium (Rodier, 2005). 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 (Gaujour D., 1995).

- Ions Magnésium Mg^{2+}

Éléments indispensables à la vie, jouant un rôle important dans la respiration, leurs origines sont naturelles (dissolution des roches magnésites basaltes, argiles) ou industrielle (industrie de la potasse de cellulose, brasserie). La dureté manganésienne de l'eau représente ordinairement le tiers de la dureté totale. Le magnésium en excès donne une saveur amère à l'eau (Kemmer F., 1984).

- Ions de Sodium Na^{2+}

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

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

Les eaux très riches en sodium deviennent saumâtres, prennent un goût désagréable et ne peuvent pas être consommées (Rodier J., 2005).

- Ions de Potassium K^+

Le potassium règle la teneur en eau à l'intérieur des cellules (Mercier J., 2000). 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 (Kemmer F., 1984).

B- Les Anions

- Ions Chlorures Cl^-

Les teneurs en chlorures des eaux extrêmement variées sont liées principalement à la nature des terrains traversés. Le gros inconvénient des chlorures est la saveur désagréable qu'ils confèrent à l'eau à partir de 250 mg/l surtout lorsqu'il s'agit de chlorure de sodium (Rodier J., 2005).

- Ions Sulfates SO_4^{-2}

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

- 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^+) (Gaujour D., 1995).

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 (Lepeltie S., 2005).

Dans les eaux, la quantité des nitrates maximale admissible est fixée de 50 mg/L (Coulais J.M., 2002). Chez les nourrissons, la réduction du nitrate en nitrite peut provoquer une méthémoglobinémie (inaptitude du sang à transporter l'oxygène) (Ganjour D., 1995).

II-3- CRITERES BACTERIOLOGIQUES

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 (Hadeff et Hasni, 2016). Les principaux germes recherchés dans les eaux sont :

II-3-3-1- Les germes totaux

Ce sont des germes qui se développent dans des conditions aérobies. Leur présence est indicatrice de pollution bactérienne. Leur dénombrement donne une information sur la qualité hygiénique de l'eau destinée à la consommation humaine (Bourgeois C.M. et al, 1991). Ainsi, ils renseignent sur le degré de protection des nappes souterraines d'où provient l'eau à analyser (Rodier J., 2005).

II-3-3-2- Les coliformes

Les coliformes appartiennent à la famille des *Enterobacteriaceae*. Le terme « coliforme » correspond à organismes en bâtonnets, non sporogène, Gram-négatifs, oxydase négatif, aéro-anaérobies facultatif, capable de fermenter le lactose (et mannitol) avec production d'acide et gaz en 48 heures à des températures de 35 et 37 °C. Les coliformes comprennent les genres : (*Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Yersinia*, *Serratia*). (Rodier J., 2005).

- 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).

- 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 (Rodier J., 2005)

II-3-3-3- Les streptocoques fécaux

Les streptocoques sont des bactéries ubiquistes, sporophytes des eaux, de l'air, du sol (Delarras, 2014). Sont plus résistants au stress et à la chloration que les coliformes et survivent généralement plus longtemps dans l'environnement. En outre, contrairement aux coliformes, ils recroissent très difficilement dans le réseau (Ouahchia et al., 2015).

II-3-3-4- Les *Clostridium sulfito-réducteurs* (CSR)

Clostridium sulfito-réducteurs sont souvent considérés comme des témoins de pollution fécale ancienne ou intermittente. Leur permanence marque la défaillance en un point donné du processus de filtration naturelle (Armand L., 1996).

Ce sont des bacilles Gram positifs (+), anaérobies stricts, isolés ou en chaînettes, mobiles, catalase positif (+), réduisent le sulfite de sodium en sulfure. La forme sporulée des *Clostridium sulfito-réducteurs* est beaucoup plus résistante que les formes végétatives (Bourgeois C.M. et Mmescle J., 1996). La recherche des C.S.R est utilisée pour contrôler l'efficacité d'une filtration naturelle ou artificielle (Rodier, 1996).

II-3-3-5- *Escherichia coli*

E. coli est le principal indicateur de la contamination fécale, par inférence, sa présence indique la probabilité que des pathogènes fécaux d'origine hydrique aient pénétré dans l'eau. Un nombre important de défaillances de la qualité de l'eau est dû à la détection d'*E. coli* au-dessus des normes de régulation (Abberton et al., 2016). *Escherichia coli* ou « colibacille » est l'hôte normal de l'intestin de l'homme et des animaux à sang chaud (Delarras, 2014).

II-4- TRAITEMENT DE L'EAU

On applique des traitements pour rendre l'eau potable, ces traitements sont variables selon l'origine et la qualité de l'eau. Le choix d'une filière de traitement dépend des caractéristiques des eaux ainsi que des normes de qualité à atteindre (Luc et Lagardette, 2009)

II-4-1- La Désinfection

La désinfection constitue une étape importante en technologie de l'eau. Qui permet à détruire ou d'éliminer les microorganismes, parasites et toxines susceptibles de transmettre des maladies. Elle peut être induite par un rayonnement ultraviolet, comme la lumière du soleil ou des rayons UV artificiels. La chloration est la méthode la plus utilisée par les ménages dans le monde pour désinfecter l'eau de boisson (Desjardins, 1990 ; Boni M, et al. 2008 ; Malteser, 2014).

II-4-2- ALIMENTATION EN EAU POTABLE

On peut dire qu'avant la distribution, des prélèvements d'eaux brutes sont captées dans le milieu naturel à l'aide des stations de pompages, soit par la prise d'eau superficielle ou par le captage d'eau souterraine. Ces eaux subissent des traitements, plus ou moins complexes selon la qualité des eaux destinés à éliminer les éventuels polluants et à garantir la qualité de l'eau potable dans les réseaux jusqu'au robinet du consommateur. Après le traitement, l'eau potable est transportée entre les ouvrages. Il peut être gravitaire lorsque l'écoulement de l'eau se fait naturellement, ou il nécessite la mise en place d'un pompage (transport par refoulement) ou elle stockée dans des réservoirs pour la distribuer aux différents abonnés, par des conduites de distribution et des conduites de branchement, soit de façon gravitaire par un réservoir, soit par un équipement de pompage (DGS, 2005 ; Berrah, 2010).

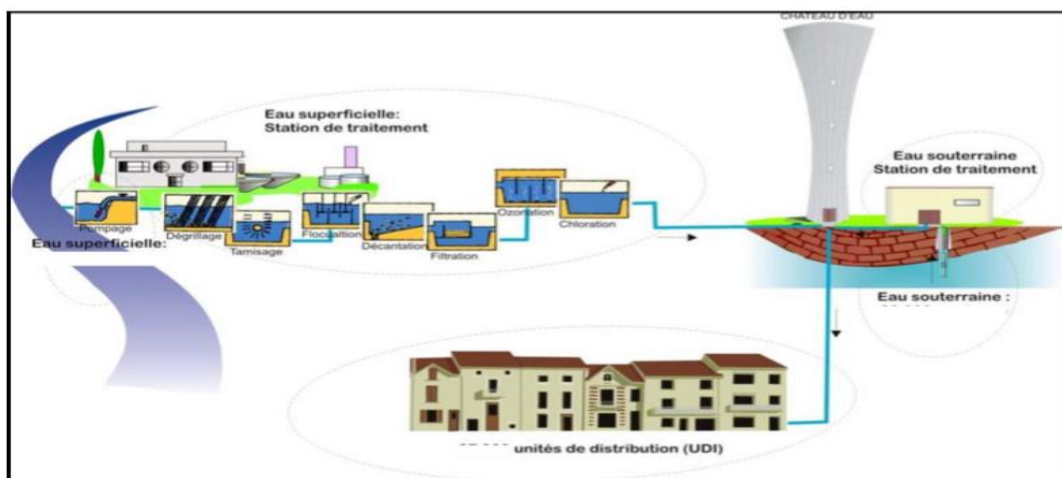


Figure7 :Organisation d'une alimentation en eau potable, de la ressource jusqu'au robinet du consommateur (DGS, 2005).

II-5-NORMES DE POTABILITE

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé **OMS, (2006)** 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-5-1- LES NORMES DE L'ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTE (**OMS, 2006**)

II-5-1-1- Normes relatives à la potabilité organoleptiques de l'eau

Les normes des différentes caractéristiques organoleptiques, rapportées sur le tableau sont des valeurs maximales admissibles pour une eau potable selon les normes (**OMS, 2006**) (**Annexe 1**).

II-5-1-2- 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**) (**Annexe 2**).

II-5-1-3- Normes des substances indésirables d'une eau potable

Les substances indésirables selon **OMS, (2006)** 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 (**Annexe 3**).

II-5-1-4- Normes des paramètres de pollution d'une eau potable

Selon toujours **OMS, (2006)** la pollution des eaux est due à plusieurs facteurs dont l'activité industrielle, l'activité agricole, le déversement des effluents domestiques et industriels (**Annexe 4**).

II-5-1-5- 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 N°9 (Annexe 5).

II-5-2- Les normes algériennes de potabilité

Tableau N°10 Résume la grille normative de la qualité de l'eau appliquée en Algérie pour l'eau potable.

Tableau N°10. Grille normative pour estimer la qualité de l'eau en Algérie (2011). (Hamida D, 2020).

<i>Paramètres</i>	<i>Bonne (mg/l)</i>	<i>Moyenne (mg/l)</i>	<i>Mauvaise (mg/l)</i>	<i>Très mauvaise (mg/l)</i>
Physicochimiques				
<i>pH</i>	6.5-8.5	6.5-8.5	>6, <9	>5, <9
<i>T°C</i>	25	25-30	30-35	>35
Minéralisation	300-1000	1000-1200	1200-1600	>1600
<i>Ca²⁺</i>	40-100	100-200	200-300	>300
<i>Mg²⁺</i>	30	30-100	100-150	>150
<i>Na²⁺</i>	10-100	100-200	200-500	>500
<i>Chlorure</i>	10-150	150-300	300-500	>500
<i>Sulfates</i>	50-200	200-300	300-400	>400
Organique				
<i>O₂ dissous%</i>	>100	50-100	50-30	>30
<i>DBO₅ mg/l</i>	5	5-10	10-15	>15
<i>DCO mg/l</i>	20	20-40	40-50	>50
<i>Ammonium</i>	0-0.01	5-10	10-15	>15
<i>Nitrites</i>	0-0.01	0.01-0.1	0.1-3	>3
<i>Nitrates</i>	0-10	0.01-0.1	0.1-3	>3
<i>Phosphates</i>	0-0.01	0.01-0.1	0.1-3	>3
Eléments toxiques				
<i>Fe</i>	0-0.5	0.5-1		>2
<i>Mn</i>	0-0.1	0.1-0.3	1-2	>1
<i>Cr</i>	0	0-0.05	0.3-1	>0.5
<i>Cu</i>	0-0.02	0.02-0.05	0.05-0.5	>1
<i>Zn</i>	0	0-0.5	0.05-1	>1
<i>Cd</i>	0	0	0.5-1	>0.01
<i>Pb</i>	0	0	0-0.01 0-0.05	>0.05
<i>F⁻</i>	0	0	0.8-1.5	>1.5
<i>CN⁻</i>	0.001-0.002	0-0.8 0	0-0.02	>0.02

Chapitre III

Matériels et méthodes

III -1-Présentation de la région d'étude

1-1-Situation géographique de la zone d'étude

La zone d'étude fait partie du bassin versant aval d'oued M'zi, elle est localisée entre le longitude et latitude : elle s'étend sur le territoire de six communes de la partie sud de la wilaya de Laghouat (Ain Madhi, Oued M'zi, Tadjmout, Laghouat, El Assafia, ben Nacer Ben Chohra et Ksar EL Hirane).

Cette dernière est située à 400 km au sud de la capitale Alger, à une altitude moyenne de 760 m sur le flanc sud l'Atlas saharien et s'étale sur l'atlas saharien au nord et les plateaux sahariens au sud, elle est limitée :

- Au nord par la commune de oued morra et Ghicha;
- A l'est par la commune de Sidi makhlouf ;
- Au sud par la commune de hassi delaa et hassi Rmel ;
- A l'Ouest par la commune de Tadjrouna.

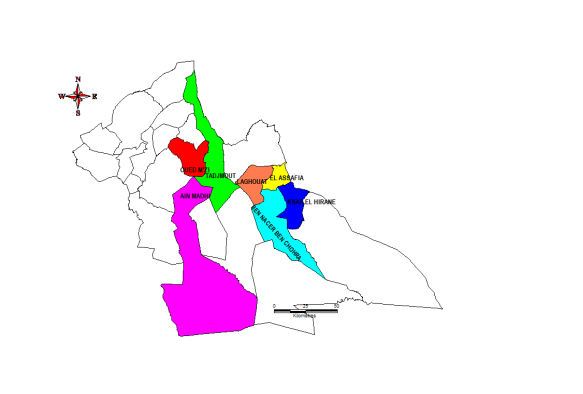


Figure8 : Cartographie de la situation géographique de la région étudiée (wilaya de laghouat).

1-2-1 Répartition de la superficie et la densité par commune

Commune	Population	Superficie (Km ²)	Densité (Hab/Km ²)
LAGHOUAT	213 728	400	534,32
KSAR EL HIRANE	35 097	1240	28,30
BEN NACER BEN CHOHRRA	14 800	1460	10,14
EL ASSAFIA	8 229	420	19,59
AIN MADHI	16 573	1790	9,26
TADJEMOUT	35 934	620	57,96
OUED M'ZI	4 641	425	10,92
TOTAL	392 002	6355	27,39

Il y a une augmentation significative de la densité de population dans la zone de Laghouat il y a une grande consommation d'eau dans cette zone, contrairement à d'autres zones, une grande superficie et une faible densité de population, il y a donc est l'autosuffisance en consommation d'eau.

1-2-2 Répartition de la population par zone

Commune	Population Agglomérée			POP Eparse+Nomade	Population Totale	% Part Pop, Agg	Taux d'urbanisation %
	ACL	AS	TOTAL				
Laghouat	198411	10047	208 458	5270	213 728	97,53	92,83
Ksar.Hirane	31874	0	31 874	3223	35 097	90,82	90,82
BennaceurBenchohra	9672	28	9 700	5100	14 800	65,55	0
El Assafia	6656	690	7 346	883	8 229	89,27	0
Ain Mahdi	16157	0	16 157	416	16 573	97,49	97,49
Tadjemount	24406	2029	26 435	9499	35 934	73,57	67,92
Oued M' Zi	3332	1107	4 439	202	4 641	95,64	0
Total	559463	33790	593 253	92907	686 160	86,46	68,53

ACL : Agglomération Chef Lieu de commune, AS : Agglomération Secondaire

Le taux d'urbanisation dans la zone de Laghouat, Tadjemout, Ain Madhi, Ksar El Hirane, est élevé, car la majeure partie de la population vit dans la ville affiliée à l'ADE par rapport aux autres zones, Ben naceur Ben chohra, El Assafia et Oued M' Zi sont des zones rurales. Tous les habitants vivent dans leurs zones agricoles ne sont pas contrôlée.

1-2-3-Situation AEP de la région d'étude

Pour l'alimentation en eau potable presque toutes les zones de la région reçoivent une dotation moyenne réelle de **135 L/j** habitants, et le taux de raccordement au réseau est de **94%** ; ce réseau est long de **1 094.9 Km** avec une capacité de stockage : **2390 l/s** et 99 167 foyers sont raccordés à ce réseau.

Communes	AEP			Assainissement		
	Nombre Des Foyers	Linéaire Posé (ml)	Taux De Raccordement (%)	Nombre Des Foyers	Linéaire Posé (km)	Taux De Raccordement (%)
Laghouat	34 845	236 567	98	42 443	383,84	99
ksar El Hirane	1 725	19 468	97	3 539	28,77	98
BennacerBenchorha	1 228	24 101	96	1 618	20,60	98
El Assafia	1 622	45 085	95	2 880	44,55	97
Ain Madhi	2 701	51 400	96	3 258	28,35	98
Tadjemout	2 483	44 620	96	3 339	26,46	98
Oued M' zi	1 511	33 406	93	1 887	27,59	99

En ce qui concerne l'assainissement, les pourcentages indiquent que la majorité des zones sont raccordées, mais l'approvisionnement en eau potable. Il y a des zones non raccordées, allant de 2 à 7 %, ce qui indique qu'il y a certaines personnes raccordées à l'approvisionnement en eau potable et non inscrites au raccordement à l'ADE.

III-2 méthode et matériel d'Echantillonnage

III-2-1 Méthode de prélèvement

Ce travail a été réalisé dans la région de Laghouat pendant 2 mois de Janvier jusqu'à Mars 2022. L'objectif de cette étude est d'évaluer la qualité d'eau potable dans les zones suivantes : Ain Madhi, Oude Mzi, Tadjemout, El hadjeb Laghouat, Ellassafia, Nacer Ben Chehra, Htiba, Milok , en fonction de réglementation algériennes et de l'OMS. Dans l'esprit de mieux cerner les variations, le contrôle se fait trois niveaux (Forage, Réservoir, Consommateur) ; a fin d'assurer la qualité, hygiène et sécurité d'eau dépend de sont état de captage, efficacité du traitement, l'état des conduits et les réseaux de distribution.

III-2-2 Choix des sites de prélèvement

Pour mettre en évidence l'influence du milieu extérieur sur la qualité hygiénique et la qualité physico-chimique de l'eau domestique véhiculée à travers les conduites de distribution, une enquête sur l'état extérieur des ouvrages hydrauliques et du réseau de distribution est effectuée. Il sera retenu les sites qui sont exposés aux éventuels risques de pollution, tels que les décharges publiques, les fuites répétitives ou mal réparées, les débordements des eaux usées.

Elle est suivie des prélèvements pour analyser afin de détecter la pollution par certains paramètres indicateurs. L'échantillonnage comprend, un prélèvement au niveau du forage, un prélèvement au niveau du réservoir alimenté par le forage et un prélèvement au niveau du réservoir de distribution.

Tableau N°11 sites de prélèvement

Zone de prélèvement	forage	réservoir	L'eau de robinet
Tadjmoute	//	//	//
Ain Madhi	//	//	//
El Assafia	//	//	//
Kassr El Hiran	//	//	//
Ben Nacir Ben chohra	//	//	//
Laghout	//	//	//
Borj Snoci	//	//	//
HTAIBA F	//	0	0
HAMDA F	//	0	0
OUED MZI F1	//	//	//
DJKAIDJIKA	0	0	//
HADJEB X	//	//	//
Chapeau Jendarem	//	0	0

III-2-3 Technique de prélèvement

III-2-3-1 Technique de prélèvement pour les analyses bactériologiques

- Lorsque vous prélevez des échantillons d'eau potable, il est important de le faire dans un endroit propre et de veiller à ce que tout l'équipement utilisé pendant les prélèvements reste propre (p. ex., les bouteilles, le conteneur de transport, la surface sur laquelle on entrepose les bouteilles, etc.) ;

- Étiquetez la bouteille (avec l'étiquette que vous a fournie le laboratoire autorisé) avant de prélever l'échantillon. Sur l'étiquette, inscrivez la date, le numéro de votre système d'eau potable, l'endroit où l'échantillon sera pris ;
- Lavez-vous les mains ou portez des gants jetables, neufs et propres ;
- Laissez couler l'eau froide (pendant deux à cinq minutes) avant de prélever l'échantillon ;
- Ne rincez pas la bouteille avant de la remplir, car vous risqueriez d'enlever une partie ou la totalité de l'agent de conservation qu'elle contient, et de ruiner l'échantillon ;
- Ne touchez pas au goulot ni à l'intérieur de la bouteille et du bouchon, car vous risqueriez de contaminer l'échantillon ;
- Utilisez la bouteille stérile que le laboratoire autorisé vous a remise pour prendre l'échantillon d'eau. Ce type de bouteille d'échantillon bactériologique est muni d'une fermeture de sécurité.

III-2-3-2 Technique de prélèvement pour les analyses physico-chimiques

- Laver les mains avec l'eau et le savon ;
- Nettoyer l'extérieur de robinet pour éliminer tous déchets ;
- Ouvrir le robinet à son débit maximum et laisser l'eau s'écouler pendant 1 à 2 minutes ;
- Fermer le robinet. Stériliser le robinet pendant 1 minute avec un coton imbibé d'alcool enflammé ;
- Ouvrir doucement le robinet et laisser l'eau s'écouler à un débit moyen pendant 1 à 2 minutes ;
- Remplir le flacon en verre munis d'un bouchon à vis métallique stérile ;
- Un petit volume d'air doit rester à la surface de manière à faciliter l'agitation de l'eau avant son analyse ;
- Fermer le flacon avec un bouchon qui sera recouvert par son enveloppe de protection ;
- Inscrive sur l'étiquette les indicateurs nécessaires à l'identification du prélèvement ;
- Mettre le flacon contenant l'échantillon dans une glacière 4C° (Rodier et al., 2005

III -2-4 Transporte et conservation des échantillons

Afin d'éviter que la teneur initiale en germes des eaux ne risque de subir des modifications dans le flacon, toutes les analyses sont effectuées le plus rapidement possible. L'évolution est difficile à prévoir et dépend de nombreux facteurs: température, concurrence bactérienne des espèces présentes, composition chimique de l'eau. A cet effet, la circulaire du 21 janvier 1960, relative aux méthodes

d'analyses bactériologiques des eaux d'alimentation spécifie que « Si la durée du transport dépasse 1 heure, et si la température extérieure est supérieure à 10°C, les prélèvements seront transportés dans des glacières dont la température doit être comprise entre 4 à 6 °C ». Même dans de telles conditions, l'analyse bactériologique doit débuter dans un délai maximal de 8 heures, après le recueil de l'échantillon. Si exceptionnellement l'analyse doit être reportée, il faut entreposer les échantillons à 4 °C (Rodier et al., 2005).

