



RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ AMAR THELIDJI – LAGHOUAT

FACULTÉ DES SCIENCES

DÉPARTEMENT D'AGRONOMIE

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

FILIERE : SCIENCES ALIMENTAIRES

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME MASTER

OPTION : AGRO-ALIMENTAIRE ET CONTROLE DE QUALITE

Thème

**Etude qualitative des eaux potables de la zone avale d'Oued M'zi la région
sud de Laghouat**

Réalisé par :

- M^{elle} *AMOURAT Amina Ghoufrane*

- M^{elle} *ANNAG Hanane*

Soutenu publiquement le : 20 / 06 / 2023

Jury de soutenance :

Nom et Prénom	Grade	Qualité
M. ROUGUI Tahar	MAA	Encadreur
M. HANNICH Hamada	Ingénieure ADE	Co-Encadreur
Mme. LOUNICI Safia	MAA	Examinatrice
Mme. MENASRA Amina	MCB	Présidente

Année Universitaire : 2022/ 2023

Remerciement

*En préambule à ce mémoire nous rends grâce à **ALLAH** le Tout-Puissant qui n'avois offrir toutes les possibilités, la santé, la volonté, la force et l'insistance durant ces longues années d'étude pour franchir les obstacles et aboutit à nos but.*

*Nous tenons à exprimer nos remerciements avec un grand plaisir et un grand respect à notre encadreur **M. ROUGUI Tahar** pour ses conseils, sa disponibilité et ses encouragements qui nous ont permis de réaliser ce travail dans les meilleures conditions.*

*En second lieu nous remercions **Mr. MECHRAOUI Abed Allah** directeur de laboratoire **ALGERIEN DES EAUX** (Laghouat) et surtout Monsieur **HENICHE Ahmed** chef service au niveau de laboratoire et l'ensemble des membres d'**ADE** (**Mme Ilham, Kheira et Dalele**) pour leur accueil, que n'avons côtoyées quotidiennement avec réel plaisir pendant la période de nos stage.*

*Nous remercions sincères s'adressent aussi aux membres du jury **Mme. LOUNICI Safia** et **Mme. MENASRA Amina** d'avoir accepté de lire et d'évaluer ce travail.*

Nous désirons également adresser notre gratitude aux professeurs qui nous ont fourni les outils nécessaires à la réussite pendant ces années de nos études universitaire.



Dédicace

Je dédie ce modeste travail à toute ma famille qui m'a donné une éducation adéquate pour aboutir à mon rêve et que je finis mon master.

- *À ma mère **Saoura** qui m'a donné la vie et le courage.*
- *À mon père **Naimi** que j'aime beaucoup.*
- *À vous mes chères frères **Ammar, Mostapha et Cheick** sans oublier mes chères sœurs **Sonia et Achoura Manelle**.*
- *À ma chérie binôme **Hanane**.*
- *À tous mes amis dans l' cité universitaire **Bakhta, Hibet Allah** et à mon ami de la chambre **Hadda** qui m'ont encouragé dans les moments difficiles.*

*Je dédie ce mémoire aussi au **Mr.DERDERI Alaeddine** Directeur de la station d'observation et d'expérimentation en milieu steppique **CRSTRA**(Taouiala) et tous les équipes de recherche au niveau de la station :**Dr. ABDELLI Amina, Dr.SAFI Rekia, Dr.ZAABTA Insaf, Dr.BAROUE Khadija, Dr.RAHMANI MoukhtarRahmani et BELARBI Mohamed Nazime** chef service d'exploitation et **Mr.MOUNA Abdelraouf** chef service de l'alerte précoce pour son soutien et ses efforts afin de faciliter notre stage.*

Amina Ghoufrane



Dédicace

Je dédie ce travail à :

*A mes chers parents **Abdelkader** et **Fatima** pour tous leurs sacrifices, leurs amour, leur tendresse, leurs soutien, et leurs prière tout au long de mes études.*

*A mon cher frère **Sofiane** que dieu protège.*

*A mes chères Sœurs **Houda, Ratiba, Zineb, Ibtissem, AhlemYoussra.***

*A ma chérie binôme **Amina Ghoufrane***

*A ma chérie et ami d'enfance **Zineb Msst***

A tous mes amis de ma promotion.

A tous mes professeurs du département science agronomique.



Hanane

Table des matières

LISTE DES FIGURES :	IV
LISTE DES TABLEAU :	VI
LISTE DES PHOTOS :	VII
RESUME EN FRANÇAIS :	X
RÉSUMÉ EN ANGLAIS:	XI
RÉSUMÉ EN ARABE:	XII
I. INTRODUCTION.....	7
<i>I.1.1 Définition</i>	7
<i>I.2 Cycle de l'eau</i>	8
<i>I.3. Types de l'eau</i>	9
<i>I.4. Etats physiques de l'eau</i>	12
<i>I.5. L'utilisation de l'eau</i>	13
<i>I.6. Pollution de l'eau</i>	14
<i>I.7. Les principaux polluants des eaux</i>	15
<i>I.8. Les maladies à transmissions hydrique</i>	18
II.1. DEFINITION.....	22
II.2. PARAMETRES DE POTABILITES DE L'EAU	22
<i>II. 2.2. Paramètres physiques</i>	23
II.2.3. PARAMETRES CHIMIQUES	25
<i>II.3. Sels minéraux dissouts</i>	25
II.4. LES PARAMETRES DES POLLUTIONS DES EAUX	27
<i>II.4.1. Ions Phosphates (PO_4^{-3})</i>	27
<i>II.4.2. Ions Ammonium (NH_4^+)</i>	28
<i>II.4.3. Ions Nitrates (NO_3^-)</i>	28
<i>II.4.4. Ions Nitrites (NO_2^-)</i>	28
II.5. PARAMETRES BACTERIOLOGIQUES	28
<i>II.5.1. Les germes totaux</i>	28
<i>II.5.2. Les coliformes</i>	29
<i>II.5.3. Les streptocoques fécaux</i>	29
<i>II.5.4. Les clostridium sulfito-réducteurs (CSR)</i>	29
<i>II.5.5. Escherichia coli</i>	29
II.6. CLASSIFICATION DES EAUX DE CONSOMMATION	29
<i>II.6.1. Eau de robinet</i>	29
<i>II.6.2. Eau en bouteille</i>	30
II.7. LES NORMES RELATIVES A LA POTABILITE ORGANOLEPTIQUE DE L'EAU	30
<i>II.7.1. Normes relatives à la potabilité physique et chimique d'eau</i>	30
<i>II.7.2. Normes relatives à la potabilité bactériologique de l'eau</i>	31
<i>II.7.3. Normes de substances indésirables d'une eau potable</i>	31
<i>II.7.4. Normes des paramètres de pollution d'une eau potable</i>	31