Après le prélèvement, les échantillons sont transportés aseptiquement à la température de 4°C dans des isothermes à l'obscurité pour assurer une conservation satisfaisante (Larpent ,1997).



Figure9 : Flaconnage pour prélèvement d'eau

III -3 Matériel et méthode d'analyse

III -3-1 Méthode et matériel d'analyse bactériologique

III-3-1-1 Matériel d'analyse bactériologique

Milieux de culture

- Gélose Tryptone Extrait de levure (TGEA) utilisé pour la recherche des germes totaux ;
- Bouillon Lactose au pourpre de bromocrésol (BCPL) utilisé pour la recherche des coliformes totaux et fécaux ;
- Bouillon Rothe pour le test de présomption des streptocoques fécaux ;

- Bouillon Ethyle Violet-Azide de sodium Litsky (EVA Litsky), pour le test de confirmation des streptocoques fécaux ;
- Gélose Viande de foie (VF) pour la recherche et le dénombrement des *Clostridium sulfito-réducteurs*.

Matériel

Boites de pétri- portoirs- pissettes- bec benzen- bain marie- autoclave

III -3-1-2 Méthode Analyse bactériologique

L'analyse bactériologie a pour but la recherche et les dénombrements des germes existant dans les échantillons d'eau à analyser. Il faut signaler qu'un examen bactériologique ne peut être interprété que s'il est effectué sur un échantillon correctement prélevé dans un récipient stérile, selon un mode opératoire précis évitant toutes les contaminations accidentelles, correctement transporté au laboratoire et conservé et analysé sans délai ou après une courte durée de conservation dans des conditions satisfaisantes (Rodier, 2005).

Il existe de nombreux types de bactéries, de virus et de parasites différents, par conséquent, plusieurs analyses doivent être effectuées pour assurer la salubrité de la qualité de l'eau. Ces analyses représentent l'étude microbiologique de l'eau.

Une analyse complète de l'eau a été effectuée afin de rechercher et le dénombrement des paramètres suivants :

- Germe totaux
- Coliforme totaux
- Coliforme fécaux
- *Clostridium sulfito-réducteurs*
- *Streptocoques fécaux*

III-3-1-2-1 Dénombrement des germes aérobies mésophile totaux

Le dénombrement des germes aérobies mésophile totale donne le nombre de colonies se développant dans la température 37°C ou 22°C pendant 24 à 48 h sur le milieu gélosé glucosé tryptoné à l'extrait de levure (TGEA) (Annexe7) ensemencement avec 1ml d'eau à analyser (AFNOR, 1997).

Mode opératoire :

- Désinfectez les mains et le lieu de travail avec de l'alcool ou de l'eau de javel ;
- Enflamme le bec benzène pure stérilise la zone de travaille ;
- On prendre deux boites de pétri stérile et on note sur chaque boite des Informations pour chaque échantillon (La date et la température d'incubation et le numéro d'échantillon) ;
- Pré de bec benzène, on prélève 1ml d'eau à analyser et on ensemence dans chaque boite ;
- On fait couler environ 19ml la gélose (TGEA) préalablement fondue et refroidie à 45C° ;
- On agite doucement par un mouvement circulaire en forme de « 8 », pour assurer un mélange homogène ;
- Les boites seront partagées en deux séries distinctes :

La première série sera incubée à 22C° pendant 24h ;

La deuxième série sera incubée à 37C° pendant 24h, (**Photo1**).

Les résultats sont exprimés en nombre de micro-organismes revivifiables par ml 22C° et à 37C°, chaque colonie étant par convention considérée comme ayant été engendrée par un seul micro-organisme, ils sont exprimés en UFC (**Figure10**) (**Rodier et al., 2005**)



Photo1 : Dénombrement des germes aérobies mésophile totaux à deux température d'incubation 22C° et 37C°.

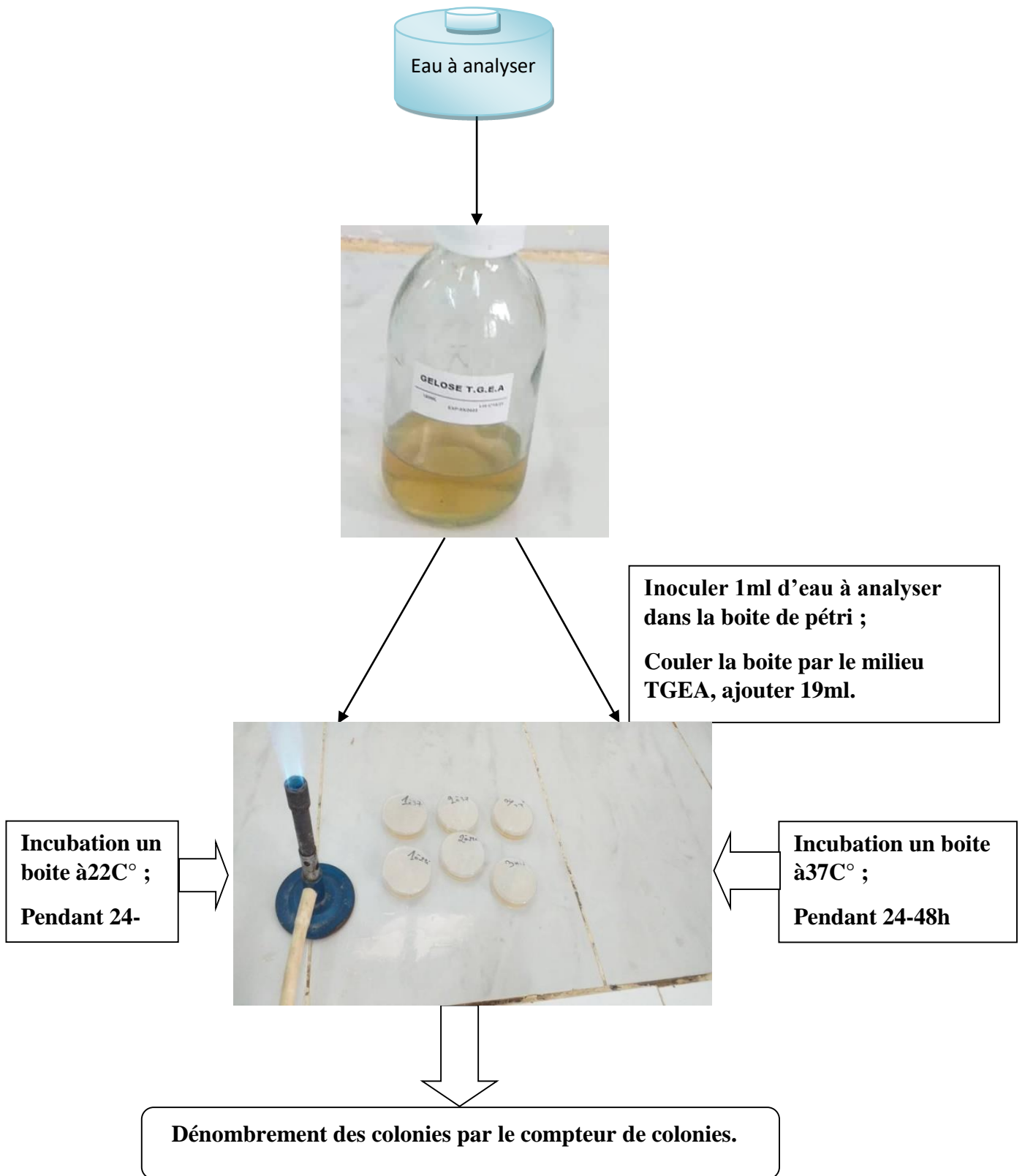


Figure10 : Dénombrement des germes aérobies mésophile totale.

III-3-1-2-2 Dénombrement des coliformes totaux et fécaux

Les coliformes sont appartenant en fait à la famille des *Entiobacteriaceae*, se présente sous forme des bâtonnets, non sporogones, Gram négatifs, oxydase négatifs, facultativement anaérobies, capable de croître en présence de sels biliaires de fermenter le lactose avec production d'acide et d'aldéhyde en 48 h, à des températures de 35 à 37°C. Les coliformes thermo tolérant ont les même propriétés avec les coliformes mais à 45°C (**Rodier J, 2009**).

La technique utilisée pour rechercher et dénombrement des coliformes dans le laboratoire et le nombre le plus probable (NPP) dans un milieu liquide sur BCPL (**Annexe7**), Utilisation de la technologie des milieux liquides pour rechercher les coliformes totaux et fécaux ainsi l'*Escherichia Coli*, il est soumis à deux examens consécutifs à savoir :

- Teste de présomption : réservé à la recherche des coliformes totaux ;
- Teste de confirmation ou test de MAC KENIZIE : réservé à la recherche des coliformes fécaux ou thermo tolérant et *Escherichia Coli* (**ISO9308, 2014**).

Teste de présomption

Dans un portoir prend les tubes de milieu BCPL D/C et S/C avec un cloche de Durham, a partir de l'eau à analyser

- Dans Chacun deux tube contenant 10 ml de milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham, ajoute 10ml d'eau à analyser ;
- Dans Chacun deux tube contenant 10 ml de milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham, ajoute 10ml d'eau à analyser ;
- Dans Chacun deux tube contenant 0.1 ml de milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham, ajoute 10ml d'eau à analyser (**Photo2**).

Le gaz présent éventuellement dans les cloche de Durham doit être chassé et bien mélangé le milieu et l'inoculum. L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48h (**Photo3**).

Seront considérés comme positifs les tubes présentant à la fois :

- Un dégagement gazeux (supérieur au 1/10 de la hauteur de la cloche de Durham) ;
- Un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune.

Expression des résultats

Le nombre des coliformes par 100ml est obtenu en comptant les nombres des tubes positifs en se référant à la table de Mac Gredy qui donne le nombre le plus probable(NPP).



Photo2 : Recherche et dénombrement des *streptocoques fécaux* et *coliformes totaux*.

Test de confirmation

- Le test de confirmation ou le test de Mac Kenzie est basé sur la recherche des coliformes fécaux ou thermo tolérant parmi lesquels on redoute surtout la présence d'*Escherichia Coli* ;
- Nous prélevons deux ou trois gouttes avec une pipette Pasteur de chaque tube de BCPL positif et les mettons dans le tube d bouillon Schubert muni d'une cloche de Durham ;
- Tout gaz présent dans les cloches doit être expulsé et le milieu bien mélangé ;
- L'incubation est effectuée à 44°C pendant 24 heures.
- Les tube considèrent comme positif, seront les tubes présentant à la fois :
- Un trouble avec un dégagement gazeux ;
- Anneau rouge en surface, témoin de la production d'indole par E. Coli après adjonction de 2 à 3 gouttes de réactive de Kovacs (**Figure11**).

Expression des résultats

Le dénombrement d'*E. Coli* s'effectue de la même façon que celui des coliformes totaux sur la table de Mac Credy.



Photo3: Incubation du *clostridium sulfito-réducteur*, Coliformes et les streptocoques.

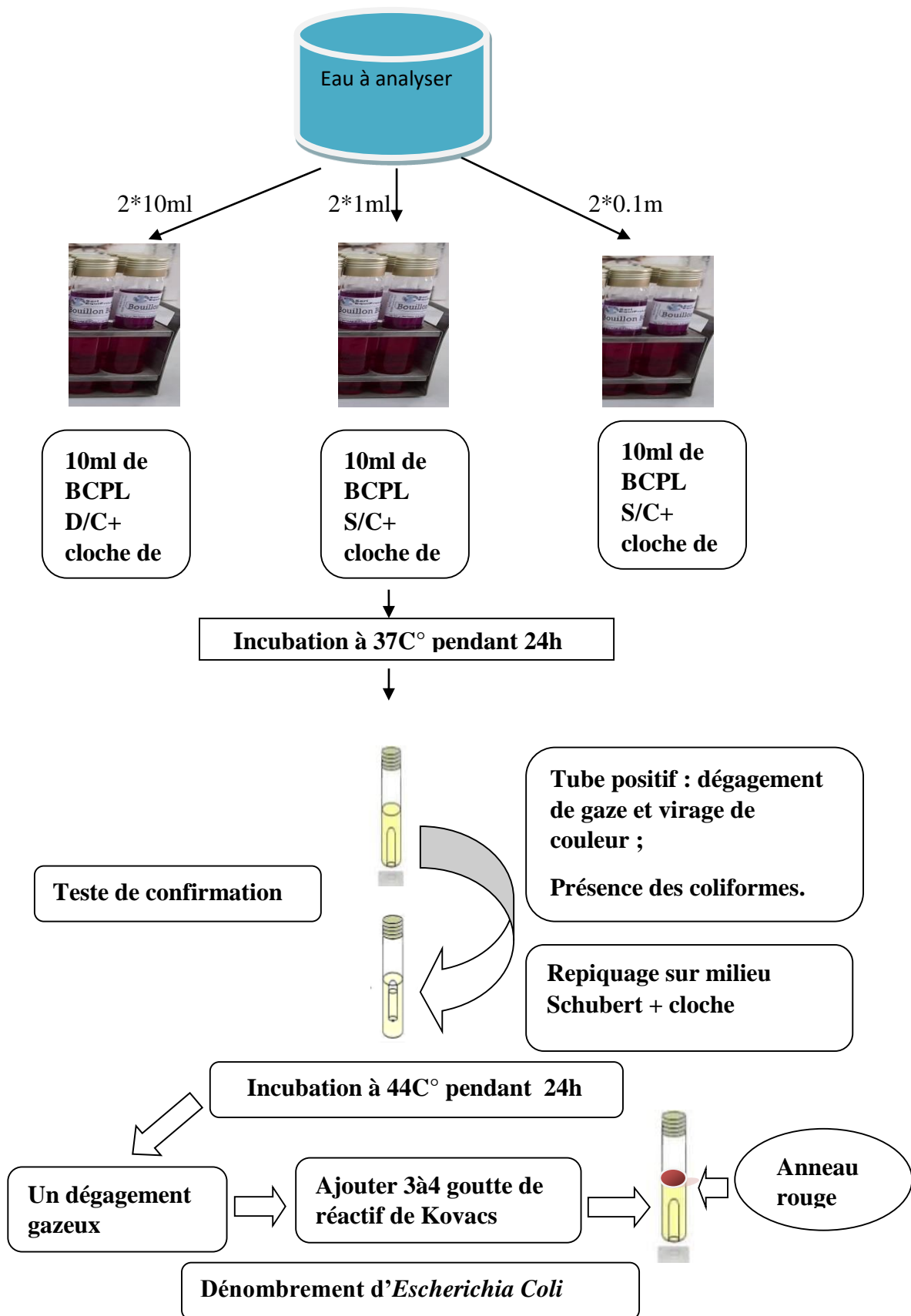


Figure 11 : Dénombrement des coliformes totaux et fécaux.

III-3-1-2-3 Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux

Les *streptocoques fécaux* ou les *Entérocoques intestinaux*, sont des bactéries Gram positif sous forme de cocci, sphérique ou ovoïde formant des chainettes, ne possédant pas de catalase. Ils sont capable de se développé en 24h-48h à 37C° sur un milieu sélectif (milieu Rothe) (**Annexe7**), ce sont témoins de la pollution fécale (**ISO 7899-2, 2000**).

Le nombre de staphylocoques est généralement peu élevé. On utilise d'abord un milieu d'enrichissement relativement sélectif, lorsque des bactéries apparaissent dans le milieu, il faut vérifier dans un deuxième temps si les bactéries sont bien des streptocoques, on utilise l'action de deux agents sélectifs en repiquant une anse des milieux positif dans le milieu de Litsky(**Annexe7**).

Test de présomption

Dans un portoir prend les tubes de milieu Rothe D/C et S/C, a partira l'eau à analyser :

- Ajoute 10ml d'eau à analyser, dans Chacun deux tubes contenant 10 ml de milieu Rothe D/C muni d'une cloche de Durham ;
- Ajoute 10ml d'eau à analyser, dans Chacun deux tubes contenant 10 ml de milieu Rothe S/C muni d'une cloche de Durham ;
- Ajoute 10ml d'eau à analyser, dans Chacun deux tubes contenant 10 ml de milieu Rothe S/C muni d'une cloche de Durham (**Photo2**) ;
- Bien mélange le milieu et l'inoculum. L'incubation se fait à 37C° pendant 24 à 48h (**Photo3**).

Seront considérés comme positifs les tubes présentant à la fois :

- Un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu pendant cette période est présumé contenir un *streptocoque* fécal ;
- Le résultat final est lecture selon les prescriptions de la table du NPP.

Teste de confirmation

Le test de confirmation confirme la présence de *streptocoques* fécaux, qui doit d'abord être fait :

- Bien agiter le tube positif de Rothe ;
- Prélevez 1 ml de chaque à l'aide d'une pipette Pasteur ;
- Repiquage dans un tube contenant un milieu Litsky Eva ;
- Bien mélange le milieu et l'inoculum et L'incubation est effectuée à 37°C pendant 24 heures.
- Seront considèrent comme positif, les tubes présentant à la fois :
- Un trouble microbien ;
- Une pastille violette (blanchâtre) au fonde de tube.

La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table du NPP, le nombre de streptocoque fécaux sont par 100ml de l'eau analysé(**Figure12**) (**Rodier et al., 2005**).

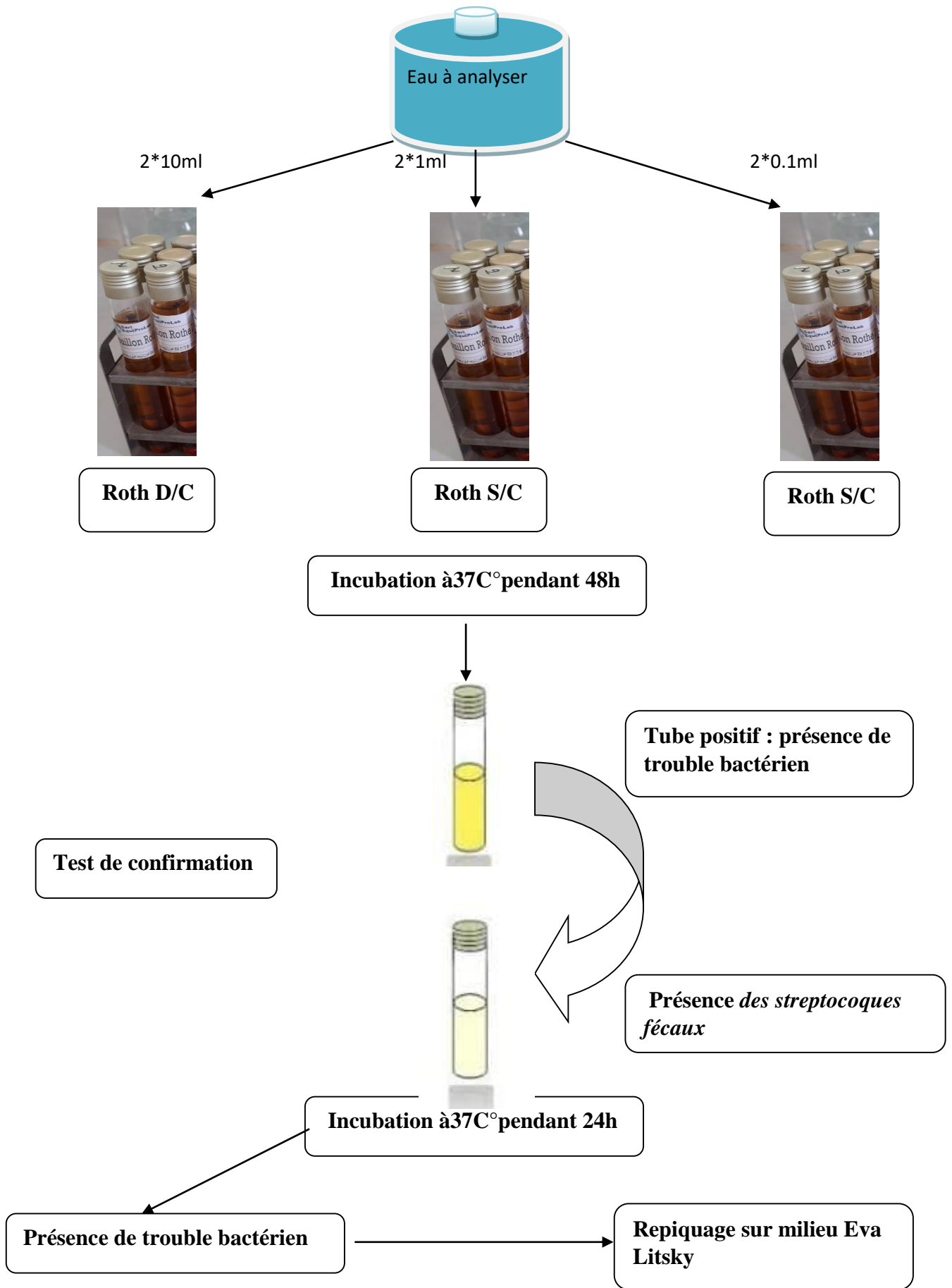


Figure12 : Recherche et dénombrement des *streptocoques fécaux*.

III-3-1-2-4 Recherche et dénombrement des anaérobies *sulfito-réducteur*

Les bactéries anaérobies *sulfito-réducteurs* (ASR) est un groupe de bactéries se développant uniquement en absence d'oxygène et qui possèdent des caractéristiques biochimiques particulières, notamment la production de sulfure d'hydrogène. Dans ce groupe on retrouve principalement *Clostridium perfringens* mais également le groupe des *Clostridium botulinum* et d'autres germes capables de réduire les sulfites (certains *Bacillus* et *streptocoques*). Les *Clostridi* sont des germes pathogènes rencontrés en hygiène alimentaire. Dans le cadre des analyses d'eau, les ASR sont utilisés comme témoin de la qualité de filtration et/ou marqueur d'une contamination fécale (Rugraff Y, 1992).

Mode opération

- On introduit dans 4 tubes à essai 20 ml d'échantillon d'eau à analyser (5 ml dans Chaque tube) ;
- On place les tubes au bain marie à 80 °C pendant 10 minute dans le but de détruire Toutes les formes végétatives ;
 - On refroidit sous l'eau du robinet ces tubes, puis on ajoute 2 gouttes d'alun de fer et 4 gouttes de sulfites de sodium puis on remplit les 4 tubes par la gélose viande foie(Annexe7) en surfusion et refroidie à une température de l'ordre de $45\pm 1^{\circ}\text{C}$ (Photo4) ;
 - On mélange doucement, en évitant la formation des bulles d'air ;
 - On incube à 37 °C et on procède à une première lecture après 16 heures, car très Souvent les spores des anaérobies *sulfito-réducteurs* sont envahissantes ce qui rendra la Lecture impossible, si non on fera une deuxième lecture après 24 et dans le cas échéant après 48 heures (Photo3) ;
 - Les *Clostridium sulfito-réducteurs* réduisent le sulfite de sodium, en produisant des colonies entourées d'un halo noir dû à la formation de sulfure de sodium (Photo5).

Après une incubation de 24h à 37C° on n'observe pas de colonies noires. L'eau à analyser ne contient donc pas spores de *clostridium sulfito-réducteur*(Figure13) (ISO6461, 1986).

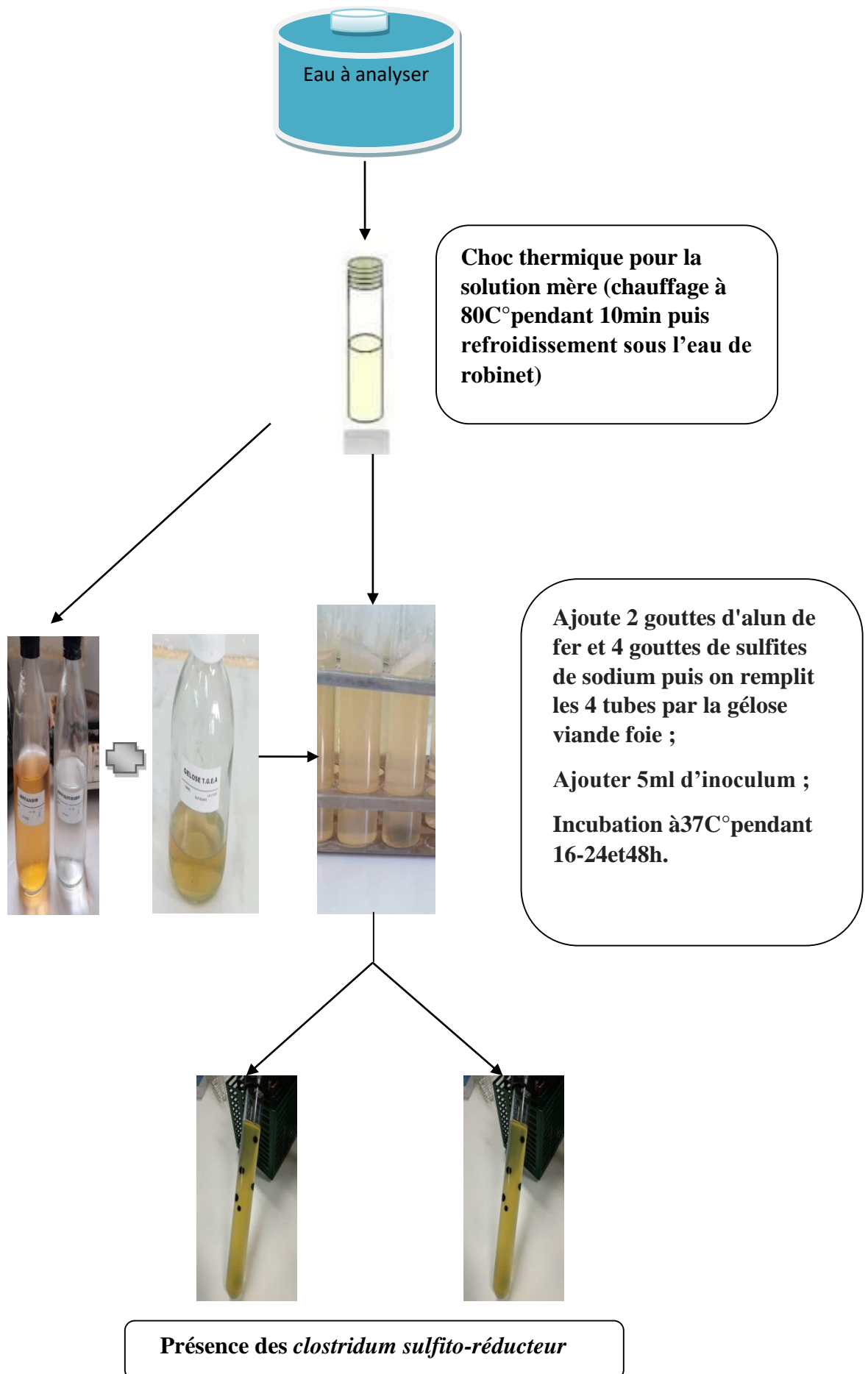


Figure13 : Recherche et dénombrement des *Clostridium sulfito-réducteur*.



Photo4 : Recherche et dénombrement des anaérobies *sulfito-réducteur*.

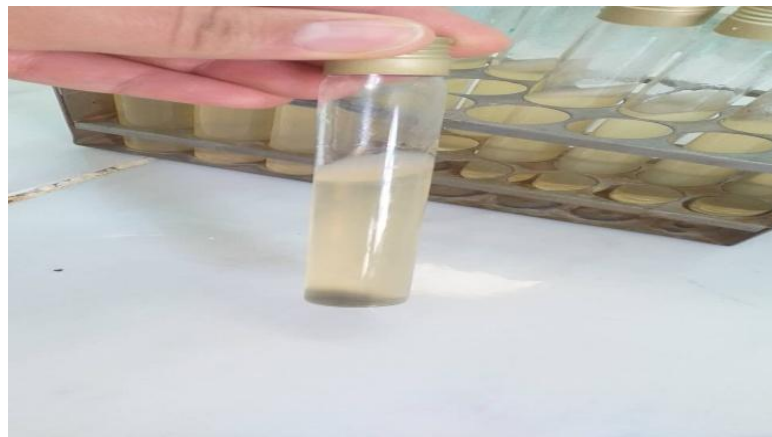


Photo5: observe une colonie noire de spores de *clostridium sulfito-réducteur*.

III-3-2 Méthode et matériel d'analyse physico-chimique

III-3-2-1 Matériel d'analyse physico-chimique

Les appareils

Autoclave, balance, étuve, hotte chimique, Micropipettes, pH mètre, thermomètre, Plaque chauffante, conductimètre, turbidimètre (HACH 2100N), spectrophotomètre UV-Visible, photométrie de la flamme.

Matériel

Béchers, entonnoirs, éprouvettes graduées, erlenmeyers, fioles jaugée, flacons, pipettes graduées, pipettes pasteur, burettes, tubes à essais. , distributeur, pissettes, spatules.

Réactive

Na OH- Salicylate de sodium - Solution d'E.D.T.A- Solution d'hydroxyde de sodium - Solution de nitrate d'argent - Chlorure de baryum- Acide acétique- Acide sulfurique - Solution d'H Cl- tompon ammoniacale(Ph10) –Solution stabilisante –Calcon+Na cl - DPD (N,N-Diéthylphénylène-4diamine) - Réactif Mixte.

Indicateurs colorés

Indicateur coloré K_2CrO_4 -NET –méthyle d'orange –chromate de potassium.

III-3-2 Méthode d'analyse physico-chimique

Dans la ville de Laghouat, l'eau destinée à la consommation est soumise à plusieurs tests pour garantir la qualité de l'eau. La qualité physique et chimique de l'eau est estimée en mesurant un ensemble de paramètres qui composent l'eau. Des résultats anormaux permettent de mettre en évidence et d'évaluer les niveaux de pollution.

III-3-2-2-1 Mesure directe des paramètres physico-chimiques (PH-TC°-CE- minéralisation- Turbidité)

Mesure de la température TC°

La température est déterminée pour chaque échantillon à l'aide d'un thermomètre multiéléments de précision intégré que nous étalonnons avant chaque traitement La température est lit directement La température est exprimée en C° (Rodier et al., 2005).

Détermination de pH

- Prendre environ ≈ 100 ml d'eau à analyser ;
- Mettre un agitateur avec une faible agitation ;
- Tremper l'électrode dans le bêcher ;
- Laisser stabiliser un moment avec une faible vitesse d'agitation ;
- Puis noter le pH (**Photo6**).



Photo6 : Mesure le PH et la température par le PH mètre.

La turbidité

La turbidité de l'eau est due la Réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matière non dissoute. Remplir une cuvette de mesure propre et bien essuyer avec du papier hygiénique avec l'échantillon à analyser bien homogénéisé et effectuer rapidement la mesure, il est nécessaire de vérifier l'absence de bulle d'air avant la mesure. La mesure est obtenue directement en NTU (Unité Turbidité Néphélométrique) (**Photo7**).

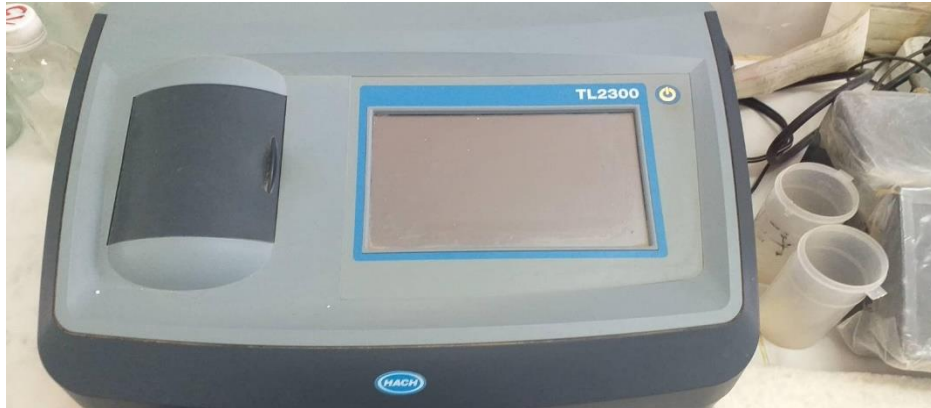


Photo7 : Mesure de la turbidité par le turbidimètre

La conductivité

La détermination de la conductivité se fait par la mesure de résistante électrique de la solution, donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau (capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes).

D'une façon générale, opérer de la verrerie rigoureusement propre et rincée, avant usage, avec de l'eau distillée. Rincer plusieurs fois la cellule à conductivité, d'abord avec de l'eau distillée puis en la plongeant dans un récipient contenant de l'eau à examiner; faire la mesure dans un deuxième récipient en prenant soin que les électrodes de platine soient complètement immergées. Le résultat est donné directement en $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Déterminez le TDS dans le même appareil qui mesure la conductivité (conductimètre) et de la même manière, il suffit d'appuyer deux fois sur le bouton. Ensuite, les mesures des solides totaux dissous apparaissent dans l'appareil(**Photo8**).



Photo8 : Mesure la conductivité et TDS par le conductivimètre

Détermination de la minéralisation

La minéralisation est évaluée par la mesure de la conductivité, elle correspond à la concentration en sels minéraux dissous. Il y a une relation entre la teneur en sels dissous d'une eau et sa conductivité (Rodier J, 2009).

Tableau N°12. Détermination de la minéralisation à partir de la conductivité (RODIER J., 2009)

Conductivité (µS/cm)	Minéralisation
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

III-3-2-2 Dosage de chlore libre

Le dosage du chlore libre est effectué par méthode colorimétrique simple et rapide. Il suffit d'ajouter un comprimé (N,N-Diéthylphénylène-4diamine ou le DPD) dans un tube contenant l'eau à analyser .coloré en rose en milieu oxydant et incolore en milieu réducteur à un pH compris entre 6,8 et 6,5 (Photo9).



Photo9: Taste du chlore libre.

III-3-2-3 Dosage de la dureté totale (TH titre hydrométrique)

La dureté totale est un indicateur du niveau de calcaire dans l'eau notamment le calcium (Ca^{+2}) et le magnésium (Mg^{2+}). Est déterminée par un dosage complexométrique par l'EDTA (acide éthylène diamine tétra-acétique) (**Annexe8**).

TH : C'est la somme de la concentration en calcium et magnésium contenue dans l'eau

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

Mode opératoire

Une ajoute 10goutte de solution tampon (pH10) Quelques goutte de NET (**Annexe8**) dans 10ml d'eau prélevée à l'aide de pipette. Titrer la solution par addition goutte à goutte de l'EDTA Jusqu'à l'apparition du virage violet au bleu claire, on note le volume équivalent (**Photo10**).



Photo10 : Dosage de TH.

III-3-2-4 Détermination du calcium (Ca²⁺) et du magnésium (Mg²⁺)**Principe**

Titration molaire des ions calcium et magnésium avec une solution de sel disodique l'acide éthylènediaminetétraacétique (EDTA) à pH10. Le noir érichrome T, qui donne une couleur rouge foncé ou violette en présence des ions calcium et magnésium, est utilisé comme indicateur.

Mode opératoire

On prélève 10ml de l'eau à analyser à l'aide d'une pipette Pasteur et on la vide dans un bécher puis on ajoute 3 gouttes de solution d'hydroxyde de sodium (Na OH, pH=12) et un pincée de calcon +Na Cl, ensuite on titre avec l'EDTA goutte à goutte jusqu'au virage violet au bleu.

$$Ca^{2+} = \frac{\text{volum EDTA} \times \text{normalité EDTA}}{\text{volum de l'eau à analyser}} \times 1000$$

Détermination de Mg²⁺

$$Mg^{2+} = \frac{TH}{50} - \frac{Ca^{2+}}{20.4} \times (12.16)$$

III-3-2-5 Détermination de l'alcalinité (HCO₃)

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence bicarbonates, carbonates et hydroxydes.

Principe

Détermination des volumes successifs d'acide fort en solution diluée nécessaire pour neutraliser, aux niveaux de pH = 8.3 et 4.3, le volume d'eau à analyser. La première détermination sert à calculer le titre alcalimétrique (TA), la seconde à calculer le titre alcalimétrique complet (TAC)

Mode opératoire

- Prendre 10 ml d'eau à analyser à l'aide d'une pipette et ajouté dans erlenmeyer ;
- Ajouté quelque goutte de l'indicateur méthyle d'orange ;
- Titre par la solution d'acide sulfurique 0.02N jusqu'à obtention de la couleur jaune orangé au rouge brique ;
- Note le volume équivalent V.

Expression des résultats

$$F.G = \frac{V_A \times N_A \times M_{HCO_3^-} \times 1000}{PE} = \frac{V_A \times 0,1 \times 61 \times 1000}{100}$$

V_A : Volume d'acide versé.

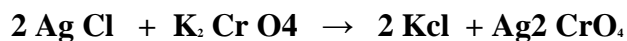
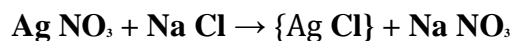
N_A : normalité d'acide versé.

$M_{HCO_3^-}$: masse des bicarbonates (HCO_3^-).

P.E : prise d'essai.

III-3-2-6 Détermination des chlorures (Cl)**Principe**

Réaction des ions chlorure avec des ions argent pour former du chlorure d'argent insoluble qui est précipité quantitativement. Addition d'un petit excès d'ions argent et formation du chromate d'argent brun-rouge avec des ions chromates qui ont été ajoutés comme indicateur. Cette réaction est utilisée pour l'indication du virage. Durant le titrage, le pH est maintenu entre 5 et 9.5 afin de permettre la précipitation.

**Mode opératoire :**

- Prendre 10 ml d'eau à analyser à l'aide de pipette ;
- Ajouter 5 gouttes de K_2CrO_4 (coloration jaunâtre) (**Annexe8**) ;
- Titrer avec $Ag NO_3$ (**Annexe8**) jusqu'à coloration brun rougeâtre, on note le volume équivalente V. (**Ben Abdallah S, Bourane A, 2013**).

Expression des résultats

$$Cl = \frac{\text{volume Ag No}_3 \cdot \text{normalité Ag No}_3}{\text{volume de l'eau à analyser}} \times 1000$$

N : Normalité d'AgNo₃ ;

V : Volume d'AgNo₃ titré ;

VE : Volume d'échantillon d'eau.

III-3-2-7 Dosage de sodium et de potassium par photométrie de la flamme (K⁺ -Na⁺)

La photométrie de la flamme est un des procédés les plus rapides et sensibles connus aujourd'hui pour le dosage des éléments alcalins et alcalino - terreux.

Les éléments à analyser (sodium, potassium lithium, calcium etc. ...) sont généralement sous forme de sels. L'analyse se fait en partant de leurs solutions.

Mode opératoire

- Allumer l'appareil à l'aide du bouton vert (Power) ;
- Ouvrir le robinet de la bouteille du gaz ;
- Allumer la flamme à l'aide du bouton noir "IGNITION" sans lâcher le doigt jusqu'à l'affichage "FLM" en rouge sur l'écran ;
- Pipeter de l'eau distillée remplie dans une cuvette ;
- Optimiser la flamme si elle est jaune à l'aide du bouton " fuel " jusqu'à ce que la couleur devienne bleu violacée ;
- Optimiser à zéro à l'aide du bouton "Blank" ;
- Laisser se stabiliser 5 à 10 minutes ;
- Une fois qu'elle se stabilise à zéro, activer la cuvette d'eau distillée et la remplacer par une autre cuvette remplie par une solution étalon de Na⁺ ou du K⁺ à 10 mg/l ;
- Optimiser à 10 mg/l à l'aide du bouton "FINE" ;
- Retirer la cuvette remplie par une solution étalon de "Na⁺" ou de "K⁺" à 10 mg/l et la remplacer par une cuvette remplie d'eau distillée et vérifier si l'écran affiche zéro (0.000) ;
- Retirer la cuvette remplie par l'eau distillée et la remplacer par une cuvette remplie par une solution étalon de "Na⁺" ou de "K⁺" à 10 mg/l et vérifier si l'écran affiche (10) ;
- Retirer la cuvette et la remplacer par une autre cuvette remplie d'eau distillée ;
- A la fin, passer aux échantillons inconnus jusqu'à ce que la valeur affichée sur l'écran est stable (3 essais pour chaque échantillon).

A la fin du dosage et par mise de la sécurité, il faut toujours fermer la bouteille de gaz propane en premier lieu ensuite l'appareil et la pompe.



Photo11 : Dosage de sodium et de potassium par photométrie de la flamme (K^+ - Na^+).

Expression des résultats

Le résultat est donné directement en mg/l.