II.7.5. Normes de substances toxiques d'une eau potable	32
II.8. LES NORMES ALGERIENNES DE L'EAU POTABLE	32
III. PRESENTATION DE LA REGION D'ETUDE.....	36
III.1 Cadre géographique général.....	36
III.1.1. Situation géographique de la zone d'étude	36
III.1.2. Situation de l'alimentation en eau potable (AEP) de la région d'étude	37
III.2. TECHNIQUE DE PRELEVEMENT POUR LES ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES.....	38
III.3. MATERIEL ET METHODES D'ANALYSES	39
III.3.1. Matériel et méthodes d'analyses physico-chimiques	39
III.3.1.1. PARAMETRES ORGANOLEPTIQUE	40
III.3.1.1.1.1 DOMAINE D'APPLICATION.....	40
III.3.1.2 PARAMETRES PHYSIQUES	42
III.3.1.2.1 MESURE DE LA TEMPERATURE.....	42
III.3.1.2.2 MATERIEL	43
III.3.1.2.3 REACTIFS.....	43
III.3.1.2.4 MODE OPERATOIRE.....	43
III.3.1.3.3. DETERMINATION DE MG+2	49
III.3.1.3.4. DOSAGE DU SODIUM (NA+) ET DU POTASSIUM (K+)	49
III.3.1.3.5. DETERMINATION DU BICARBONATES (H CO₃⁻).....	51
III.3.1.3.5.1 PRINCIPE.....	51
III.3.1.3.5.2 REACTIFS.....	51
III.3.1.3.5.3 TECHNIQUE.....	51
III.3.1.3.5.4 EXPRESSION DES RESULTATS :.....	51
III.3.1.3.6. DETERMINATION DES CHLORURES (CL⁻)	52
III.3.1.3.6. 1 PRINCIPE.....	52
III.3.1.3.6.2 MODE OPERATOIRE.....	52
III.3.1.3.7.2 MATERIELS	53
III.3.1.3.7.3 REACTIFS.....	53
III.3.1.3.7.4 MODE OPERATOIRE.....	53
III.3.1.3.7.5 EXPRESSION DES RESULTATS.....	54
III.3.1.4. LES PARAMETRES DES POLLUTIONS DES EAUX	54
III.3.1.4.2. DOSAGE DE L'AZOTE AMMONIACAL (NH ₄ ⁺)	55
III.3.1.4.3.2 MODE OPERATOIRE.....	55
III.4. TECHNIQUE DE PRELEVEMENT POUR LES ANALYSES BACTERIOLOGIQUES	56
III 4.1 CONSERVATION DES ECHANTILLONS.....	57
III 4.2 DIRECTIVES DE TRANSPORT ET D'EXPEDITION	57

III 4.2.1 LES ECHANTILLONS DOIVENT ETRE LIVRES AU LABORATOIRE DANS LES 24 HEURES SUIVANT LE PRELEVEMENT	57
III 4.3 MATERIEL ET METHODE D'ANALYSES BACTERIOLOGIQUES	58
III 4.3.1 MILIEUX DE CULTURE.....	58
III.4.3.2 MATERIEL ET METHODES D'ANALYSES BACTERIOLOGIQUES	58
LES VERRERIES.....	58
LES APPAREILS	58
III.4.3.2.1 LA RECHERCHE ET DENOMBREMENT DES GERMES AEROBIES MESOPHILE TOTAUX	59
IV. RESULTATS ET INTERPRETATIONS DES D'ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES :.....	65
IV.1. PARAMETRES ORGANOLEPTIQUES	65
IV.2. PARAMETRES PHYSIQUES	66
IV.2.1. LA TEMPERATURE (°C) :	66
IV.2.2. LE PH DES EAUX :	67
IV.2.3. LA CONDUCTIVITE ELECTRIQUE ET MINERALISATION :	68
IV.2.4. TDS ET SALINITE :	69
IV.3. PARAMETRES CHIMIQUES	71
IV.3.1. DURETE TOTALE OU TITRE HYDROTOMETRIQUE (TH):	71
IV.3.2. LE CALCIUM (CA ⁺²) :	72
IV.3.3. MAGNESIUM (MG ⁺²) :	74
IV.3.4. SODIUM (NA ⁺)	75
IV.3.5. POTASSIUM (K ⁺) :	77
IV.3.6. BICARBONATES (HCO ₃ ⁻) :	78
IV.3.7. LES CHLORURE (CL ⁻) :	80
IV.3.8. LES SULFATES (SO ₄ ⁻²) :	81
IV.4. LES PARAMETRES DE POLLUTION DES EAUX	82
IV.4.1. PHOSPHATES PO ₄ ⁻³ :	82
IV.4.2. L'AMMONIUM (NH ₄ ⁺) :	84
IV.4.3. NITRATES (NO ₃ ⁻) :	86
IV.5. PRESENTATION GRAPHIQUE DES EAUX ANALYSEES	88
IV.5.1. DIAGRAMME DE PIPER :	88
IV.5.2. DIAGRAMME DE STABLER :	89
IV.5.3. DIAGRAMME DE WILOCS :	90
IV.6. INTERPRETATION DES RESULTATS D'ANALYSES BACTERIOLOGIQUES :	91
IV.6.1. Germe totaux :	91
IV.6.2. Coliforme totaux.....	93
IV.6.3. Coliforme Thermo-tolérants.....	93
IV.6.4. Streptocoques fécaux.....	93
IV.6.5. Clostridium sulfito-réducteurs.....	93

Liste des figures :