III-3-2-8 Dosage des nitrates NO_3^- Méthode au salicylate de sodium

Principe

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

Mode opératoire

- Prendre 10 ml de l'échantillon à analyser al l'aide de pipette nous l'ajoutons dans Becher ;
- Ajouter 2 à 3 gouttes d'acide acétique et 8gouttes de nitrate de sodium
- Ajouter 1 ml de salicylate de sodium ;
- Evaporer à sec au bain marie ou à l'étuve 75 - 88° C. (Ne pas surcharger ni surchauffer très longtemps) laisser refroidir ;
- Reprendre le résidu avec 16 gouttes d'acide sulfurique, laisser reposer 15 mn ;
- Ajouter 10 ml Na OH 20% ;
- Ajouter 10 ml d'eau distillée puis passer au spectro au 415 nm (**Photo12**).

Expression des résultats

Le résultat est donné directement en mg/l à une longueur d'onde de 415 nm.



Photo12 : Spectrophotomètre pour la détermination du nitrate et le nitrite, sulfate.

III-3-2-9 Détermination des Sulfates (SO_4^{2-})

Photo14 : Préparation de la solution SO_4^{2-}

III-3-2-10 Dosage des nitrites (NO_2^-)

Principe

Les nitrites réagissent avec le Sulfanilamide pour former un composé diazoïque qui, après copulation avec le N1 Naphtyléthylènediamine dichloride donne naissance à une coloration rose mesurée à 543nm (**photo13**).

Mode opératoire :

- Prendre 50 ml d'eau à analyser ;
- Ajouter 1 ml du réactif mixte. ;
- Attendre 10mn.

* L'apparition de la coloration rose indique la présence des NO_2^- .

Expression des résultats :

Le résultat est donné directement en mg/l.

Chapitre IV

Résultats et Discussion

Introduction

Afin d'évaluer la qualité et potabilité de l'eau souterraine distribuée dans les communes localisées à l'entourage d'oued M'zi, nous avons comparées nos résultats, avec les normes algériennes et les normes de l'OMS le tableau N°13 ([Annex6](#)) Les teneurs supérieures peuvent être dangereuses pour la santé du consommateur.

III –1- Résultats d'analyse physico-chimique des eaux potables

III-1-1-Le pH

Le pH de l'eau peut influencer sur les caractéristiques physiques, chimiques et bactériologiques. L'eau acide peut mobiliser certains métaux du sol et des réseaux de tuyauterie, ce qui augmente leur biodisponibilité et change leur toxicité. Le changement de toxicité causé par une variation de pH est toutefois propre à chaque métal et à chaque organisme ([CFPTEP, 2015](#)).

Dans le cas de la région d'étude, les valeurs du pH enregistrées ne montrent pas de variations notables, elles varient entre 6,35 et 8,16. On observe que les réservoirs respectent les normes Algériennes, qui fixent des valeurs de pH entre 6,5 et 8,5. Alors selon les résultats de ce paramètre, la qualité de l'eau au niveau de la région d'étude est excellente.

Tableau N° 13 : résultat des mesures du potentiel hydrogène

La région	Nb.	Min	Max	Méd	Moy	Ecart-type (n)	C.V
PH PARTIE AMONT	5,00	6,35	7,40	6,65	6,75	0,36	0,05
PH PARTIE AVAL	5,00	6,66	7,09	7,04	6,94	0,17	0,02
PH PARTIE CENTRALE	3,00	7,07	7,71	7,70	7,49	0,30	0,04
PH RIVE DROITE	3,00	7,71	8,16	8,04	7,97	0,19	0,02
PH RIVE GAUCHE	3,00	6,56	6,78	6,78	6,71	0,10	0,02

III -1-2-La turbidité

La turbidité de l'eau distribuée ne doit jamais dépasser 5 NTU pour tous les systèmes de distribution d'après les normes Algérienne. Les résultats des analyses obtenues à l'aide d'un Turbidimètre déterminent une variation entre 0,08 NTU et 1,23 NTU.

Tableau N° 14: résultat des mesures de turbidité

Statistique	Nb.	Minimum	Maximum	Médiane	Moyenne	Ecart-type (n)	C.V
TURB PARTIE AMONT	5,00	0,08	0,14	0,11	0,11	0,03	0,23
TURB PARTIE AVAL	5,00	0,17	1,19	0,18	0,40	0,40	0,99
TURB PARTIE CENTRALE	3,00	0,29	1,23	0,39	0,63	0,42	0,67
TURB RIVE DROITE	3,00	0,48	0,57	0,56	0,54	0,04	0,08
TURB RIVE GAUCHE	3,00	0,18	0,34	0,26	0,26	0,06	0,25

Dans le cas de la région d'étude les valeurs obtenues restent dans la norme. La turbidité de l'eau souterraine est généralement surtout inorganique et causée par des facteurs géologiques naturels (GRHMSM, 2011).

III -1-3-La Conductivité électrique

La conductivité électrique de l'eau est une mesure indirecte de la teneur de l'eau en ions (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^- ,) qui sont formées par la solution des sels minéraux dans l'eau. La conductivité donne une idée de la minéralisation d'une eau est à ce titre un bon marqueur de l'origine d'une eau (HCEFLCD, 2006).

Au niveau de la partie Amont : Les fortes valeurs de CE ont été observées au niveau de oued M'zi $\mu\text{s}/\text{cm}$ et Tadjmout respectivement $2407 \mu\text{s}/\text{cm}$ et par contre les faibles valeurs ont été observées au niveau d'El Hadjeb 1045, ces variation est du à la présence des terrains évaporitiques.

Au niveau de partie centrale : Les valeurs de CE sont très faibles de l'ordre $567 \mu\text{s}/\text{cm}$ qui indique que les eaux de cette zone ont un caractère minérale.

Au niveau de la rive droite : les valeurs de conductivité électrique sont également confinées entre le maximum et de $1656 \mu\text{s}/\text{cm}$ au niveau Ousis Nord et le minimum est de $1317 \mu\text{s}/\text{cm}$ au niveau de zone d'Ousis Nord

Au niveau de la rive gauche : Les valeurs maximales ; on été observées au niveau de la bordj Senousi $2620 \mu\text{s}/\text{cm}$, et le minimum est de $1829 \mu\text{s}/\text{cm}$ au niveau d'Assafia, qui indique une minéralisation de l'ouest vers l'Est

Dans la parie aval : on remarque que au niveau de Ben Nacer Ben Chohra les valeurs de la conductivité varie entre les valeurs $1311 \mu\text{s}/\text{cm}$ et $1864 \mu\text{s}/\text{cm}$ par contre au niveau de ksar el El-Hirane est de $1489 \mu\text{s}/\text{cm}$ et $1859 \mu\text{s}/\text{cm}$ est presque identique de celle trouvée au niveau de El Assafia

Les résultats obtenus montrent que la conductivité de l'eau de consommation dans la majorité des communes est généralement dans la norme, elle varie entre 567 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 2540 $\mu\text{S}/\text{cm}$. On note que les fortes valeurs ont été observées au niveau : Hamda (2565 $\mu\text{S}/\text{cm}$) ; Bordj Senouci (2620 $\mu\text{S}/\text{cm}$) (**figure15**); Ces résultats sont conformés aux normes et inférieurs à la valeur limite fixée par la norme Algérienne (moins de 2800 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

Tableau N° 15 : résultat des mesures de La conductivité électrique

Statistique	Nb	Minimum	Maximum	Médiane	Moyenne	Ecart-type (n)	Coefficient de variation
C25 $\mu\text{S}/\text{cm}$ PARTIEAMONT	5,00	1045,00	2340,00	1564,00	1725,60	458,53	0,27
C25 $\mu\text{S}/\text{cm}$ PARTIE AVAL	5,00	1311,00	1859,00	1336,00	1461,80	209,25	0,14
C25 $\mu\text{S}/\text{cm}$ PARTIE CENTRALE	3,00	567,00	2562,00	949,00	1359,33	864,59	0,64
C25 $\mu\text{S}/\text{cm}$ RIVE DROITE	3,00	1345,00	1656,00	1430,00	1477,00	131,24	0,09
C25 $\mu\text{S}/\text{cm}$ RIVE GAUCHE	3,00	1829,00	2275,00	1829,00	1977,67	210,25	0,11

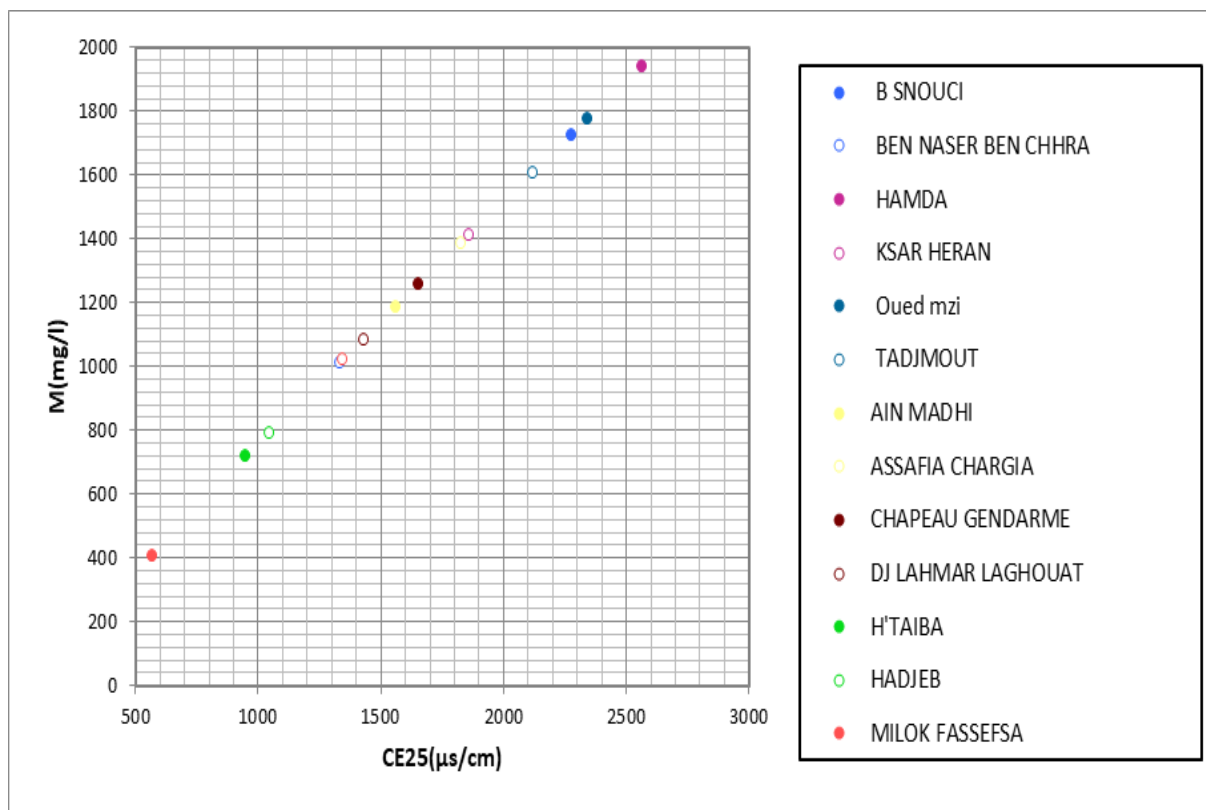


Figure14 : La relation entre la conductivité électrique et la minéralisation.

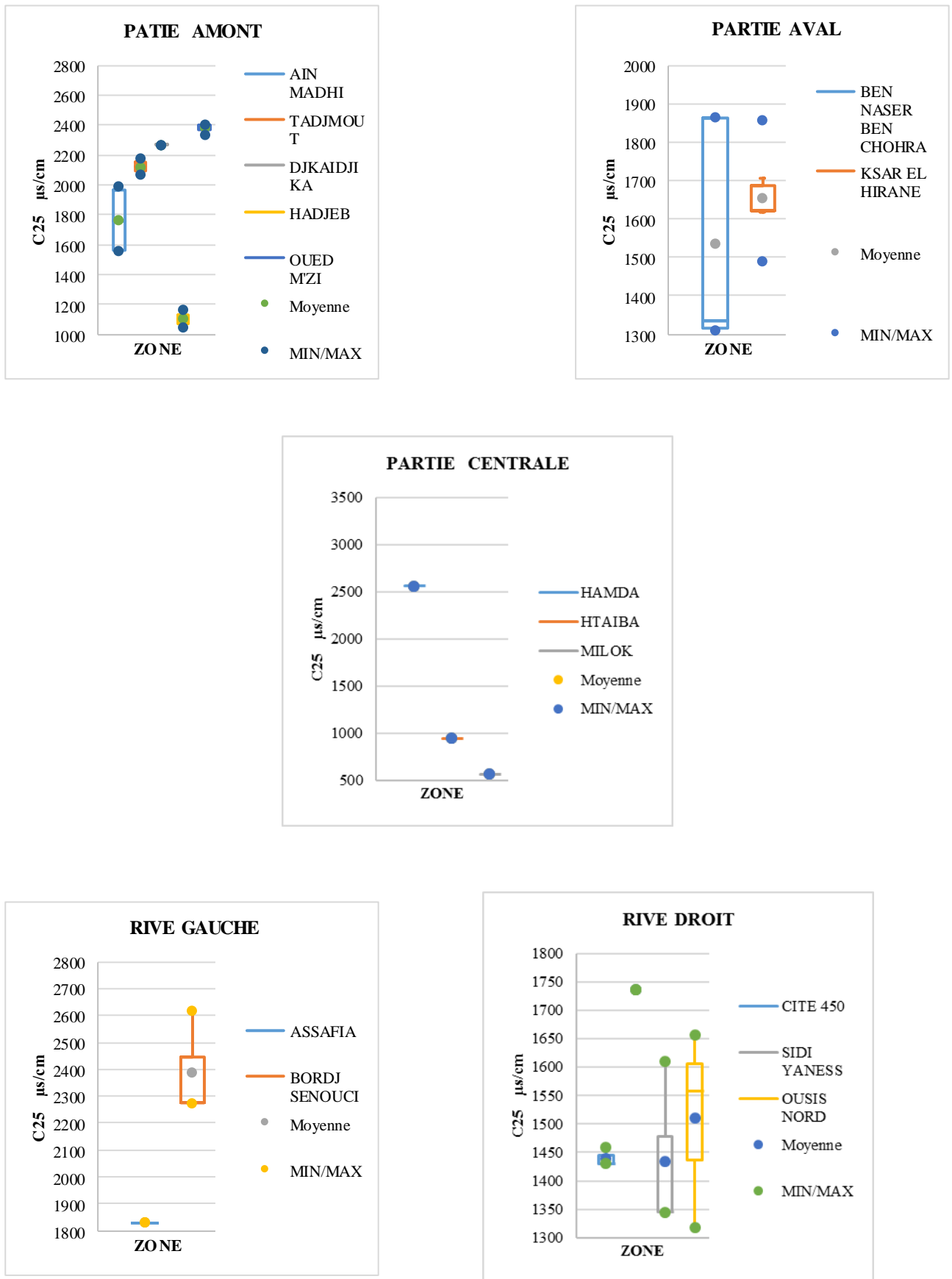


Figure 15 : Les valeurs de conductivité électrique (C25μs/cm) des eaux potables au niveau de L' OEUD

III- 1-4-TDS et Le goût

TDS signifie total des solides dissous et représente la concentration totale des substances dissoutes dans l'eau. Le TDS est composé de sels inorganiques et de quelques matières organiques. Les sels inorganiques communs trouvés dans l'eau incluent le calcium, le magnésium, le potassium et le sodium qui sont tous des actions et des carbonates, nitrates, bicarbonates, chlorures et sulfates qui sont tous des anions. Des actions sont des ions chargés positivement et des anions sont des ions chargés négativement.

Cependant, une concentration très basse de TDS donne un goût fade à l'eau qui est indésirable à beaucoup de personnes. (SDWF.2022)

Tableau N° 16: résultat des mesures de TDS

Statistique	Nb.	Minimum	Maximum	Goût
TDS mg/l PARTIE AMONT	5,00	522,00	1170,00	Passable à faible
TDS mg/l PARTIE AVAL	5,00	655,00	930,00	Passable
TDS mg/l PARTIE CENTRALE	3,00	283,00	475,00	Bien
TDS mg/l RIVE DROITE	3,00	673,00	826,00	Passable
TDS mg/l RIVE GAUCHE	3,00	915,00	1140,00	Faible

Dans majorité le cas de notre région d'étude la majorité des eaux distribuées possèdent un goût passable à faible sauf les eaux de la partie centrale (au niveau de Milok) ont un gout bien (figure13)

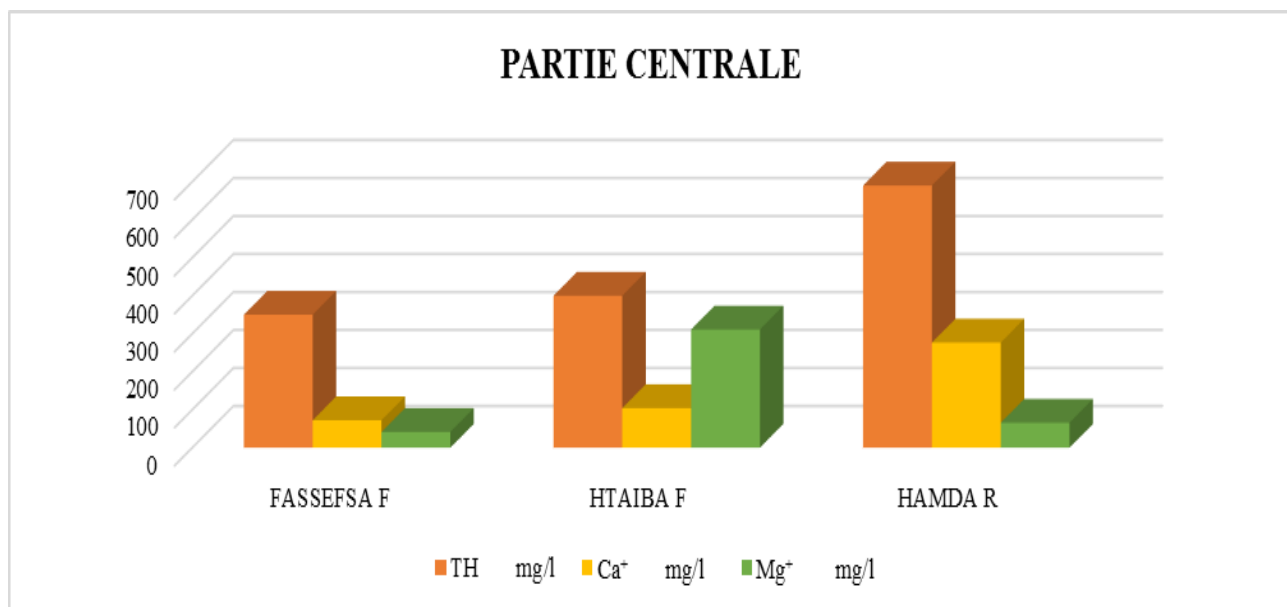
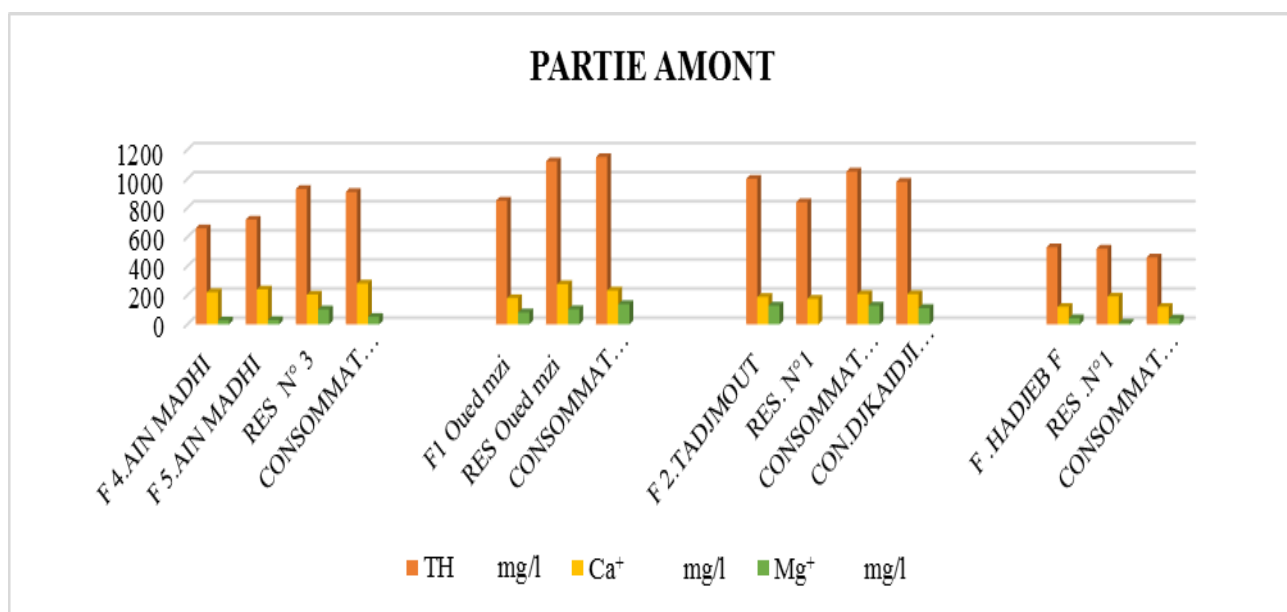
III-1 -5-La Dureté

La dureté est principalement causée par la présence de calcium et de magnésium dans l'eau et elle est exprimée en mg/L de CaCO₃. En général, la dureté carbonatée est définie par la concentration dans l'eau des cations Ca²⁺ et Mg²⁺ qui sont associés aux anions de l'alcalinité (HCO₃⁻ et CO₃²⁻). En général, l'eau qui présente une concentration de carbonate de calcium inférieure à 75 mg/L est considérée comme de l'eau douce ; entre 75 et 150 mg/L, on parle d'eau à dureté moyenne ; entre 150 et 300 mg/L, d'eau dure ; et à plus de 300 mg/L, d'eau à dureté élevée (CFPTEP, 2015). Les valeurs de la dureté de l'eau étudiée varient entre 350mg/l et 1190mg/l. (figure16)

On constate que l'eau de consommation des agglomérations étudiées est de dureté très élevée. Ce qui permet d'entarter facilement les canalisations et contribue à augmenter la consommation de lessivage (Ghizellaoui et al, 2011).