Figure 01: la molécule d'eau (Internet)	7
Figure 02: Cycle de l'eau (HUGONIN 2011).....	8
Figure 03: Cycle de l'eau (Site 12).....	12
Figure 04: Les états de l'eau (YUAN, anonyme)	13
Figure 05: Pollution de l'eau (Site 13)	15
Figure 06: Transmission hydrique des maladies (Vaurette et Le Duc, 2016)	18
Figure 07: Laghouat principales villes (Site23).....	36
Figure 08: Situation géographique du bassin d'Oued M'Zi.....	37
Figure 09: Carte de positionnement des forages de la zone d'étude sur image satellite.....	38
Figure 10: Histogramme représentatif de la variation de couleur dans les eaux analysées au niveau d'Oued M' zi (2023).	65
Figure 18: Histogramme représentatif de la variation de TH dans les eaux analysées au niveau d'Oued M' zi (2023).	72
Figure 19: Histogramme représentatif de la variation du calcium dans les eaux analysées au niveau d'Oued M' zi (2023).	73
Figure 20: les teneurs du Calcium (Ca^{+2}) des eaux potables de la zone aval d'Oued M'zi.	73
Figure 21: Histogramme représentatif de la variation du magnésium dans les eaux analysées au niveau d'Oued M' zi (2023).	74
Figure 22: les teneurs du magnésium (Mg^{+2}) des eaux potables de la zone aval d'Oued M'zi.....	75
Figure 23: Histogramme représentatif de la variation du sodium dans les eaux analysées au niveau d'Oued M' zi (2023).	76
Figure 24: les teneurs du Sodium (Na^{+}) des eaux potables de la zone aval d'Oued M'zi.	76
Figure 25: Histogramme représentatif de la variation du potassium dans les eaux analysées au niveau d'Oued M' zi (2023).	77
Figure 26: les teneurs du Potassium (K^{+}) des eaux potables de la zone aval d'Oued M'zi.	78
Figure 27: Histogramme représentatif de la variation des bicarbonates dans les eaux analysées au niveau d'Oued M' zi (2023).	79
Figure 28: les teneurs du bicarbonate (HCO_3^{-} mg/l) des eaux potables de la zone aval d'Oued M'zi.	79
Figure 29: Histogramme représentatif de la variation du chlorure dans les eaux analysées au niveau d'Oued M' zi (2023).	80
Figure 30: les teneurs du chlorure (Cl^{-} mg/l) des eaux potables de la zone aval d'Oued M'zi.....	81
Figure 31: Histogramme représentatif de la variation des sulfates dans les eaux analysées au niveau d'Oued M' zi (2023).	82
Figure 32: les teneurs du Sulfates (SO_4^{-2}) des eaux potables de la zone aval d'Oued M'zi.	82
Figure 33: Histogramme représentatif de la variation du Phosphate dans les eaux analysées au niveau d'Oued M' zi (2023).	83
Figure 34: les teneurs du Phosphates (PO_4) des eaux potables de la zone aval d'Oued M'zi.....	84
Figure 35: Histogramme représentatif de la variation d'ammonium dans les eaux analysées au niveau d'Oued M' zi (2023).	85
Figure 36: les teneurs du l'ammonium (NH_4^{+}) des eaux potables de la zone aval d'Oued M'zi.	85
Figure 37: Histogramme représentatif de la variation du Nitrate dans les eaux analysées au niveau d'Oued M' zi (2023)	87
Figure 38: les teneurs du Nitrates (NO_3^{-}) des eaux potables de la zone aval d'Oued M'zi.	87
Figure 39: La représentation graphique des éléments chimique des eaux analysées sur diagramme de piper.	88

Figure 40: La représentation graphique des éléments chimique des eaux analysées sur diagramme de wilcox.....	91
Figure 41: le taux des Germes totaux à 37 °C	92

Liste des Tableau :

Tableau 01 : Normes OMS et algériennes des paramètres physico-chimique pour l'eau Potable OMS 2006 et JORA (2014)	30
Tableau 02: Normes OMS des paramètres bactériologique pour l'eau Potable OMS 2017	31
Tableau 03: Normes OMS des paramètres de substances toxiques pour l'eau Potable OMS 2017	32
Tableau 04: Normes OMS des différents paramètres pour l'eau Potable JORA 2014.....	32
Tableau 5: Comparaison entre AEP et Assainissement au niveau de wilaya de Laghouat.....	37
Tableau 6: Site de prélèvement	38
Tableau 7: Matériel utilisé dans l'analyse physico-chimique	40
Tableau 8: Classification des eaux d'après leur pH.....	43
Tableau 9: Classes de turbidité usuelles (NTU)	47
Tableau 10: Classes de turbidité usuelles (NTU)	58
Tableau 11: les teneurs du Sodium (Na ⁺) dans les eaux analysées par commune.	75
Tableau 12: les teneurs du Potassium (K ⁺) dans les eaux analysées par commune.	77
Tableau 13: les teneurs du Bicarbonates (HCO ⁻³) dans les eaux analysées par commune	78
Tableau 14: Représentatif le nombre des germes totaux	92

Liste des Photos :

Photo 1: Les échantillons d'eau pour faire l'analyse physico-chimique	39
Photo 2: Mesure de la turbidité par le turbidimètre de paillasse HACH	47
Photo 3: Mesure le pH et la température par le pH mètre	43
Photo 4: Mesure la conductivité et TDS par le Conductivité mètre.....	46
Photo 5: Dosage du Sodium (Na+) et du Potassium (K+) par photométrie de la flamme	50
Photo 6: Spectrophotomètre pour déterminer des nitrites, sulfate et ammonium	54
Photo 7: Mesure des Nitrates	Erreur ! Signet non défini.
Photo 8: Les échantillons d'eau pur faire l'analyse bactériologique	57
Photo 9: Dénombrement des germes aérobies mésophile totaux	59
Photo 10: Additif de KOVACS pour dénombrement d'E. Coli	61
Photo 11: Dénombrement et la recherche des Coliformes totaux et Streptocoques fécaux	63
Photo 12: Incubation des Coliformes totaux ; Streptocoques fécaux et Clostridium sulfito-réducteur.	64
Photo 13: Recherche de Clostridium sulfito-réducteurs.....	64

Liste des abréviations

UNESCO	Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture.
DCE	Directive Cadre européenne sur l'Eau.
OMS	Organisation Mondiale de la Santé.
WHO	World Healthy Organisation (c'est l'OMS en anglais).
UFC	Unité Formant Colonies.
Mg	Milligramme.
mg/l	Milligramme par litre.
MO	Matière organique.
Pt	Platine.
JORA	Journal Officiel de la République Algérienne.
pH	Potentiel hydrogène.
l	litre.
ml	millilitre.
M m	Micromètre.
Km	Kilomètre
Km²	Kilomètre Carré
ONS	Office National des Statistiques de l'Algérie.
AEP	Alimentation en Eau potable.
ADE	Algérienne Des Eaux.
OMS	Organisation Mondiale de Santé
T	Température.
°C	Degré Celsius.
H	Heure
min	minute.
%	Pour cent
m	mètre.
m³	mètre Cube
Cm	Centimètre.
µS/Cm	micro siemens par Centimètre.
TDS	Solides Totaux Dissous
TH	Titre Hydrotimétrique.
EDTA	Acide éthylène-diamine-tétracétique.
TA	Titre Alcalimétrique.
TAC	Titre Alcalimétrique Complet.
Ca⁺²	Ion Calcium.
Mg⁺²	Ion Magnésium.
nm	nano mètre.
NTU	Néphélométrie Turbidité Unit (Unité de Turbidité Néphélométrique)
UV	Ultra-violet.
Cl⁻	Ion Chlorure.
HCO₃⁻	Ion hydrogénocarbonate.
NO₃⁻	Ion Nitrates.
NO₂⁻	Ion Nitrites.
SO₄⁻²	Ion Sulfates.
PO₄⁻	Ion Phosphates.

Na⁺	Ion Sodium.
K⁺	Ion Potassium.
ISO	International Organization for Standardization.
GN	Gramme Négative.
(+)	Positif.
BCPL	Bouillon Lactose au Pourpre de Bromocrésol
TGEA	Gélose Tryptone Extrait de levure
VF	Viande-foie
D/C	Double Concentration.
S/C	Simple Concentration
H₂O	Eau
NET	Noir d'eriochrome
K₂CrO₄	Chromate de potassium.