Tableau N° 17 : résultat des mesures de la dureté.

Statistique	Nb.	Minimum	Maximum	Médiane	Moyenne	Ecart-type (n)	Coefficient de variation
TH mg/l PARTIE AMONT	5,00	530,00	1000,00	720,00	752,00	161,17	0,21
TH mg/l PARTIE AVAL	5,00	570,00	750,00	650,00	658,00	68,53	0,10
TH mg/PARTIE CENTRALE	3,00	350,00	960,00	400,00	570,00	276,53	0,49
TH mg/l RIVE DROITE	3,00	640,00	720,00	675,00	678,33	32,74	0,05
TH mg/l RIVE GAUCHE	3,00	800,00	1190,00	800,00	930,00	183,85	0,20



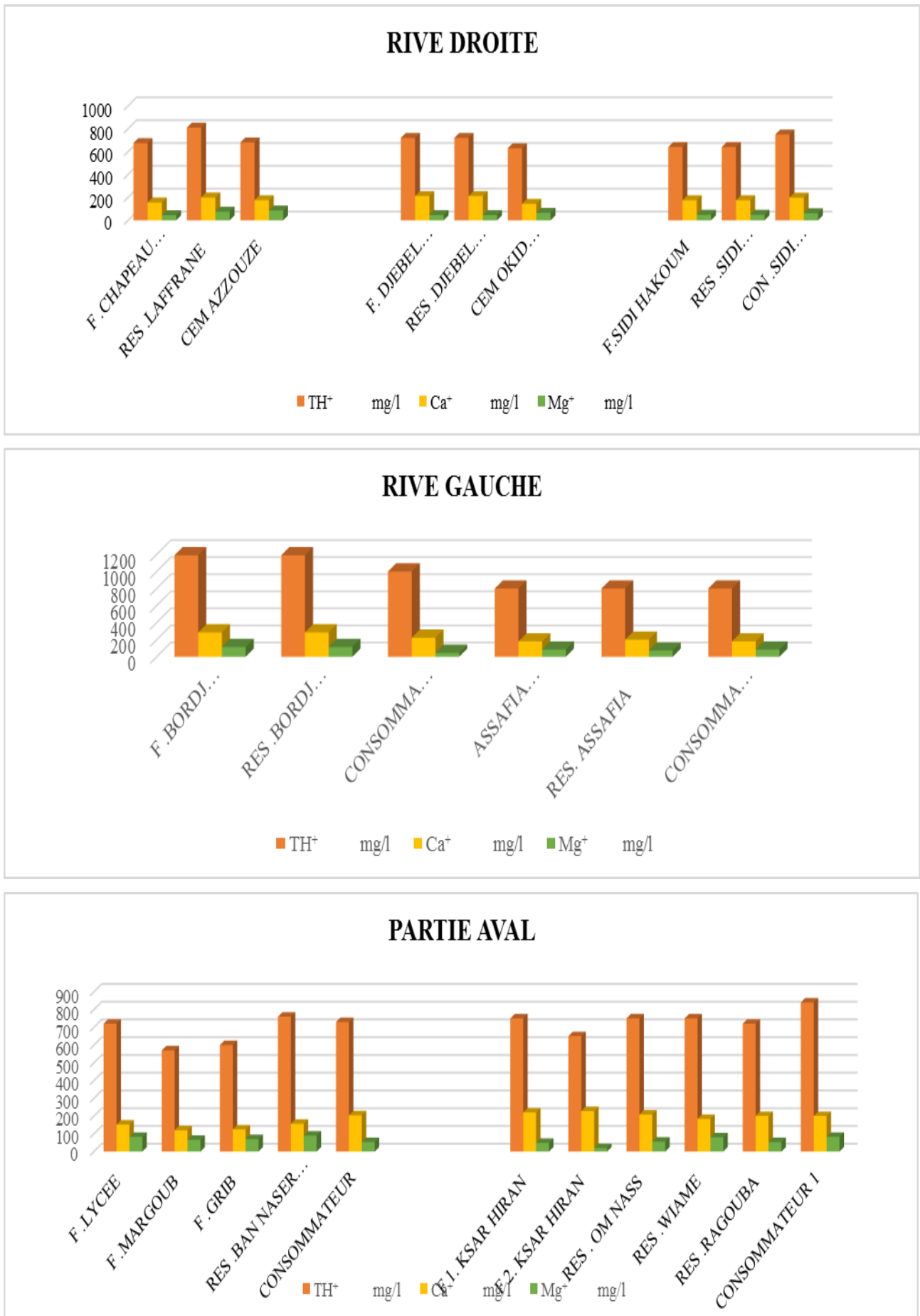


Figure16 : Histogramme du Relation Entre les trois paramètres (Th, Ca, Mg).

III -1-6-Le TAC

Nous constatons que l'eau de la région de Milok (partie centrale) est très riche en bicarbonate. Ces teneurs confirment son origine bicarbonatée, les normes algériennes ne fixent aucune valeur pour ce paramètre, puisque, quel que soit les teneurs en bicarbonate dans les eaux de consommation, la potabilité n'est pas affectée. **(Figure17.)**

Tableau N° 18: résultat des mesures du tac

Statistique	Nb.	Minimum	Maximum	Médiane	Moyenne	Ecart-type (n)	Coefficient de variation
HCO ₃ ⁻ mg/l PARTIE AMONT	5,00	158,10	263,00	158,10	189,62	41,99	0,22
HCO ₃ ⁻ mg/l PARTIE AVAL	5,00	158,00	158,00	158,00	158,00	0,00	0,00
HCO ₃ ⁻ mg/l PARTIE CENTRALE	3,00	210,00	474,30	368,50	350,93	108,61	0,31
HCO ₃ ⁻ mg/l RIVE DROITE	3,00	125,00	263,00	210,00	199,33	56,84	0,29
HCO ₃ ⁻ mg/l RIVE GAUCHE	3,00	158,00	458,00	158,00	258,00	141,42	0,55

III -1-7-Les chlorures

Les chlorures Fréquent dans la nature, sous forme de sel de sodium (Na Cl), de potassium (K Cl), et de calcium (CaCl₂). L'eau contient presque toujours des chlorures mais en proportions très variables. Indépendamment de la nature de la formation géologique traversée, la présence des chlorures peut être attribuée aux effluents des industries chimiques, des mines de potasse, aux drainages d'irrigation...etc. Le plus grand inconvénient des chlorures est la saveur désagréable qu'ils confèrent à l'eau à partir de 250 mg/l surtout lorsqu'il s'agit de chlorure de sodium **(Rodier, 2005)**. Les résultats obtenus varient entre 158 mg /L et 458 mg/L. **(Figure18)**

Les résultats montrent que les taux de chlorures dans l'eau consommée dans la région d'étude sont conformes aux normes de notre pays qui fixe une concentration maximale admissible de 500 mg/l.

Tableau N° 19: résultat des mesures de chlorures

Statistique	Nb.	Minimum	Maximum	Médiane	Moyenne	Ecart-type (n)	Coefficient de variation
Cl ⁻ mg/l PARTIE AMONT	5,00	135,50	220,70	205,00	193,42	30,47	0,16
Cl ⁻ mg/l PARTIE AVAL	5,00	163,30	269,00	205,90	204,32	39,50	0,19
Cl ⁻ mg/l PARTIE CENTRALE	3,00	42,60	369,20	92,30	168,03	143,69	0,86
Cl ⁻ mg/l RIVE DROITE	3,00	120,70	203,00	142,00	155,23	34,88	0,22
Cl ⁻ mg/l RIVE GAUCHE	3,00	227,00	276,00	227,00	243,33	23,10	0,09

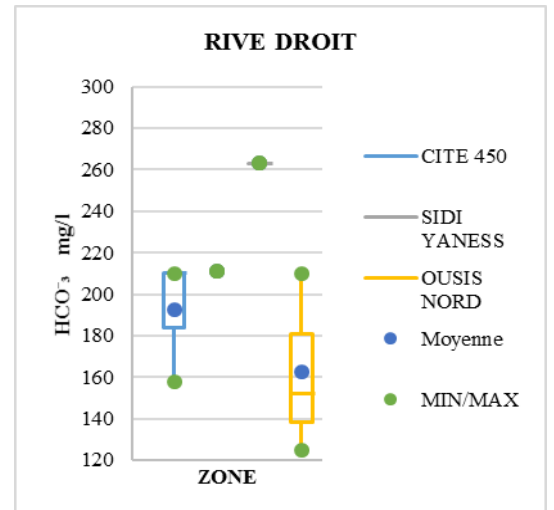
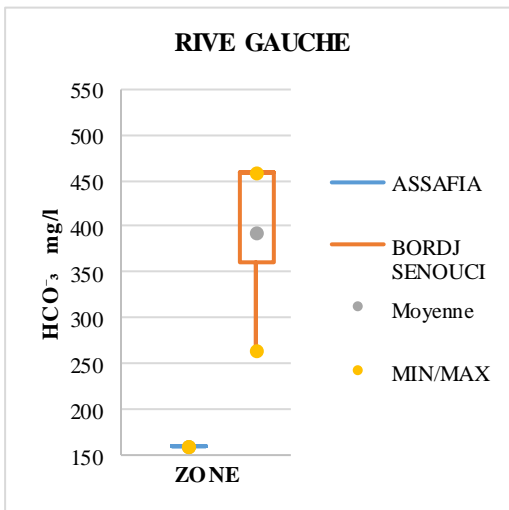
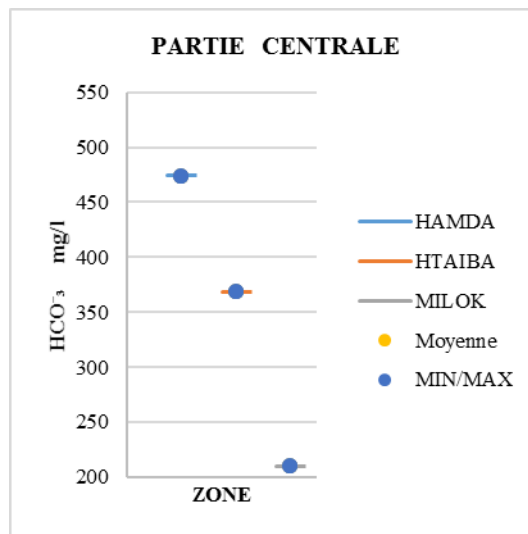
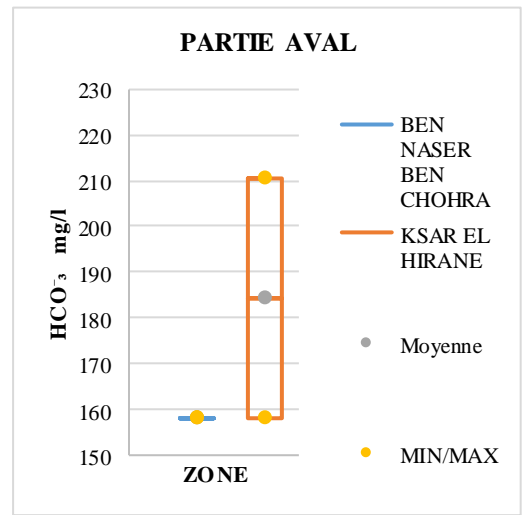
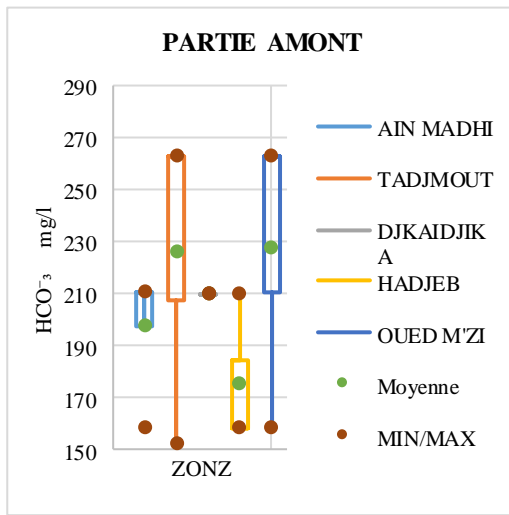


Figure17 : Les valeurs d'ions hydrogénocarbonate (HCO_3^- mg/l) des eaux potables au niveau de L'OEUD M'ZI

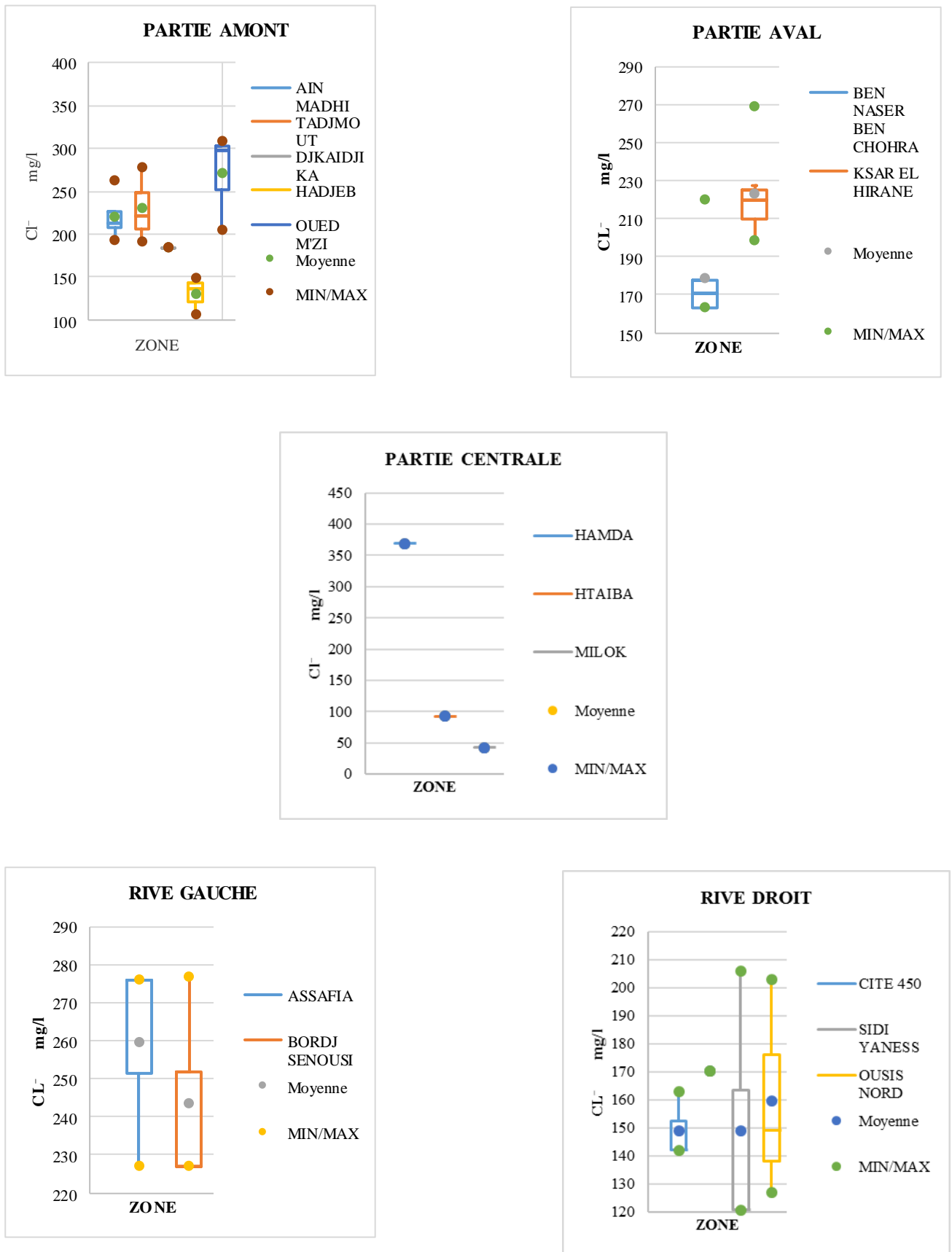


Figure18: les valeurs de chlore (CL⁻mg/l) des eaux potables au niveau de L' OEUD M' ZI

III- 1-8-Calcium

Le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables et sa teneur varie essentiellement suivant la nature des terrains traversés (terrain calcaire ou gypseux) (Rodier et al, 2009). L'eau potable de bonne qualité renferme de 100 à 140 mg/L de calcium (Rodier, 2005). 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 (Gaujour, 1985). Les teneurs en calcium dans les cinq zones étudiées varient entre 72.14 mg/l et 286 mg/l.

Tableau N° 20 : résultat des mesures de calcium

Statistique	Nb.	Minimum	Maximum	Médiane	Moyenne	Ecart-type (n)	Coefficient de variation
Ca ⁺ mg/l PARTIE AMONT	5,00	120,42	240,28	188,37	189,97	40,96	0,22
Ca ⁺ mg/l PARTIE AVAL	5,00	120,00	228,00	152,30	168,94	46,37	0,27
Ca ⁺ mg/l PARTIE CENTRALE	3,00	72,14	276,58	104,20	150,97	89,78	0,59
Ca ⁺ mg/l RIVE DROITE	3,00	156,00	212,00	176,00	181,33	23,17	0,13
Ca ⁺ mg/l RIVE GAUCHE	3,00	180,00	286,39	200,80	222,40	46,04	0,21

Dans les communes étudiées et comme il est indiqué sur la figure (Figure19), les résultats ne dépassent les normes algériennes.

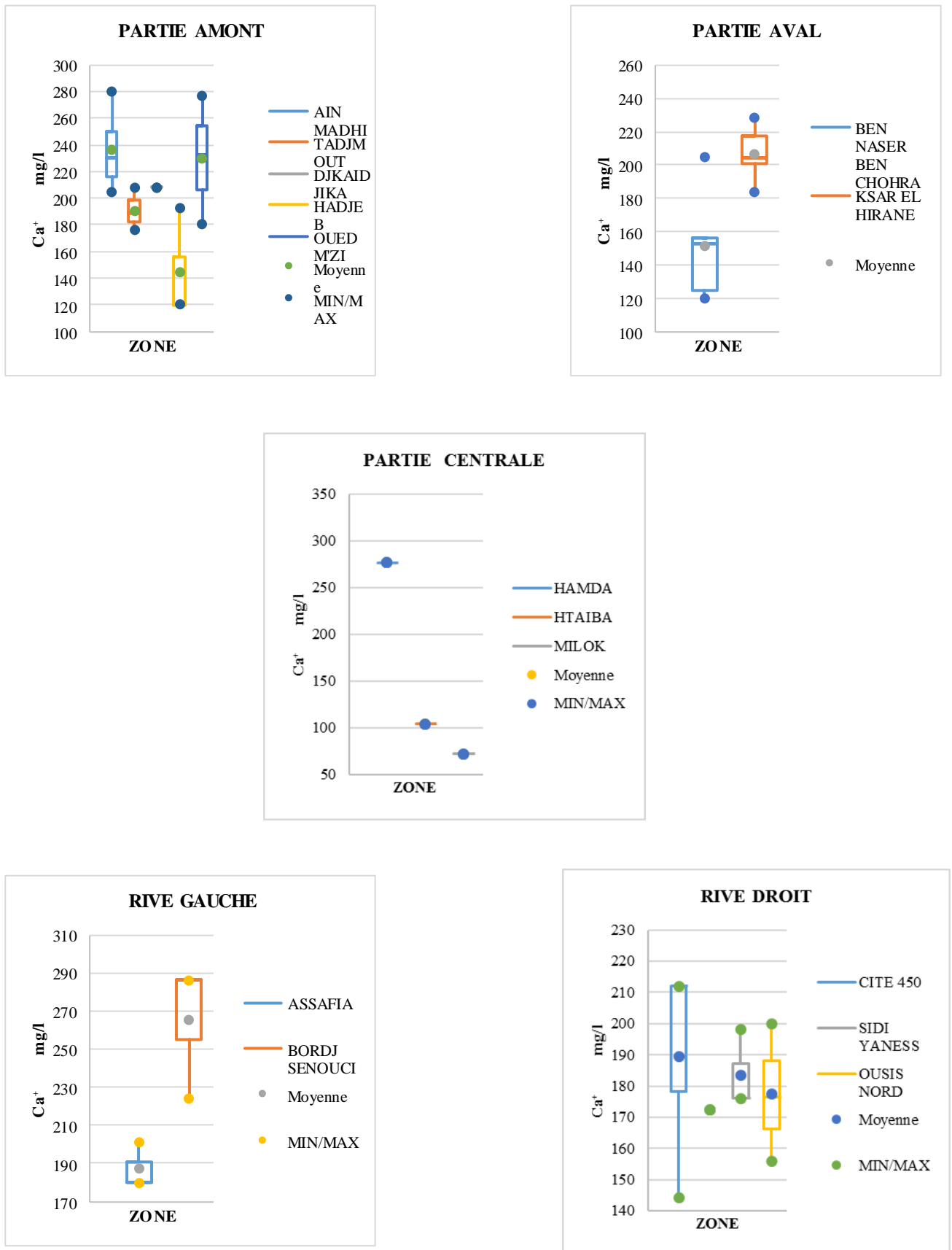


Figure19 : Les valeurs de ions calcium (Ca⁺mg/l) du eaux potable au niveaux de L'OEUD M'ZI.

III -1-9-Les Sulfates

Les Sulfates Dans les conditions naturelles, les sulfates, forme de soufre dissous la plus répondeur dans les eaux naturelles, ont essentiellement deux origines : géochimique et atmosphérique (**Deliste et Schmidt, 1977**). La limite supérieure admise dans l'eau potable est de 400 mg/l.

Dans les communes étudiées et comme il est indiqué sur la figure (**Figure 20**) Les résultats montrent que les valeurs de sulfates présents dans l'eau de La région d'étude restent inférieures à la concentration maximale décrétée par les normes Algériennes 400 mg/l.

Tableau N° 21: résultat des mesures de sulfate

Statistique	Nb.	Minimum	Maximum	Médiane	Moyenne	Ecart-type (n)	Coefficient de variation
SO ₄ ⁻ mg/l PARTIE AMONT	5,00	267,37	401,39	320,52	321,45	46,87	0,15
SO ₄ ⁻ mg/l PARTIE AVAL	5,00	206,00	231,00	223,00	220,00	8,29	0,04
SO ₄ ⁻ mg/l PARTIE CENTRALE	3,00	54,56	324,17	102,00	160,24	117,52	0,73
SO ₄ ⁻ mg/l RIVE DROITE	3,00	138,56	470,00	251,17	286,58	137,61	0,48
SO ₄ ⁻ mg/l RIVE GAUCHE	3,00	241,00	335,20	281,00	285,73	38,60	0,14

III-1 -10-Les Nitrates

L'activité humaine accélère le processus d'enrichissement en cet élément sur les sols subissant l'érosion, ce qui provoque l'infiltration des eaux usées, par les rejets des industries minérales et d'engrais azoté (**Bremond et Vuichard, 1973**), dans les communes étudiées et comme il est indiqué sur le tableau (**Tableau22**).

Les valeurs varient entre 1.98 mg/l et 40.90 mg/l. Les valeurs de nitrate dans l'eau souterraine du La région d'étude n'ont pas dépassé les normes algériennes (50 mg/l). (**Figure 21**)

Tableau N° 22 : résultat des mesures de nitrate

Statistique	Nb.	Minimum	Maximum	Médiane	Moyenne	Ecart-type (n)	Coefficient de variation
NO ₃ ⁻ mg/l PARTIE AMONT	5,00	1,98	40,90	13,80	18,68	15,58	0,83
NO ₃ ⁻ mg/l PARTIE AVAL	5,00	5,89	26,00	19,20	19,02	7,36	0,39
NO ₃ ⁻ mg/l PARTIE CENTRALE	3,00	2,35	12,80	5,55	6,90	4,37	0,63
NO ₃ ⁻ mg/l RIVE DROITE	3,00	8,82	11,90	9,50	10,07	1,32	0,13
NO ₃ ⁻ mg/l RIVE GAUCHE	3,00	6,07	23,50	15,30	14,96	7,12	0,48

III -1-11-Le Nitrite

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

Dans les communes étudiées et comme il est indiqué sur la figure (**Figure22**) les résultats montrent qu'il n'y aucun signe de présence de nitrite dans les eaux souterraine du La région d'étude. Donc elles sont dans les normes algériennes qui indiquent une valeur maximale de 0.1 mg/l.

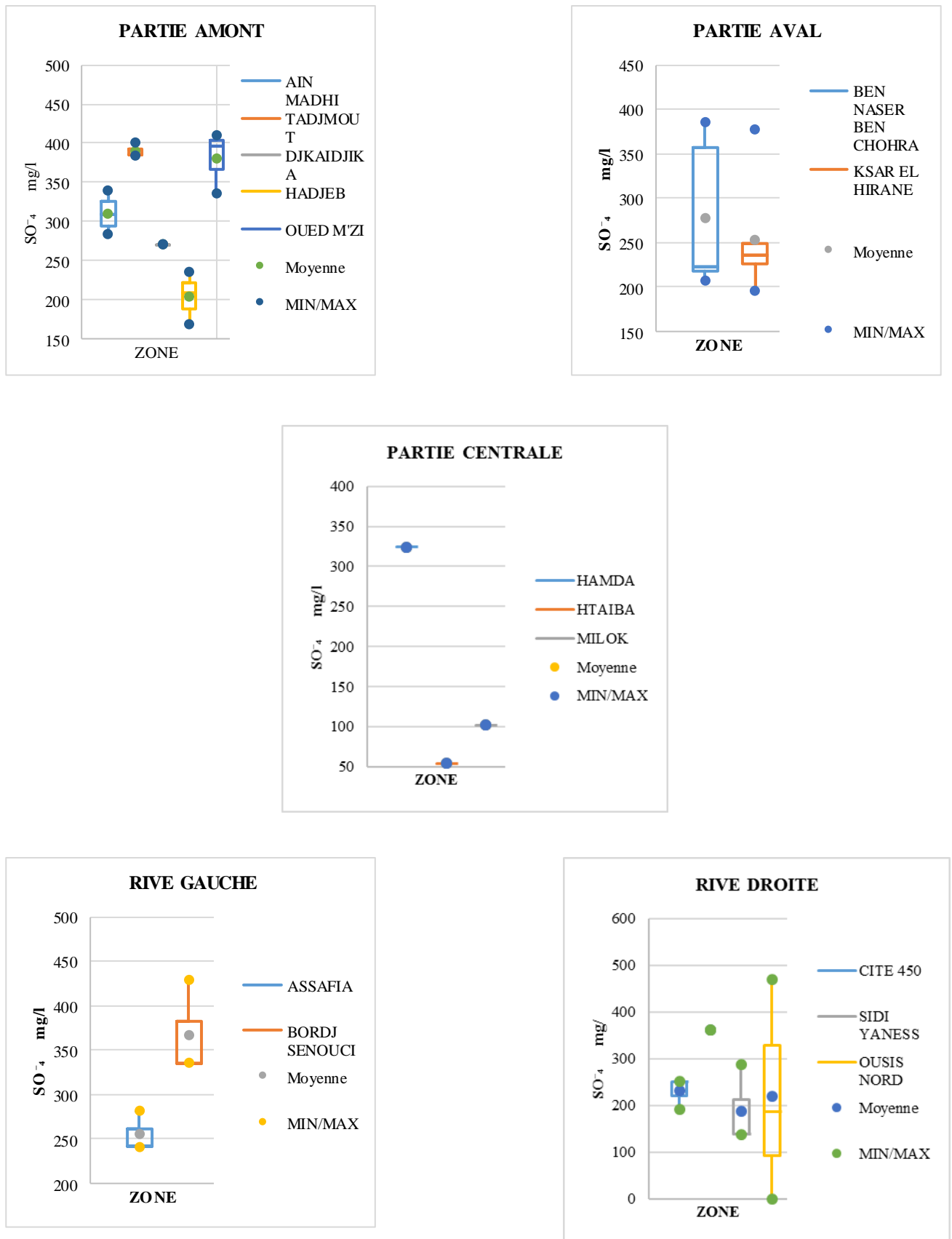


Figure20 : Les valeurs de sulfate (SO₄⁻ mg/l) des eaux potables au niveau de L' OEUD.

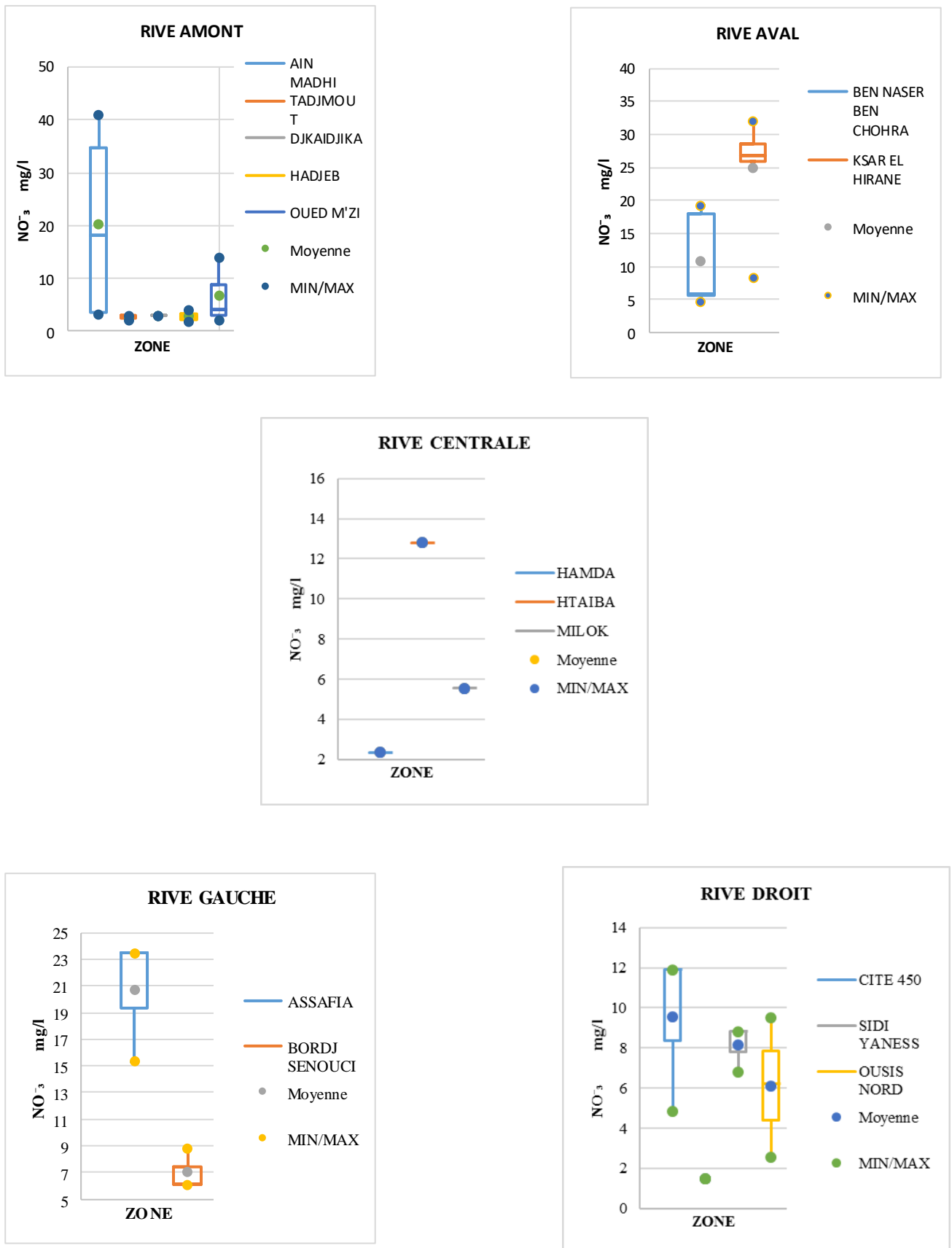
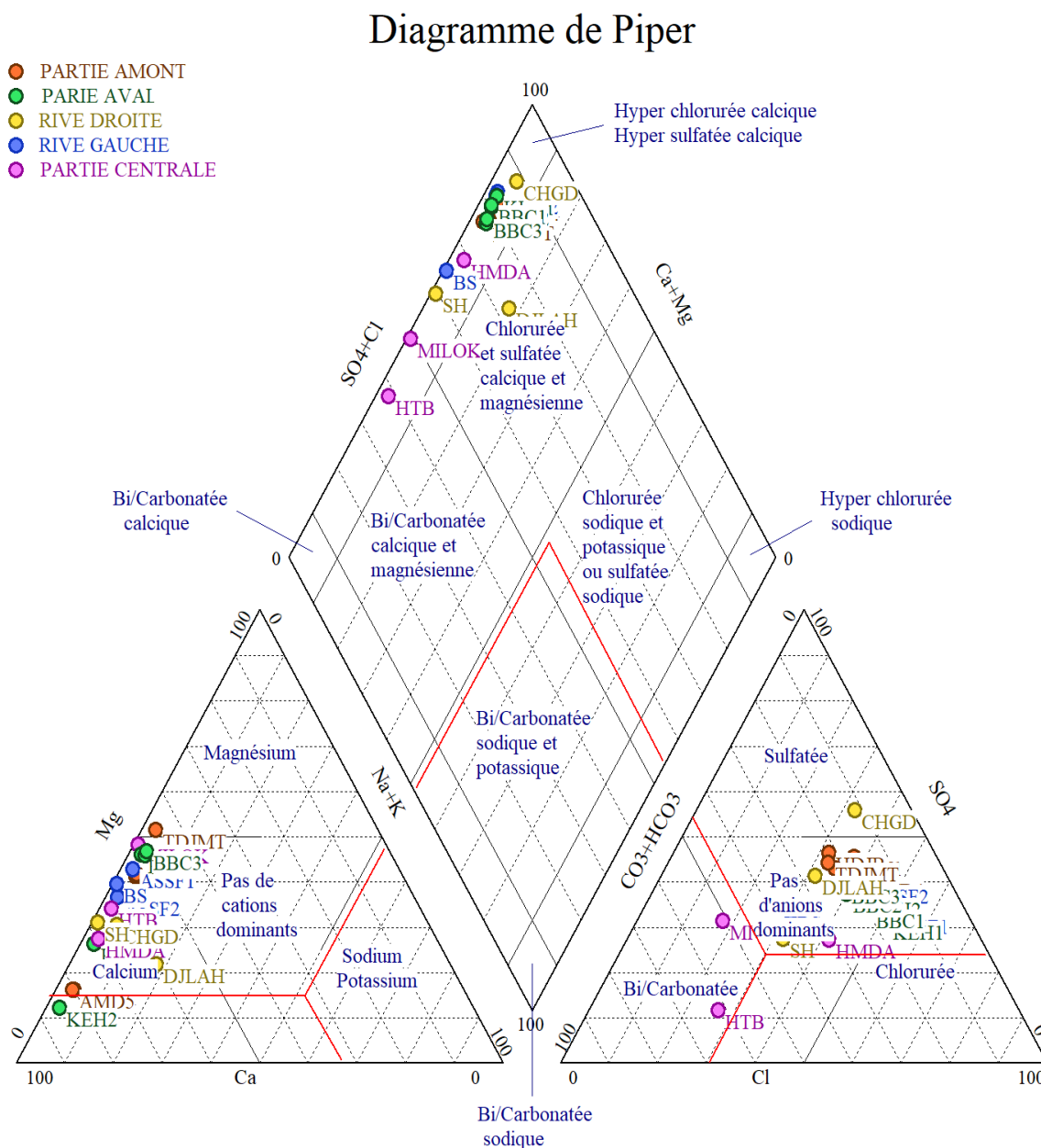


Figure21 : Les valeurs de ion nitrates (NO₃mg/l) du eaux potable au niveaux de L'OEUD M'ZI

III -2-Classification des eaux

III-2-1 Classification des eaux d'après Piper

Le diagramme de Piper nous permet de représenter plusieurs échantillons d'eau simultanément, il est formé d'un 1^{er} triangle pour les cations d'un 2^{ème} triangle pour les anions et d'un losange découpé en familles d'eau. Les éléments considérés sont (Ca²⁺, Mag²⁺, Na⁺, Ka⁺) pour les cations et (HCO³⁻ Cl⁻ NO³⁻ + SO⁴ 2-) pour les anions permettant de représenter le faciès cationique et le faciès anionique.



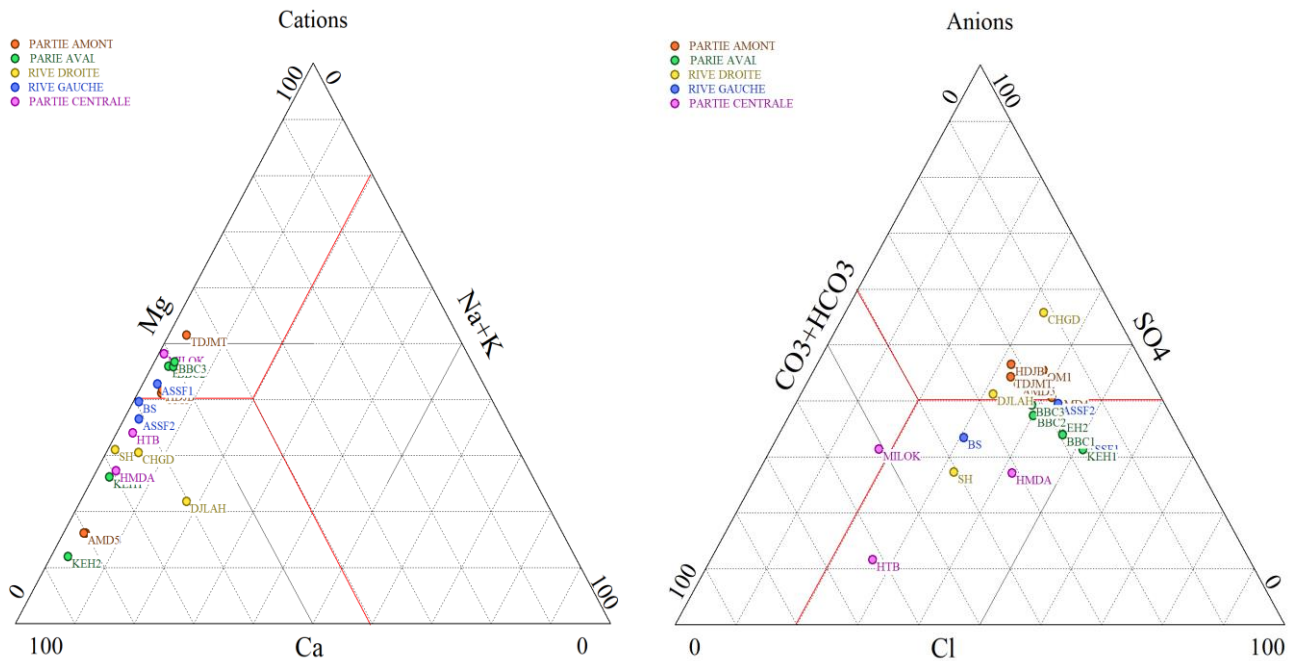


Figure 22: Représentation graphique des échantillons d'eau analysés sur le diagramme de PIPER

D'après le diagramme de Piper le Faciès chimique le plus fréquent (89.47 % des échantillons) c'est le faciès chimique Chloruré et sulfaté calcique magnésien, le reste est représenté par le faciès chimique bicarbonaté calcique magnésien de 10,53%. D'après le DIAGRAMME DE PIPER, on remarque que les faciès chimiques prédominants sont le chloruré et sulfaté calcique magnésien, qui implique que les points d'eau existants au voisinage de Oued M'zi a une tendance très marquée par la dissolution du calcaire. Les cations magnésium et calcium sont représentés dans la plupart des eaux de la région étudiées. Sur le triangle cationique, qui reflète cette observation. La principale cause de calcaire qui est très élevée dans les eaux dans les puits près de Oued M'zi c'est la dissolution des terrains carbonatés au cours de l'écoulement de l'eau d'oued dans ce cas le sel de calcaire présents dans les couches du sol va être soluble ce qui entraîne une augmentation de la proportion de ces deux dernières.