Résumé en Français :

Intitulé : Etude qualitative des eaux potables de la zone avale d'Oued M'zi la région sud de Laghouat w. de Laghouat

Résumé

L'eau potable fait partie des besoins humains nécessaires et continus, dont on ne peut se passer sous aucun prétexte, elle doit répondre à des normes de qualité de l'eau en termes de goût, de couleur et d'odeur, ainsi qu'à des spécifications physiques, chimiques et bactériologiques. Cette eau donc du point de vue sanitaire et esthétique, propre à l'alimentation et à la préparation des aliments ainsi qu'à tous les usages domestiques dont l'hygiène personnelle. Ce travail consiste à l'évaluation de la qualité des eaux destinées à l'alimentation en eau potable des agglomérations qui situées au voisinage d'oued m'zi dans la partie sud de Laghouat. L'échantillonnage porte sur 17 forages répartis sur la région d'étude (Laghouat El Assafia, Ben Nacer Ben Chohra et Ksar El Hirane). Les analyses physico-chimiques des eaux ont permis de caractériser leur hydrochimie et évaluer leur utilisation en alimentation en potable et irrigation. Les compositions chimiques de ces eaux font apparaître une dureté très élevée avec un forte teneur en évaporite et calcaire, suivant le diagramme de STABLER. La majorité d'eau des forages est bonne sauf deux forages est médiocre selon le diagramme de WILCOX. Sur le plan microbiologique les eaux analysées sont de bonne qualité où on constate l'absence totale des coliformes fécaux, totaux et sterptocouques fécaux. Par contre, les germes totaux sont présents par quantité élevé au niveau des eaux des forages : BNBCH 05 et KH 04 et remarquons des spores de micro-organismes anaérobies sulfito-réducteurs dans les échantillons au niveau des forages (BBCH 04 et KH 03).

Les mots clé : Qualité, Oued M'zi, Laghouat, Bactériologique

Résumé en Anglais:

Title: Qualitative study of drinking water in the downstream area of Oued M'zi the southern region of Laghouat w. from Laghouat

Abstract:

Drinking water is part of the necessary and continuous human needs, which we cannot do without under any circumstances, it does meet the water quality standards in terms of taste, color and smell, it therefore, to physical, chemical and bacteriological specifications. This water therefore from the point of view of health and aesthetics, suitable for food and the preparation of food as well as for all domestic uses including personal hygiene. This work consists of the evaluation of the quality of water intended for drinking water supply in the agglomerations which is located in the vicinity of Oued M'zi in the southern part of Laghouat. Sampling covers 17 forages spread over the study region (Laghouat El Assafia, Ben Nacer Ben Chohra and Ksar El Hirane). The physico-chemical analyzes of the waters made it possible to characterize their hydrochemistry and to evaluate their use in drinking water supply and irrigation. The chemical compositions of these waters show a very high hardness with a high content of evaporite and limestone, according to the STABLER diagram. Most forage water is good except two forages are poor according to the Wilcox diagram. From a microbiological point of view, the water analyzes are of good quality, showing the total absence of faecal, total and faecal sterptococcus coliforms. On the other hand, all the germs are not exposed to the number of people living in the fodder: BNBCH 05 and KH 04 and remarriage of spores of sulphite-reducing anaerobic microorganisms in the fodder samples (BBCH 04 and KH 03).

Résumé en Arabe:

العنوان: دراسة نوعية لمياه الشرب بمنطقة المصب بوادي مزي بالمنطقة الجنوبية للأغواط.

ملخص

تعتبر مياه الشرب جزءًا من الاحتياجات البشرية الضرورية والمستمرة ، والتي لا يمكننا الاستغناء عنها تحت أي ظرف من الظروف ، يجب أن تلي معايير جودة المياه من حيث الذوق واللون والرائحة ، وكذلك مطابقة للمواصفات الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية. لذلك تعتبر هذه المياه من وجهة نظر الصحة والجمال مناسبة للطعام وتحضير الطعام وكذلك لجميع الاستخدامات المنزلية بما في ذلك النظافة الشخصية. يتكون هذا العمل من تقييم جودة المياه المخصصة لإمداد مياه الشرب للتجمعات التي تقع بالقرب من وادي مزي في الجزء الجنوبي من الأغواط. يغطي أخذ العينات 17 بئرًا منتشرة في منطقة الدراسة (الأغواط العسافية ، بن ناصر بن شهرة وقصر الحيران). أتاحت التحليلات الفيزيائية والكيميائية للمياه توصيف كيمياء المياه وتقييم استخدامها في إمدادات مياه الشرب والري. تُظهر التركيبات الكيميائية لهذه المياه صلابة عالية جدًا مع نسبة عالية من التبخر والحجر الجيري ، وفقًا لمخطط STABLER غالبية مياه البئر جيدة باستثناء بئرين ضعيفين وفقًا لمخطط WILCOX. من وجهة نظر ميكروبيولوجية ، المياه التي تم تحليلها هي ذات نوعية جيدة ، حيث يوجد غياب تام للقولي فورم البرازي ، الكلي والبرازي. من ناحية أخرى ، توجد الجراثيم الكلية بكميات عالية على مستوى مياه الآبار: BNBCH 05 و KH 04 ونلاحظ وجود أبواغ من الكائنات الحية الدقيقة اللاهوائية التي تقلل الكبريتات في العينات على مستوى الآبار. (KH 03 و BBCH 04)



Introduction

Introduction :

La combinaison du développement socio-économique et la croissance démographique a entraîné une augmentation de la demande en eau, ce qui a conduit à une utilisation excessive des ressources en eau et à la production et au rejet de grandes quantités d'eaux usées dans le milieu récepteur. Toute vie a besoin d'eau, et l'eau est un élément qui favorise la santé personnelle et le développement socio-économique des communautés humaines. **(DJEPPER et CHITTI, 2021)**. L'eau omniprésente sur la planète, est sans doute la richesse la plus précieuse. Il est resté malcommode à traiter en raison de son extraordinaire pluridisciplinarité (allant de la géologie à la médecine en passant par la microbiologie, les chimies minérale, organique et analytique). **(LIMANI, 2016)**

L'eau est aussi le vecteur et le moteur qui favorise la vie et de l'activité humaine. À l'heure actuelle, l'utilisation globale de l'eau, en additionnant les usages domestiques, industriels et agricoles, représentant le chiffre impressionnant de 250 m³ par an et par habitant. Et encore, les disparités sont énormes : de moins de 100 m³ pour les pays en voie de développement à plus de 2 000 m³ pour les États-Unis. Il est donc certain que les besoins en eau de l'humanité ne cesseront de croître. **(MEMENTO TECHNIQUE DE L'EAU, 2005)**