En somme, nous remarquons que a partir des résultats de diagramme de Piper et les triangles cation-anion il y a 5 faciès dans l'eau étudiée :

Tableau N° 23. Faciès chimiques des eaux potables selon PIPER.

Faciès	Nombre	Localisation
Sulfatée calcique	3	AMD5/ CHGD/ DJLH
Sulfatée magnésienne	6	TDJM/AMD4/OMZ/HDJB/ BBC2/BBC3
Chlorurée calcique	6	HMDA/ SH/ ASS2/BS/ HEH1/KEH2
Chlorurée magnésienne	2	ASS1/BBC1
Bi/carbonatée magnésienne	2	Milok /HTB

- Sulfatée calcique et magnésienne représentée 47.37% des échantillons ;
- chlorurée calcique et magnésienne 42.11% des échantillons ;
- bi/carbonatée magnésienne 10.53% des échantillons.

Nous en concluons que la plupart des eaux étudiées ont un faciès Chlorurée calcique (au niveau de la partie centrale, la rive droite et la rive gauche d'oued m'zi et sa partie aval) et Sulfatée magnésienne au niveau de la partie amont. Ces présentes faciès reflètent l'influence de la nature géologique des terrains aquifères existants au niveau de la région.

III -2-2- Classification des eaux d'après STABLER

Le diagramme de STABLER , basé sur les quantités de réactifs, est la méthode la plus utilisée Pour caractériser les caractéristiques chimiques et confirmer les mêmes résultats obtenus par Bieber Les résultats de diagrammes de stabler représentée en tableau (Tableau24)

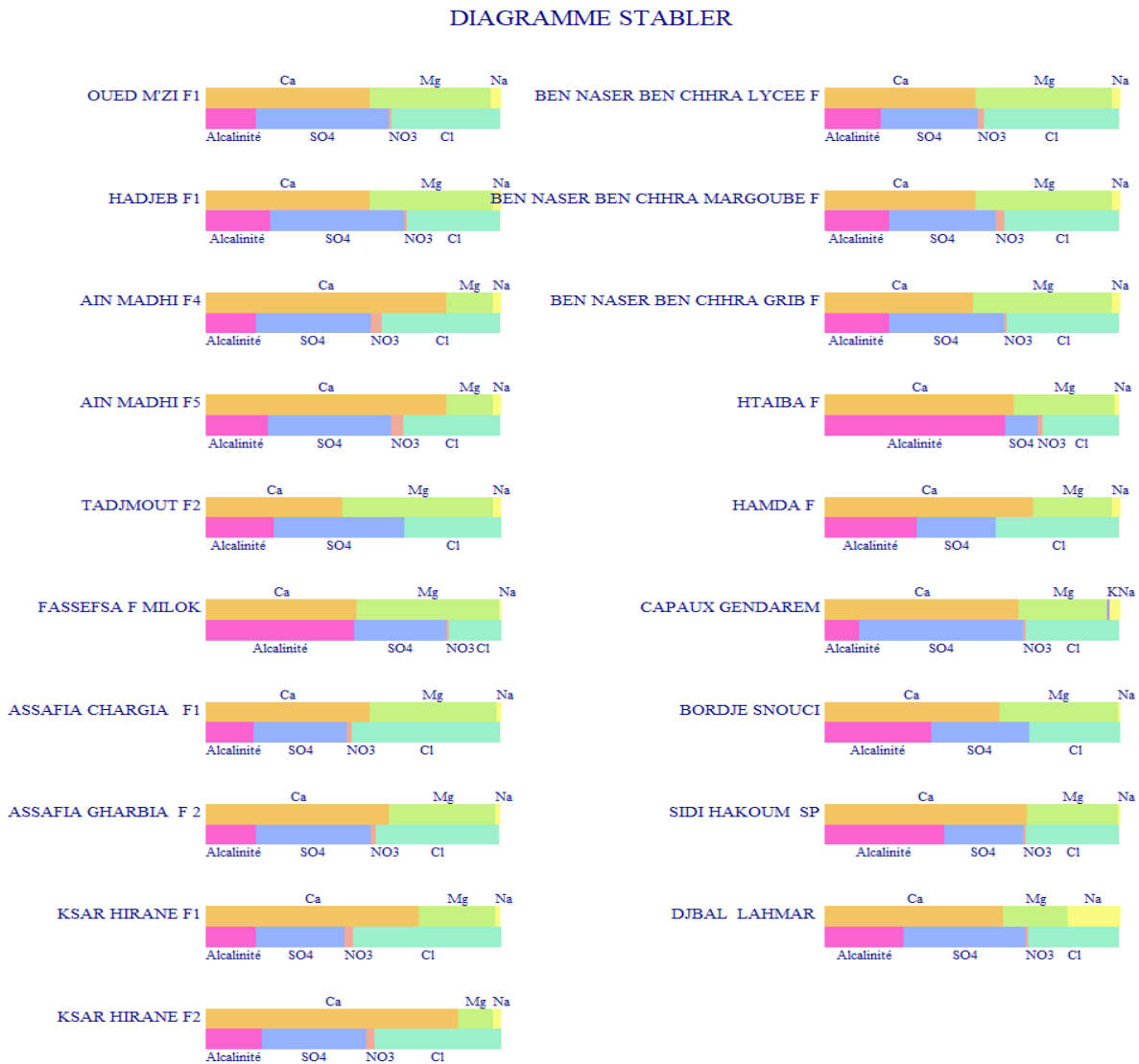


Figure23: Classification des eaux potable à partir du diagramme de STABLER.

Tableau N° 24. Faciès chimiques des eaux potable selon STABLER.

Faciès	Nombre	Localisation
Sulfatee calcique	5	OMZ / HDJB/AMD5/ CHGD/ DJLH
Sulfatée magnésienne calcique	1	TDJM
Sulfatee calcique et magnésienne	1	BBCG
Chloruree calcique	6	AMD4/ KEH1/KEH2/ HMDA/ ASS1/ASS2
Chloruree calcique et magnésienne	2	BBCL/BBCM
Bi/carbonatee calcique	3	HTB /BS/ SH
Bi/carbonatee calcique et magnésienne	1	MILOK

D'après le diagramme de stabler on note que les faciès chimiques prédominants sont :

- Chloruree calcique 31.58 % : au niveau de AMD4, KEH1, KEH2, HMD, ASS1, ASS2 ;
- Sulfaté calcique 26.31% : au niveau de OMZ, HDJB, AMD 5, CHGD, DJLH.

III-2-3-Classification des eaux d’prés Wilcox

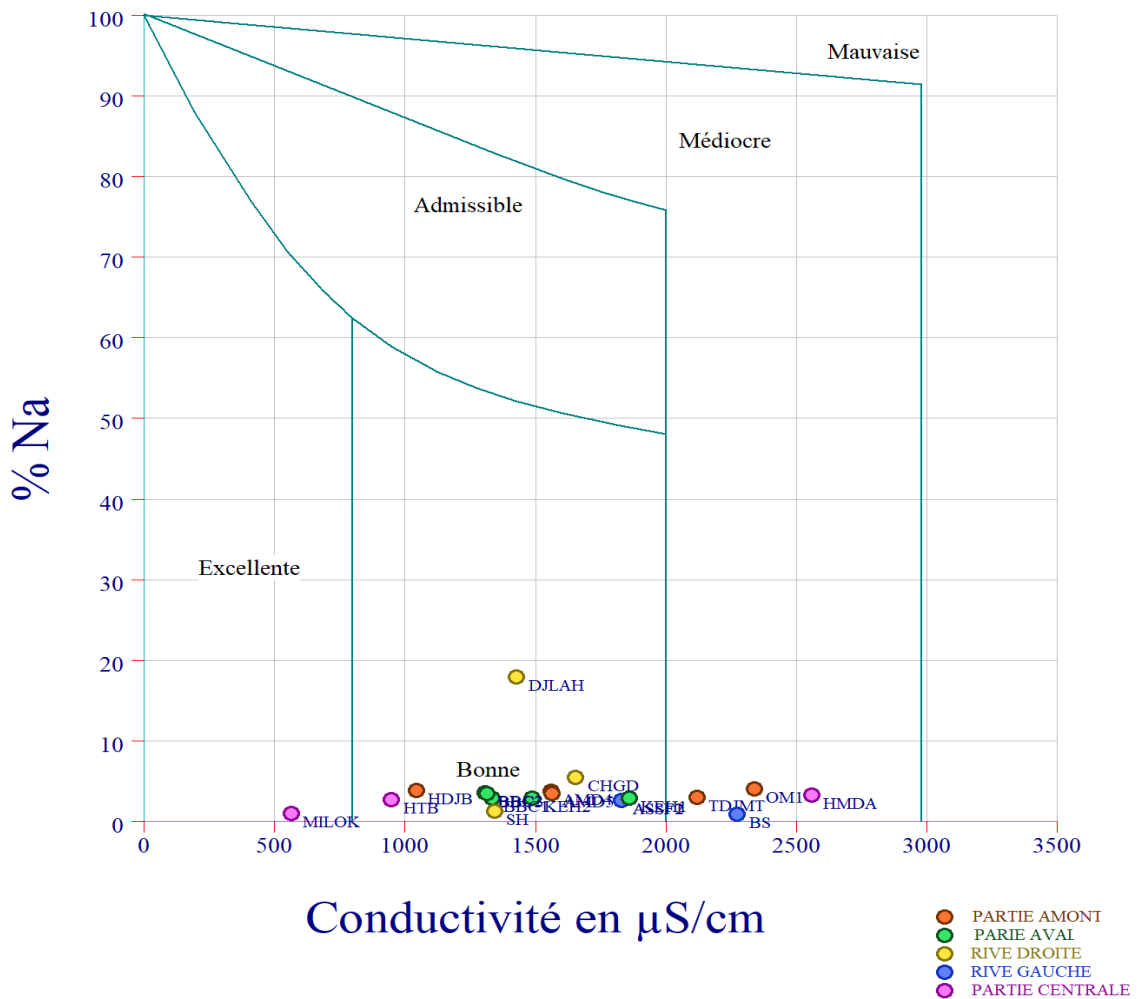


Figure24: Classification des eaux potable à partir du diagramme de WILCOX.

Les 19 échantillons représentés sur le diagramme de Wilcox se répartissent en trois classes :

- Eau de qualité excellente à boone au niveau de la partie centrale (Milok, HTB) ;
- Eau de bonne qualité a médiocre au niveau de AMD4, AMD5, HDJB, HTB, CHGD, ASS1, ASS2 ,DJLH, SH, BBC1, BBC2, BBC3, KEH1, KEH2;
- Eau de qualité médiocre a mauvaise au niveau de TDJM, OMZ, BS, HMDA.

D’après le diagramme de WILCOX les eaux de meilleure qualité se localisent dans la partie centrale (Milok) par contre les eaux de qualité médiocre à mauvaise se trouvent dans la partie amont.

III-3-1-Résultats d'analyses bactériologiques

Les analyses bactériologiques de l'eau sont essentiellement des analyses d'indicateurs : indicateurs de pollution dans une eau naturelle, indicateurs d'efficacité de traitement dans une eau traitée (Rodier et al., 2009).

Les résultats de la recherche et le dénombrement des différentes bactéries, dans l'eau analysée sont représenté dans la figure suivant :

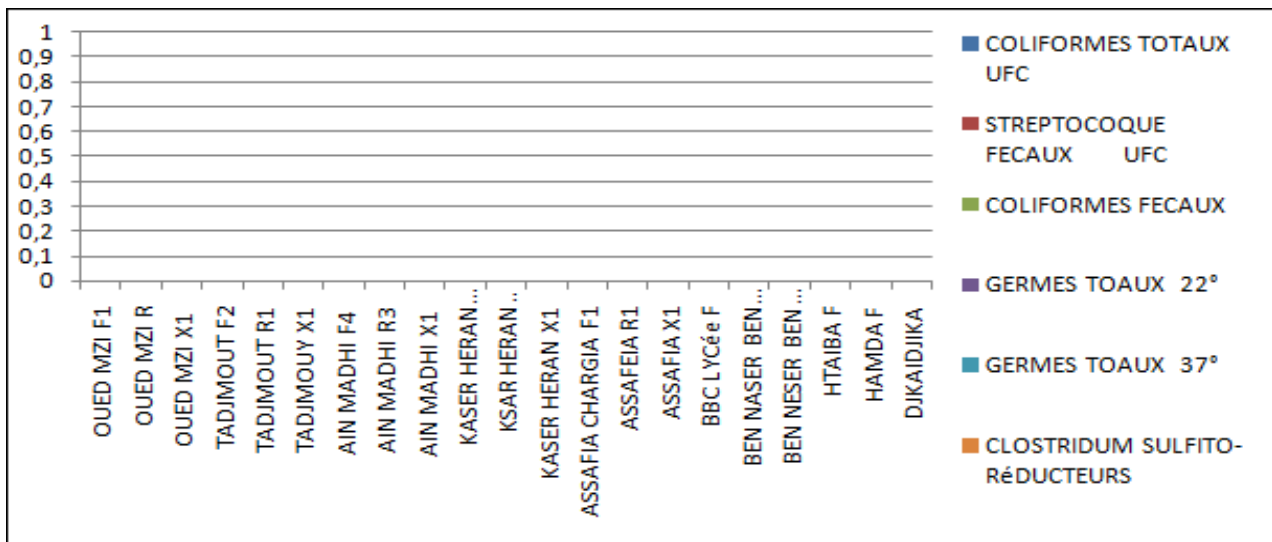


Figure25 : Les résultats des analyses bactériologiques des échantillons d'eau à analyser pour les forages, réservoirs et eau de robinet.

a- Germe totaux

Les réglementations algériennes précisent que pour les eaux destinées à la consommation humaine, la norme guide est inférieure ou égale à 10 UFC/ml à 37°C et 100 UFC/ml à 22°C (Desjardin R. 1990). Les microorganismes qui se développent à 20°C, sont des saprophytes présents naturellement dans l'eau. Celles qui se développent à 37°C, température du corps humain, proviennent de l'homme ou d'animaux à sang chaud (Figarella J et al., 2007). Le dénombrement montre que l'eau de robinet est de bonne qualité ce qui traduit par l'efficacité du traitement.

D'une manière générale, la présence de germes totaux en quantité anormalement élevée, semble être indicatrice de difficultés de traitement ou d'un entretien inadéquat du réseau (Chevalier P. 2003).

Dans les milieux naturels, essentiellement les eaux souterraines, des nappes profondes ou alluviales, qui sont soumise à cet examen présentent une bonne qualité microbiologique (Robert H. 1999).

N'observe aucuns germes totaux dans toutes les zones étudiées à la température d'incubation 22t C° et 37C°. Les normes algériennes ont été respectées dans cette analyse.

b-Coliforme 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.

La probabilité d'une contamination fécale dans la source d'alimentation et dans le réservoir pendant le transport jusqu'au consommateur, est à écarter. Les normes algériennes exigent l'absence de coliformes totaux sauf dans des cas exceptionnels, mais jamais dans des prélèvements consécutifs, peut être toléré un nombre inférieur à 10 UFC/100 dans les eaux non traitées à l'entrée du réseau ou bien prélevée dans le réseau de distribution (Jora, 2000).

On remarque absence totale des coliformes totaux dans tous les échantillons.

c-Coliforme fécaux

Pour les résultats de coliforme aucun germe indicateur de contamination fécale n'a été enregistré en eau traitée et non traitée de forage. Les coliformes fécaux doivent être absents dans les eaux transportées sous canalisation (JORA, 2000). Ils se rencontrent dans les matières fécales humaines ou animales, les eaux usées, les eaux de surface polluées (Figarella J et Leyral G. 2002). La présence de coliformes thermotolérants, signe l'existence quasi certaine de la contamination fécale d'eau par E. coli l'espèce la plus présente dans la flore intestinale de l'homme et des animaux (Rodier J et al., 2005) Pour CHEVALIER, (Chevalier P. 2003) la présence de coliformes fécaux peut être une indication de la présence des micro-organismes entéropathogènes, comme les salmonelles. Selon les résultats obtenus, l'eau de robinet et l'eau de réservoir est de bonne qualité.

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 15/15 des nos sources analysées sont conformes aux normes (OMS).

d-Streptocoques fécaux

La recherche et dénombrement des streptocoques fécaux pour les échantillons d'eau à analysées, ceci montré que l'eau de toutes les échantillons est conforme aux normes algériennes qui exigent l'absence totale de cette flore dans les eaux destinées à la consommation (0UFC/100ml) (JORA., 2011).

Les résultats montrent l'absence des streptocoques dans nos échantillons du fait de la température basse malgré le pH est favorable (légèrement alcalin). La réglementation algérienne impose l'absence de Streptocoques fécaux dans 100 ml d'eau prélevée (Juery C. 2004). Selon, RODIER et al (Rodier J et al., 2005) la présence de Streptocoques fécaux doit s'accompagner de la présence de coliformes fécaux pour être certain d'une contamination fécale d'une eau d'alimentation.

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 que nous avons analysée.

e-Clostridium sulfito-réducteurs

Les spores de micro-organismes anaérobies sulfito-réducteurs (Clostridia) sont présentes dans les matières fécales humaines et animales, ainsi que dans les eaux usées et les sols. Comme les coliformes et les *Escherichia coli*, ils servent d'indice de contamination fécale ; mais aussi d'indicateurs d'efficacité de traitement de par leur résistance plus élevée dans l'eau. En effet, elles sont résistantes à la chloration dans les proportions habituellement utilisées pour le traitement des eaux (Asya, H., et Sarra, A. 2016).

Aucune spore n'a été enregistrée dans les échantillons de l'eau potable (eau de robinet), m'ême pour les échantillons de forage on a enregistré pas l'apparition de spores après incubation pendant 24h.

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 le selles de l'homme et de divers animaux.



Conclusion

Conclusion :

Notre étude à pour but de caractériser les eaux potables distribuées au niveau les communes proches d'oued m'zi qui sont destinées pour la consommation humaine, afin d'évaluer leur qualité physico -chimique et bactériologique.

D'après les résultats des analyses obtenus on constate sur le plan physique que :

- Le PH de l'eau varie entre 6,35 et 8,16 conforme aux valeurs « guide » ;
- Les valeurs de la conductivité électrique des eaux varient entre 567 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 2540 $\mu\text{S}/\text{cm}$ sont conformés aux normes et inférieurs à la valeur limite fixée par la norme Algérienne (moins de 2800 $\mu\text{S}/\text{cm}$) ;
- La turbidité des eaux varie entre 0,08 NTU et 1,23 NTU, est inférieure aux normes dans tous les points de prélèvement ;
- Pour le TDS et le goût on remarque un goût passable à faible, sauf les eaux de Milok ont un bon goût.

Sur le plan chimique on observe que :

- Les valeurs de TH sont très élevées par rapport aux norme algérienne. Elles varient entre 350 mg/l et 1190 mg/l, nous concluons que l'eau de consommation dans cette région est très dure ;
- Pour le calcium dans la plupart des échantillons analysés, les teneurs en Ca^{2+} dépassant la norme algérienne (200mg/l) sauf quelques points, il y a des changements dans les ratios obtenus soit au niveau des puits, des réservoirs et chez les consommateurs telle que : Ain Madhi ; Tadjemout ; Djebel Lahmar ; Kaser El_Hirane et Hamda . La raison due aux canalisations d'eau entre les dépôts ; ou la décomposition du calcium ;
- Les teneurs en chlorure sont conformes à la norme algérienne (500mg/l) ;
- Les teneurs en sulfates dans la majorité des échantillons restant dans la norme (400mg/l) sauf les forages de Tadjemout ; Chapeau Gendarme. L'excès en sulfate peut être due à l'activité industriel ou les traitements agricole ;
- La teneur en nitrates et le nitrite restent dans la norme ;
- Le faciès le plus dominant dans la région d'étude c'est le faciès sulfaté calcique et magnésiens.
- Les eaux de région centrale présentent les eaux d'excellente qualité.

Sur le plan bactériologique on observe que :

Les résultats obtenus montrent que l'absence de tous germes d'indicateurs de pollution telle que les coliformes totaux et fécaux, les streptocoques fécaux, les clostridium sulfito-réducteurs et les germes totaux Conforme aux normes algériennes.

Donc nous concluons que les eaux étudiées ont une bonne qualité bactériologique qui ne présentent aucun risque sur la santé des consommateurs. Sauf les eaux non contrôlées de la région de Hamda.

Recommandations et perspectives

- Procéder à la déminéralisation des eaux de la partie amont de région d'étude ;
- Renouveler les canalisations des réseaux des distributions parce que ces éléments minéraux sont précipités à long terme ;
- L'amélioration de l'assainissement et des conditions d'hygiène ;
- Traitement et contrôle permanent des eaux destinées à la consommation de la source au consommateur.