La potabilité et la qualité chimique des eaux sont en relation collante au développement, ils sont liés aux concentrations des différents éléments chimiques dissous dans l'eau d'origine naturelles ou artificielles. Avant tout traitement de potabilisation, la ressource en eau doit satisfaire à un certain nombre d'exigences pour être utilisée en vue de livrer à la consommation humaine. Ce n'est pas n'importe quelle eau qu'on peut l'utilisée comme de l'eau potable. La qualité de l'eau brute conditionne fortement le choix de la filière de traitement de l'eau. On considère une eau potable quand elle ne présente pas de risques pour la santé humaine. Une eau dite "potable" quand elle respecte les normes de qualité. (OMS) a fixé des normes de concentration en éléments chimique, la potabilité des eaux et leur qualité en vue de l'utilisation domestique. **(KHADRAOUI et TALEB, 2008)**

En Algérie, avec l'émergence de certains centres urbains et villages au cours de ces dernières décennies, les espaces naturels et les paysages ont été endommagés, la vitesse de développement et la vitesse d'urbanisation ont considérablement accéléré. Elle entraîne également une production d'eau excessive et de grandes quantités d'eaux usées rejetées, ce qui déséquilibre l'écosystème aquatique, en particulier les grands fleuves des grandes villes du pays. La plupart des Algériens consomment de l'eau potable qui leur est fournie par des réseaux publics de distribution qui doivent satisfaire à des exigences de qualité fixées par des normes nationales. **(DJEPPER et CHITTI, 2021)**

Introduction :

L'eau potable de bonne qualité est essentielle à la santé. A cet effet, il est indispensable d'avoir une eau saine, car l'eau contaminée par des produits chimiques ou des micro-organismes peu nuire à la santé. Cette eau doit répondre à des normes pré- établies qui fixent les concentrations « seuil » à ne pas dépasser pour un certain nombre de substances dangereuses et pouvant y être présentes. L'OMS publie, régulièrement, des Directives de qualité pour l'eau de boisson dont de nombreux pays s'inspirent pour élaborer leurs propres normes nationales. Ces Directives représentent une appréciation scientifique des risques sanitaires associés aux substances biologiques et chimiques de l'eau de boisson et l'efficacité des mesures déployées pour y remédier. L'OMS recommande aux autorités nationales de prendre en considération les aspects sociaux, économiques et environnementaux en procédant à une évaluation comparative des risques et des avantages lorsqu'ils adaptent ces Directives aux normes nationales. **(KHADRAOUI et TALEB, 2008)**

Le problème que nous posons est Pourquoi certains locataires de la ville Laghouat cherchent à consommer les eaux de la région de Milok et Hamda ? Et Pourquoi les habitants de l'agglomération de ksar El Hirane sont alimentés à partir de champs captant d'El Assafia à 20 km de la région de ksar El Hirane?

Les hypothèses possibles sont Peut-être liées à la qualité physicochimique de l'eau, Peut-être liées à la qualité bactériologique de l'eau, Peut-être due à des facteurs artificiels qui ont influencé sur la qualité de l'eau dans la région.

L'objectif principal dans Cette étude a pour but d'évaluer la qualité des eaux des forages destinées à l'alimentation en eau potable les localités de la région aval d'oued M'zi (Laghouat, El Assafia, Ben Nacer Ben Chohra et Ksar El Hirane), en affectant des analyses physicochimiques et bactériologiques des eaux domestiques au niveau du laboratoire d'ADE à Laghouat. Est-ce que ces eaux sont-elles de bonnes qualités physicochimiques et bactériologiques et est-ce que les teneurs des éléments chimiques solubles dans ces eaux sont conformes aux normes exigées par L'ALGÉRIE et l'OMS ?

Le mémoire s'articule en quatre parties :

1^{er} partie représente une synthèse bibliographique est constitué d'une deux chapitre, le premier il est abordé des notions sur l'eau (Définition, cycle, type, état physique, utilisation, pollution et les maladies à transmission hydrique des eaux), et la deuxième il est consisté essentiellement l'eau potable et les normes de potabilité (Définition, paramètres des potabilité : organoleptiques et physico-chimiques, les sels minéraux dissous, les pollutions des eaux, les normes Algérienne et l'OMS de l'eau potable.

Introduction :

2^{ème} partie représente la partie expérimentale qu'est consacré à la méthodologie de travail, il porte sur une présentation de la zone d'étude, les choix des sites prélèvement dans la région sud de Laghouat. Il est noté aussi l'hygiène d'analyse physico-chimique et microbiologique, mais aussi l'échantillonnage, qui restent une opération un matériel spécifique à chaque type d'analyse. Tout en respectant les conditions de transport et de conservation au laboratoire d'ADE et cette analyse complète par les analyses statistiques.

3^{ème} partie est réservé aux résultats et discussions des essais expérimentaux portant sur les analyses physico-chimiques et microbiologiques de l'eau d'adduction de quelque localité de la wilaya du Laghouat.

4^{ème} partie est une conclusion et des perspectives achèvent la présente étude.



Synthèse bibliographique



Chapitre I :
Généralités sur L'eau

I. Introduction

L'eau constitue une importance biologique et économique capitale. L'hydrosphère est le fondement de la vie et des équilibres écologiques. L'eau est un aliment, éventuellement un médicament, une matière première industrielle, ainsi énergétique et agricole, et un moyen de transport. (Festy, 2003)

Les usages de l'eau sont multiples mais, s'agissant de santé humaine, essentiellement l'agriculture et l'aquaculture, l'industrie et l'artisanat, les loisirs aquatiques dont la baignade et, surtout, la fourniture collective ou individuelle d'eau potable, utilisable à des fins alimentaires (eau de boisson, cuisine) mais aussi domestiques et d'hygiène (Festy, 2003)

I.1.1 Définition

L'eau qu'on l'appelle aussi oxyde de dihydrogène, hydroxyde d'hydrogène ou acide hydroxyque : est un composé chimique simple, mais avec des propriétés complexes à cause de sa polarisation. Sa formule chimique est H_2O , c'est-à-dire que chaque molécule d'eau se compose d'un atome d'oxygène entre deux atomes d'hydrogène, disposés en V très ouvert. L'eau lourde est un composé formé d'un atome d'oxygène et de deux atomes de deutérium, qui est un isotope de l'hydrogène (oxyde de deutérium, D_2O). (Site 1)

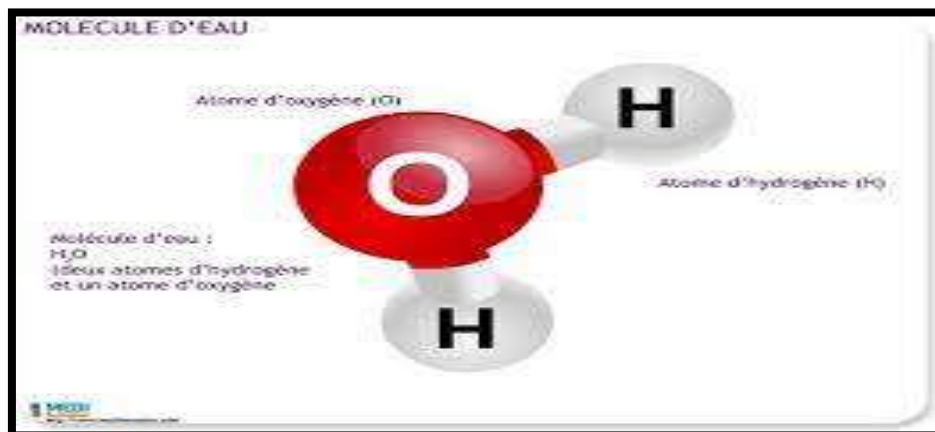


Figure 01: la molécule d'eau (Internet)