Chapitre IV
Références
bibliographiques

Références bibliographiques

- Abberton, C. L., Bereschenko, L., Van Der Wielen, P. W. J. J et Smith, C. J. (2016).** Survival, biofilm formation, and growth potential of environmental and enteric *Escherichia coli* strains in drinking water microcosms. *Appl Environ Microbiol* 82:5320–5331. Doi: 10.1128/AEM.01569-16.
- AFNOR., (1997).** Qualité de l'eau : Analyse biochimique et biologique, analyse microbiologique, textes réglementaires, Paris.
- 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 3^{ème}. Edition Masson.
- Bachari Houma, F. (2009).** *Modélisation et cartographie de la pollution marine et de la bathymétrie à partir de l'imagerie satellitaire* (Doctoral dissertation, Paris Est).
- Bain, R., Cronk, R., Wright, J., Yang, H., Slaymaker, T et Bartram, J. (2014).** Fecal Contamination of Drinking Water in Low- and Middle-Income Countries: A Systematic Review and Meta-Analysis. *PLoS Med.*11(5): e1001644. Published online. Doi: 10.1371/journal.pmed.1001644.
- Baziz N. (2008).** Etude sur la qualité de l'eau potable et risques potentiels sur la santé: cas de la ville de Batna. Thèse de doctorat, Université El Hadj Lakhdar, Batna, 128p.
- Bechbeche R. (2021).** Évaluation de la qualité physicochimique des eaux utilisées en industries agro-alimentaire dans la commune de Laghouat. Mémoire Master en Agronomie. Université Amar Thelidji. Laghouat. Pp6.
- Belhadj, M. Z. (2017).** Qualité des eaux de surface et leur impact sur l'environnement dans la Wilaya de Skikda. Thèse de doctorat en Sciences. Université Mohamed Khider. Biskra. Pp 07.
- Ben Abdallah S., Bourane A., (2013).** Analyses physico-chimique des l'eau de Générale Emballage en vue de son utilisation pour l'élaboration d'une colle. Mémoire de Master, Université A. MIRA – Bejaia faculté de Science Exactes Département de chimie.
- Benkhettal. M, Cherfi .A, (2017) :** Contribution à l'étude des paramètres physicochimique et bactériologique des eaux des 04 sources karstiques de la région Nord-est de Bejaia-Algérie, mémoire de master, Université A. MIRA, Bejaia, Algérie. B
- Bensouilah, S. (1995).** Contribution à l'étude hydrogéologique des Hautes Plaines sétifiennes dans le cadre de la haute vallée de l'Oued Athamania, Mémoire de Magistère, Université mentouri de Constantine, faculté du science de la terre, de la géographie et de l'aménagement du territoire, Département de géologie, 247p.

Références bibliographiques

- BERNE F. et CORDONNIER J., (1991).** Traitement des eaux. Edition : Tec. P : 6-14.
- Bliefert et al, (2001).** Chimie de l'environnement air, eau, sole, déchets. Edition de Boeck.
- Bliefert et Perraud (2001).** Chimie de l'environnement air, eau, sols, déchets. Edition de Boeck.
- Boeglin. J .C. (1999).** Propriétés des eaux naturelles. Technique de l'ingénieur, traité.
- Boni, M., Demoncheaux, J. P., Girardet, C et Bornert, G. (2008).** Maîtrise de la qualité des eaux destinées à la Consommation humaine en situation dégradée : Expérience du service de santé des armées français. Communication : Bull. Acad. Vét. France, Tome 162 - N°1. Disponible sur : Pp 16.
- Bouamar, M., et Ladjal, M. (2007, March).** Système multicapteur utilisant les réseaux de neurones artificiels pour la surveillance des eaux potables. In *4th International Conference: Sciences of Electronic, Technologies of Information and Telecommunications, LASS, Laboratoire d'Analyse des Signaux et Systèmes, Université de M'sila, Algérie* (pp. 25-29).
- Bouhaous M et Benghraz Z., (2012) :** Contamination des eaux souterraines par les nitrates : Analyses microbiologique, source de contamination et évaluation sanitaire. Edition universitaire Européennes (EUE). Saarbrücken, dentçhland. Allemagne.
- BOURGEOIS C.M., MESCLE J. F. et ZUCCA J., (1991).** Microbiologie alimentaire: aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments. Tome 1 .Edition: Lavoisier .Tec et Doc .P: 260- 261.
- Bremond. R et Vuichard. R, (1973) :** Paramètres de la qualité des eaux, Ministère de la Protection de la Nature et de l'Environnement, OSPEPE, Paris. France.
- Camille, D. E. L. A. R. R. A. S. (2014).** *Pratique en microbiologie de laboratoire? Recherche de bactéries et de levures-moisissures.* Lavoisier.
- CFPTEP, (2015),** Recommandation pour la qualité de l'eau potable au Canada:
- Chaden, M. H. (2014).** Evaluation de la qualité de l'eau du bassin supérieur de la rivière du Litani, Liban : approche hydrogéochimique. Thèse de doctorat en géosciences. Université de Lorraine. Pp99.
- Chelli M et Chetibi, N. E. H. (2018).** Etude physico-chimique et bactériologique de l'eau potable de la ville de Jijel alimentée par la station kissir. Mémoire Master en biologie. Université Med .Seddik Benyahia .Jijel.Pp9 -11.
- Claude.C. (1999) :** Les traitements de l'eau. Procédés physicochimique et biologique. Edition Ellipses.
- COULAIS J .M., (2002).** Qualité des eaux et normes de potabilité en deux serves. Édition. Des ateliers.
- Cresson. E. (1999).** Le journal de l'eau de l'environnement.

Références bibliographiques

Defrance Schk, .M. (1996). L'eau dans tous ses états. 2^edition Ellipses. Paris. 632p.

Degbey, C., Makoutode, M., Ouendo, E. M et De Brouwer, C. (2010). Pollution physicochimique et microbiologique de l'eau des puits dans la Commune d'Abomey-Calavi au Bénin en 2009. Original Paper. Int. J. Biol. Chem. Sci. 4(6): 2257-2271. Available online at <http://ajol.info/index.php/ijbcs.ISSN1991-8631>.

DEGREMONT G., (1990). Mémento technique de l'eau. Tome 1, 2^eme édition: Copyright dégrement. P: 129.

Delarras, C. (2014). Pratique en microbiologie de laboratoire. 1^{er} Ed Lavoisier. Paris. ISBN : 978- 2-7430-1565-7. Pp234-652.

Deliste C.E ET Schmidt J.W, (1977): The effects of sulphur on water and aquatic life in Canada, Conseil Nationalde Recherches, Ottawa. Canada.

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

Desjardins, R. (1990). Le traitement des eaux. 2^eme Ed revue et enrichie. Canada. ISBN : 978-2- 553-00643-2. Pp 08-47-71-111.

DGS. (2005).La qualité de l'eau potable en France : Aspects sanitaires et réglementaires.

Feachem, R. G., Bradley, D. J et Garelick, H. M. D. D. (1983).Sanitation and disease health aspects of excreta and wastewater management. The World Bank. 1^{ère} Ed U.S.A, pp 6-12.

GAUJOUR D., (1995). La pollution des milieux aquatiques : Aide mémoire. 2^eme édition : Lavoisier. P : 49.

Gaujour. D, (1985) : La pollution des milieux aquatiques : Aide-mémoire. 2^eme Edition : revue et augmenté.

Gérard, M. (2003). La qualité de l'eau et l'assainissement en France. Rapport de l'OPECST n° 215.fait au nom de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scient. Tech. Disponible au format Acrobat (893 Koctets).

Ghizellaoui. S,Labioud. K, (2011) : La mesure du pouvoir incrustant des eaux dures du Hamma et inhibition de l'entartrage par Na₂CO₃ et KH₂PO₄, J. Mat. Environ. Sci. 2(S1) : 477-484

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

Références bibliographiques

- Guermah, D., et Tadjadit, K. (2017).** *Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux brutes et traitées du barrage Taksebt (cas de la station monobloc)* (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).
- 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 pharmaceutique et substance naturelle, Université Djilali Bounaama khemis Miliana, Algérie.
- Hadj, C. (2020).** Etude comparative de la qualité physico-chimique et bactériologique entre eau de puits de Si Abdelghani (Tiaret) et Puits de Daïa (Ghardaïa) (Doctoral dissertation, جامعة غرداية).
- Hamid D et kallech M., (2020).** Qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de puits dans la région Ain Defla.
- Hamida, D. (2020).** Qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de puits dans la région Ain Defla.
- Hartemann, P. (2013).** « Eau de consommation, risque, santé ». Sciences Eaux & Territoires /1 (Numéro 10). Disponible sur : <https://doi.org/10.1080/16273902.2013.821111>. Pp 14-21.
- HCEFLCD, (2006) :** Etude sur la pisciculture au barrage Almassira ; CR Dar Chafaai ; Cercle d'El BRouge, Province de Settat, Maroc
- Hutter L.A. (1988).** Wasser und Wasseruntersuchung – Methodik, theorie und Praxis chemischer, chemisch-physikalischer und bakteriologischer Untersuchungsverfahren.3.Frankfurt und Arau.
- ISO 6461., (1986).** Qualité de l'eau, Recherche et dénombrement des spores de micro-organismes anaérobies sulfite-réducteurs (clostridia), Parti 2 : Méthode par filtration sur membrane. Première édition, page : 4.
- ISO 7899-2., (2000).** Qualité de l'eau, Recherche et dénombrement des entérocoques intestinaux, Parti 2 : Méthode par filtration sur membrane. Deuxième édition.
- ISO 9308-1., (2014).** Qualité de l'eau, Dénombrement des Escherichia coli et des bactéries coliformes, Partie 1 : Méthode par filtration sur membrane pour les eaux à faible teneur en bactéries. Edition 3, page : 10.
- KEMMER F., (1984).** Manuelle de l'eau .Edition : Lavoisier technique et documentation. P: 95- 96-112.
- Lalanne, F. (2012).** Etude de la qualité de l'eau le long de la chaîne d'approvisionnement au niveau des consommateurs dans 10 villages de la Province du Ganzourgou. (Région du Plateau Central, Burkina Faso). Pp 10.

Références bibliographiques

Larpent, J. P. (1997). Microbiologie alimentaire.

Lebleu N. (2007). Désinfection des eaux par procédés membranaires, étude des mécanismes de transfert des bactéries: génie des procédés et de l'environnement thèse de doctorat, Université de Toulouse, p.259

Lefèvre, D et Andréassian, V. (2016).L'eau en péril ? : Une ressource à préserver au quotidien. Académie de science. Quae. 1ère Ed .pp (83-84).

LEPELTIER S., (2005). Un bon état écologique des eaux.

Luc, J et Lagardette, M. (2009). Vademecum de l'eau. Copyright Edition Johanet. Paris. ISBN: 978-2-900086-82-7. Pp 66.

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

Makoutode, M., Assani, A. K., Ouendo, E. M, Aguehv, D et Diallo, P. (1999). Qualité et mode de gestion de l'eau de puits en milieu rural au Bénin : cas de la sous-préfecture de grand-popo. Pp 529.

Malloum, M. S. A., Theophile, M., Tidjani, A., Ndoumtamia, G et Bichara, L. (2015). Évaluation de la qualité physico-chimique des eaux d'adduction publique de la Société Tchadienne des Eaux à N'djamena au Tchad. Journal of Applied Biosciences 95 :8973 – 8980. ISSN 1997–5902. PP 8977.

Malteser International. (2014).Lignes directrices sur l'EHA pour les acteurs de terrain Manuel 1 : L'eau [en ligne]. Disponible sur : Pp34-68-79.

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

Mazzuoli, L. S. (2012). La gestion durable de l'eau Ressource. Qualité. Organisation. 2ème Ed. Pp 60, 61,70.

MENS et DEROUANE, (2000). État des nappes de l'eau souterraine de Wallonie.

MERCIER J., (2000). Le grand livre de l'eau. Edition: La reconnaissance du livre. Collecte art de vivre. P 91.

Odoulami, L. (2009). La problématique de l'eau potable et la santé humaine dans la ville de Cotonou (République du Bénin). Thèse de Doctorat Unique pour l'obtention du grade de Docteur ès Lettres de l'Université d'Abomey-Calavi. Pp33.

OMS (Organisation mondiale de santé), (1994). Protection et amélioration de la qualité de l'eau.2eme édition. Volume 1.Genève:18

Références bibliographiques

OMS, (2006). Les lignes directrices de l’OMS en ce qui concerne la qualité de l’eau potable, mises à jour en 2006 sont la référence en ce qui concerne la sécurité en matière d’eau potable.

OMS. (2017). Directives de qualité pour l’eau de boisson. 4ème Ed. Intégrant le premier additif. Genève. ISBN 978-92-4-254995-9. Pp 226-341.

OMS., (2003). Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality. Geneva. Switzerl and(Québec). Edition du système d’information mondiale pour le développement durable.

Ouahchia, C., Hamaidi-Chergui, F., Hamaidi, M. S., Saidi, F. (2015). Qualité bactériologique de l’eau potable des différents réservoirs et chez les consommateurs de la commune de Tipaza alimentes par la station de sidi Amar à partir de l’eau de surface du lac-barrage de boukourdane. Larhyss Journal. ISSN 1112-3680. n°23. Pp 139-154. ARMAND L., 1996. Mémento technique de l’eau. Edition : Tec et Doc. P : 37. B.

Partie bibliographie

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.

RIGUET, N. E.H. (2016). Etude de la qualité microbiologique de l’eau potable et l’eau des puits de la wilaya de Mostaganem. Mémoire Master en biologie. Université Abdelhamid Ibn Badis.Mostaganem. Pp8.

RODIER J., (1996). L’analyse de l’eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 6 eme édition: Dunod, Paris.

Rodier J., (2009). L’analyse de l’eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer.9eme édition : Dunod, Paris. Energies Renouvelables, Chemss, p 91-97.

Rodier J., Bazin C., Broutin J P., Chambon P., Champasur H., Rodi L., (2005).L’analyse de l’eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, chimie, physico-chimie, biologie, interprétation des résultats. Edition : Dunod, Paris.

Rodier. J, (2005) : L’analyse de l’eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 8eme édition: Dunod, Paris, France.

Rodier. J, Legube. B, Merlet. N, Brunet. R, Mialocq. J.C, Leroy. P, Houssin. M, Lavison. G, Bechemin. C, Vincent. M, Rebouillon. P, Moulin.L, Chomodé. P,Dujardin. P,Gosselin. S, Seux. R., Almardini F, (2009) : L’analyse de l’eau, 9ème Ed. Dunod., Paris, France

Références bibliographiques

Rugraff, Y. (1992). Recherche et dénombrement des anaérobies sulfito-réducteurs (ASR) dans les denrées alimentaires par impédancemétrie (Doctoral dissertation).

Sainou, J. E., Behanzin, P., Mariano, S., & Johnson, F. I. (2019). Study of the physico-chemical and bacteriological quality of drinking water in the municipality of Toffo in Benin: Case of Sèhouè. *Journal of Applied Science and Environmental Studies*, 2(3), 2-3.

SDWF (2022) .<https://www.safewater.org>

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.

TOUAHRI, S., & LAMMARI, I. (2015). *Les matériaux* (Doctoral dissertation, Faculté des Sciences et Technologies).

Tourab H. (2010). Contribution à l'étude de la qualité physicochimique et bactériologique des eaux souterraines dans la plaine du Haouz, Université des Sciences et Techniques Cadi Ayyad. Thèse de doctorat, Maroc, 82p.

WHO (World Health Organization), (1994). Directive de qualité de l'eau de boisson. Critères d'hygiène. 2eme édition. Vol 2.Genève.

Web graphie :

GRHMSM,(2011):https://www.gov.mb.ca/waterstewardship/odw/public1info/fact_sheets/pdf/fr/factsheet_drinking_water_program_fr.pdf

<https://www.canada.ca/content/dam/hc1sc/documents/services/publications/healthy-living/guidelines-canadian1drinking-water-quality-guideline-technical-document-ph-fra.pdf>.

<https://images.lpcdn.ca/924x615/201312/17/786793-chercheurs-essaient-utiliser-energie-solaire.jpg>

https://static1.assistancescolaire.com/3/images/3_pc_01i01z.jpg



Annexe

Tableau N°5 Normes des paramètres organoleptiques d'une eau potable (OMS, 2006) (Annexe 1).

<i>Paramètres organoleptiques</i>	<i>Unité</i>	<i>Norme (OMS, 2006)</i>
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

Tableau N°6 Normes et recommandation pour la qualité bactériologique de l'eau potable (OMS, 2006) (Annexe 2).

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

Tableau N°7 Normes des substances indésirables d'une eau potable (OMS, 2006) (Annexe 3).

<i>Paramètres indésirables</i>	<i>Unité</i>	<i>Norme (OMS)</i>
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

Tableau N°8 Norme des paramètres de pollution d'une eau potable (OMS, 2006) (Annexe 4).

<i>Paramètre de pollution</i>	<i>Unité</i>	<i>Norme (OMS)</i>
Nitrates	Mg/l	50
Nitrites	Mg/l	50
Ammonium	Mg/l	0.5
Phosphate	Mg/l	0.5

Tableau N°9 Normes des substances toxiques d'une eau potable (OMS, 2006) (Annexe 5).

<i>Paramètres toxiques</i>	<i>Unité</i>	<i>Norme (OMS)</i>
<i>Arsenic</i>	Mg/l	0.01
<i>Cadmium</i>	Mg/l	0.003
<i>Cyanure</i>	Mg/l	0.07
<i>Chrome</i>	Mg/l	0.05
<i>Mercurie</i>	Mg/l	0.001
<i>Plomb</i>	Mg/l	0.01
<i>Sélénium</i>	Mg/l	0.01

Annexe 7 : composition des milieux de culture

1-milieux solides

1-1gélose viande-foie

Peptone viande-foie	20.0g
Glucose	0.75g
Amidon soluble	0.75g
Sulfite de sodium	1.2g
Agar agar bactériologique	11.0g
PH	7.6
Eau distillé	1000ml

Dissoudre le constituant, répartir dans des tubes ou des flacons, autoclavage à 120C° pendant 15min.

1-2 Gélose tryptone Extrait de levure (TGEA)

Extrait de levure	1g
Peptone de caséine	5g
Glucose	1g
Extrait de viande	18g
Eau distillée	1000ml
PH	7
Autoclavage à 120C° pendant 20min	

2-milieus liquides**2-1Bouillon lactose au Pourpre de Bromocrésol (BCPL)****Double concentration (D/C)**

L'extrait de viande de bœuf	2g
Peptone	14g
Lactose	10g
Pourpre de bromocérol 1%	0.06g
Eau distillé	1000ml
PH	6.9g

Simple concentration (S/C)

L'extrait de viande de bœuf	1g
Peptone	7g
Lactose	5g
Pourpre de bromocérol 1%	0.03g
Eau distillé	1000ml
PH	6.9g

2-2milieu de Rothe**Double concentration (D/C)**

Peptone de caséine	40g
Extrait de viande	3g
Glucose	8g
Chlorure de sodium	8g
Phosphate di potassique	5.4g
Phosphate mono potassique	5.4g
Acide de sodium	0.4g
Eau distillée	1000ml
PH	6.9

Simple concentration (S/C)

Peptone de caséine	20.0g
Extrait de viande	5.0g
Glucose	5.0g
Chlorure de sodium	2.7g
Phosphate di potassique	2.7g
Phosphate mono potassique	0.3g
Acide de sodium	0.5Mg

2-3miliue d'Eva Litsky

Tryptone	20.0g
Glucose	5.0g
Chlorure de sodium	5.0g
Phosphate di potassique	2.7g
Phosphate mon potassique	2.7g
Acide de sodium	0.3g
Solution d'Ethyl-violet	0.5g
Eau distillée	1000ml
PH	6.8

Autoclavage à 120C° pendant 20min.

2-4Miliue de Schubert

Tryptone	10g
Peptone	10g
Acide glutamique	0.2g
Tryptophane	0.2g
Sulfate de magnésium	0.7g
Sulfate d'ammonium	0.4g
Chlorure de sodium	2g
Citrate de sodium	0g
Mannit	7.5g
Eau distillé	1000ml
Ph	7.6

Autoclavage à 120C° pendant 2min

Annexe8 : préparation des solutions (laboratoire ADE)

1- Préparation de solution EDTA

EDTA poudre séchée pendant 1heure à 180C°	3.7264g
Eau distillée	1000ml

2- Préparation de solution NET

Noir d'eriochrome T(NET)	0.4g
Alcool éthylique conservé à l'abri de la lumière	1000ml

3-préparation de solution de Nitrates d'argent

Nitrate d'argent (AgNO séché)	1.6985g
Eau distillé conservé à l'abri de la lumière	500ml

4-Chromate de potassium K_2CrO_4

Chromate de potassium K_2CrO_4	10g
Eau distillé	100ml