On trouve l'eau presque partout sur la Terre car c'est un composé essentiel pour tous les organismes vivants connus. Le corps humain est ainsi composé à 70 % d'eau. Par construction des êtres vivants, l'eau est pour eux (sauf exception très notable) incolore, insipide, inodore, etc. (Site 1)

À pression ambiante (environ un bar), l'eau est gazeuse au-dessus de 100°C, solide en dessous de 0°C, et liquide dans les conditions normales de température et de pression. C'est là une particularité essentielle: les autres composés proches ou apparentés, (sulfure d'hydrogène, ammoniac, et méthane par exemple), sont tous gazeux à des températures bien plus basses. (Site 1)

Près de 70 % de la surface de la Terre est recouverte d'eau (97 % d'eau salée et 3 % d'eau douce), essentiellement sous forme d'océans. Une étendue d'eau peut être un océan, une mer, un lac, un étang, un fleuve, une rivière, un ruisseau, un canal...etc. La circulation de l'eau au sein des différents compartiments terrestres est décrite par son cycle biogéochimique. (Site 1)

I.2 Cycle de l'eau

L'eau est la seule molécule à être présente sous trois états sur la terre : solide, liquide et gazeuse. Elle peut changer d'état sans intervention humaine. Ces changements d'états dépendent essentiellement de la température et de la pression mais aussi des composés chimiques présents dans l'atmosphère, donc de la pollution atmosphérique (Musy, 1998 in HUGONIN 2011). Le cycle de l'eau (Figure 01) décompose le phénomène complexe de ces transformations successives de l'eau en différents états. Les 03 phases principales du cycle peuvent être résumées ainsi : évaporation, précipitation, écoulements souterrains et de surface. Leur élément moteur est l'énergie solaire (Musy, 1998 in HUGONIN 2011). En fonction des caractéristiques géologiques du sous-sol, les eaux souterraines peuvent connaître de long temps de résidence, parfois de l'ordre du millénaire (Beniston, 2009, p.41 in HUGONIN 2011)

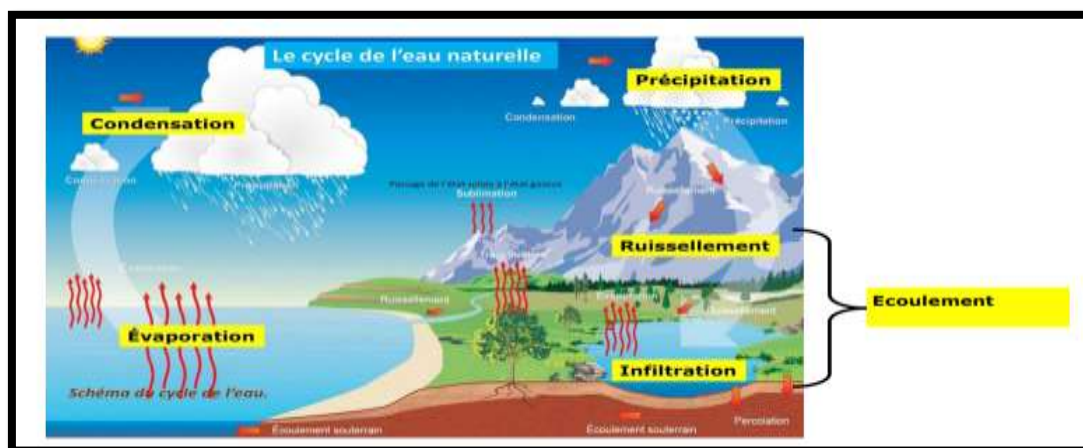


Figure 02: Cycle de l'eau (HUGONIN 2011)

Il y a 4 grandes étapes dans le cycle de l'eau (Site 2):

- **l'évaporation** : le soleil chauffe l'eau des mers, des océans, des lacs et des rivières et la transforme en vapeur. La transpiration des végétaux et des animaux produit également de la vapeur.

- **la condensation** : en s'élevant la vapeur se refroidit et se condense sous forme de gouttelettes ou de cristaux et forme ainsi les nuages,

- **les précipitations** : les nuages déversent leur contenu (pluie, bruine, neige ou grêle) sur les océans ou les continents,

- **l'écoulement** : soit les précipitations tombent sur les mers ou les océans, soit elles tombent sur les continents. Dans ce dernier cas, elles vont ruisseler et alimenter les eaux superficielles lacs et rivières ou s'infiltrer dans le sol pour rejoindre des rivières ou des nappes d'eau souterraines pour rejoindre un jour les mers ou les océans... et le cycle recommence.

I.3. Types de l'eau

Les eaux diffèrent par leurs composition chimique, elles ne contiennent pas toutes les mêmes substances minérales.

I.3.1. Eau de puits

Elles sont dites aussi « alternatives », considérées comme non potables, non contrôlées présentent un risque majeur à court terme : le risque microbiologique. Il expose le consommateur à des diarrhées (voir 08.les maladies à transmissions hydrique), des gastro-entérites ou des intoxications qui peuvent être graves. Le risque chimique à long terme existe aussi par la présence de pesticides, de métaux lourds, d'hydrocarbures et de tout autre élément par accumulation dans l'organisme. Les pathologies et leur gravité sont liées à la dose ingérée, à la durée d'exposition, à l'âge et l'état de santé de la personne exposée. **(Charentes, 2013)**

La qualité de l'eau varie en fonction de la réalisation du puits, de sa profondeur, du type de nappe captée, de l'environnement du puits (cour de ferme, assainissements, cultures, vignoble, élevages, sites industriels, etc.) et du moment du prélèvement. L'eau des puits est rarement potable. **(Charentes, 2013)**

I.3.2. Eau de source

Les eaux de source sont comme les eaux minérales naturelles, exclusivement d'origine souterraine, microbiologiquement saines, préservées de la pollution d'origine humaine, et aptes à la consommation humaine sans traitement ni adjonction. Contrairement aux eaux minérales naturelles, leur composition n'est pas systématiquement stable. Les eaux de sources répondent aux mêmes critères de potabilité que l'eau du robinet. Par ailleurs, leur nom commercial n'est souvent pas spécifique à une source. Tout en restant conforme aux règles de l'étiquetage, une même marque peut parfois recouvrir plusieurs sources et donc avoir des compositions minérales différentes. (UFC, 2017)

I.3.3. Eau de robinet

Elles sont constituées d'eaux souterraines puisées dans des nappes phréatiques et même dans certains cas dans des sources, ou d'eaux de surface prélevées dans les lacs, rivières, fleuves, retenues, etc. Mais elles peuvent aussi être constituées d'un mélange des deux origines selon les disponibilités saisonnières et la situation géographique. Avant d'emprunter le réseau de distribution et de parvenir jusqu'au robinet du consommateur, les eaux d'adduction sont majoritairement traitées pour pouvoir répondre aux différents paramètres qui définissent les normes de potabilité définies spécifiquement pour l'eau d'adduction. Pour parvenir potable au robinet, l'eau doit subir un certain nombre de traitements physico-chimiques (mécaniques et chimiques) pour atteindre les normes réglementaires. (UFC, 2017)

I.3.4. Eau minérale

Une eau est dite minérale lorsqu'elle contient des minéraux, c'est-à-dire des ions. Toutes les eaux sont donc minérales, à part l'eau distillée ou l'eau déminéralisée. Une eau est dite "minérale naturelle", si elle est d'origine souterraine naturellement pure (sans polluant) sans avoir subi de traitement, (Site 3)

Ce n'est pas la teneur totale en sels minéraux, ni la température qui confère à une eau le titre " d'Eau Minérale". Elles n'obéissent pas aux normes de potabilité appliquées aux eaux de sources et du robinet. Une eau se caractérise par ses vertus médicinales, ses caractéristiques sont de nature à lui apporter des propriétés favorables à la santé. (Site 3)

I.3.5. Eau douce

Contrairement à l'eau dure, une eau saumâtre et une eau salée, l'eau douce a pour caractéristique une faible teneur en sels, ce qui la rend apte au captage destiné à diverses utilisations, en particulier à l'irrigation et à l'alimentation humaine en eau potable. **(Site 4)**

Elle est présente dans les calottes glaciaires, les glaciers, les icebergs, les tourbières, les étangs, les lacs, les cours d'eau comme chaque rivière, fleuve et ruisseau, mais aussi les eaux souterraines dans les aquifères et tous les cours d'eau souterrains. **(Site 4)**

L'eau douce se renouvelle en permanence par le cycle de l'eau. Elle passe de la mer à l'atmosphère, puis de la terre à la mer, en suivant un cycle qui se répète indéfiniment suivant plusieurs étapes : **(Site 5)**

- l'évaporation et l'évapotranspiration : une partie des eaux de mer se transforme en vapeur d'eau sous l'action du soleil tout comme l'eau des plantes et des animaux par évapotranspiration

- la condensation : des nuages se forment dans le ciel

- les précipitations : les nuages s'agrègent puis se transforment en eaux de pluie, neige ou grêle

- l'infiltration : une partie des eaux pluviales s'infiltrent dans les nappes souterraines

- le ruissellement : une autre partie des eaux rejoint les eaux de surfaces : rivières, fleuves, lacs...

- la stagnation : l'eau est stockée dans les réservoirs naturels sur des périodes plus ou moins longues (ex : 8 jours de stagnation dans l'atmosphère, 17 ans dans les lacs, 2500 ans dans les océans...)

- le retour à la mer : l'eau des réservoirs naturels s'évapore sous l'action du soleil puis regagne la mer et les océans.

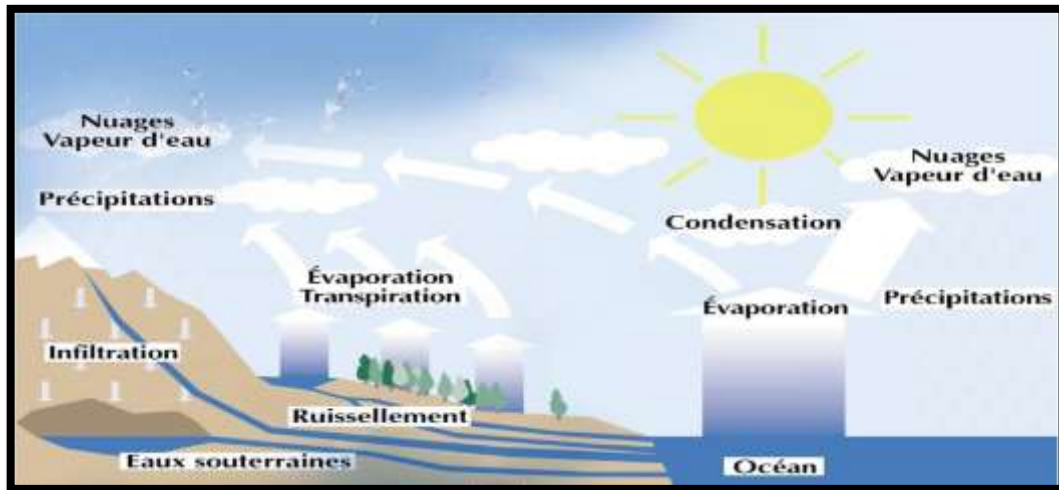


Figure 03: Cycle de l'eau (Site 12)

I.3.6. Eau usée

L'eau usée non traitée désigne des eaux d'égout qui n'ont pas subi de transformation physique ou chimique visant à enlever les déchets solides et les contaminants. Ces eaux peuvent causer des problèmes de pollution comme la propagation de produits chimiques toxiques, de bactéries porteuses de maladies et la prolifération d'algues. (TEBIB, 2020)

L'eau usée est le synonyme de l'eau résiduaire. Les eaux usées domestiques se composent des eaux vannes d'évacuation des toilettes, des eaux ménagères d'évacuation des cuisines et salles de bains. (TEBIB, 2020)

I.4. Etats physiques de l'eau

De façon générale, la matière peut se présenter sous trois états différents : solide, liquide, gazeux. Toute matière est constituée d'atomes ou de molécules (ensemble d'atomes) et chaque état se caractérise par la façon dont ces atomes (ou ces molécules) sont liés les uns aux autres : liaison forte dans un solide, plus faible dans un liquide et quasi nulle dans un gaz, ce qui explique une partie des propriétés propres à chacun de ces états. (YUAN, anonyme)

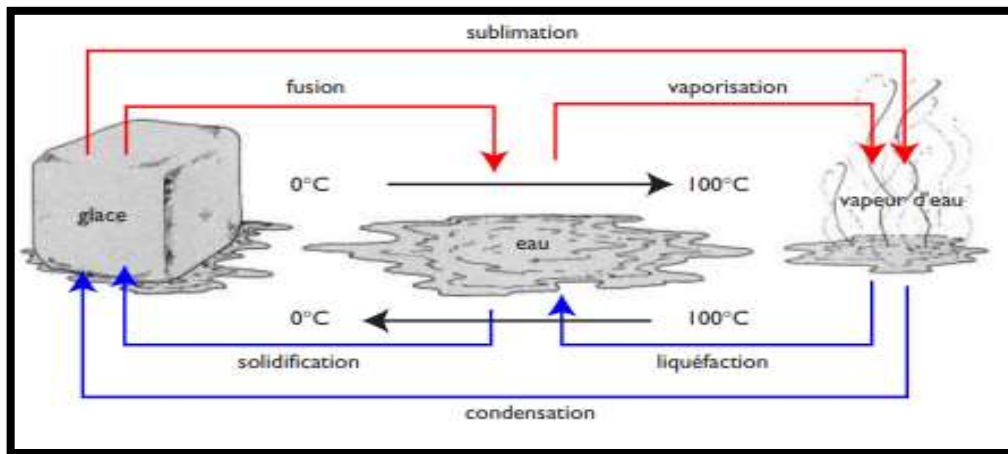


Figure 04: Les états de l'eau (YUAN, anonyme)

I.4.1. Etat vapeur

La vapeur d'eau est un gaz qui se forme lorsque l'eau passe de l'état liquide à l'état gazeux. Au niveau moléculaire, cela se produit lorsque des molécules H_2O parviennent à se séparer des liaisons qui les retiennent ensemble (c.-à-d., les liaisons hydrogène). (Site 10)

I.4.2. Etat solide

L'eau solide peut exister sous différentes formes. On constate ainsi qu'il existe au moins huit formes de glace différentes, les cristaux de glace s'ordonnent selon une symétrie hexagonale ; à haute pression, selon une symétrie cubique. La neige est aussi une phase solide de l'eau. Sous forme de gaz, l'eau devient « vapeur d'eau » ; elle est alors invisible. (YUAN, anonyme)

I.4.3. Etat liquide

L'eau liquide est un fluide naturel, transparent, qui coule. Elle n'a pas de forme propre, elle ne peut être attrapée. L'eau à l'état liquide est celle que l'on trouve le plus fréquemment autour de nous. (Site 11)

I.5. L'utilisation de l'eau

Au cours des cent ans passés, l'utilisation de l'eau douce dans le monde a été multipliée par six et continue d'augmenter régulièrement de près de 1 % par an depuis les années 1980. Cette augmentation résulte en grande partie de la croissance démographique, du développement économique et de l'évolution des schémas de consommation. (UNESCO, 2021)

L'utilisation des eaux englobe l'ensemble des actions d'usage de l'eau par l'homme (eau potable, industriel, agricole,...etc.).

I.5.1. L'utilisation domestique

Les usages domestiques concernent l'alimentation, les diverses activités de lavage, d'évacuation des déchets, l'hygiène personnelle, l'arrosage des jardins. En fonction du niveau de vie et de la proximité de la ressource, ils sont très variables dans le temps et dans l'espace.

(Site 6)

I.5.2. L'eau dans l'agriculture

Les usages qui en sont faits sont très variés et concernent principalement l'irrigation, l'application de pesticides et d'engrais et l'élevage des animaux. Plus loin dans la chaîne de valeur, l'eau est utilisée pour préserver les aliments (refroidissement, par exemple) et pour la transformation. (Site 7)

I.5.3. L'eau dans l'industrie

Les usages de l'eau pour l'industrie sont liés aux opérations de transformation des produits industriels. L'eau est utilisée selon quatre grandes catégories: comme fluide thermique (production de vapeur, chauffage et refroidissement des installations) ; comme matière première d'un processus de fabrication (boissons par exemple) ; comme agent de lavage de produits et de gaz, de nettoyage d'installations et de transport de solides ; et pour les besoins des personnels travaillant sur le site (cafétéria, toilettes...). (Roustan et Grasmick, 2015)

I.6. Pollution de l'eau

I.6.1. Définition

La pollution de l'eau est l'introduction directe ou indirecte, par la suite de l'activité humaine, de substances ou de chaleur dans l'air, l'eau ou le sol, susceptibles de porter atteinte à la santé humaine ou à la qualité des écosystèmes aquatiques ou des écosystèmes terrestres dépendant directement des écosystèmes aquatiques, qui entraînent des détériorations aux biens matériels, une détérioration ou une entrave à l'agrément de l'environnement ou à d'autres utilisations légitimes de ce dernier. (DCE, 2000)

I.6.2. Origine de la pollution d'eau

La pollution est multiple et on parlera "des pollutions de l'eau". Elles se distinguent généralement par:

- leurs causes (accidents, éliminations de déchets et résidus, sollicitations excessives du milieu naturel, ...),
- leur nature (physique, chimique, bactériologique, radioactive, ...)
- leur ampleur (locale ou étendue, occasionnelle ou saisonnière) dans l'espace et dans le temps. (TOUATI, 2020)

I.7. Les principaux polluants des eaux

L'eau est une ressource indispensable aux activités humaines mais elle constitue également un lieu de vie privilégié. A cause du cycle de l'eau, les écosystèmes aquatiques (les eaux continentales ou océaniques) sont susceptibles d'être contaminés par des pollutions accidentelles ou chroniques. En rejetant des effluents contaminés dans le milieu aquatique, les activités humaines industrielles, agricoles ou urbaines polluent les eaux. (TOUATI, 2020)

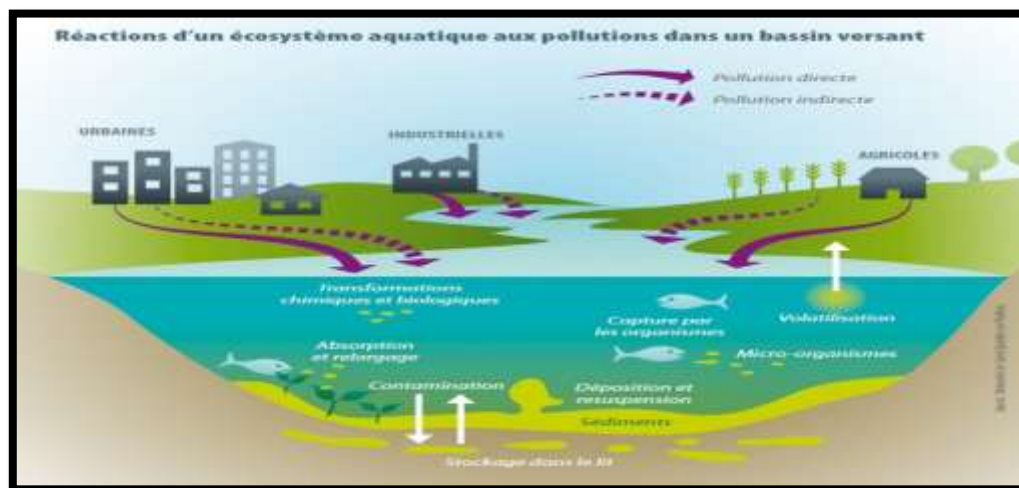


Figure 05: Pollution de l'eau (Site 13)

La pollution des eaux de surface s'est très diversifiée à partir de nombreuses activités humaines comme la déforestation, l'érosion due aux activités humaines, la construction de barrages, la canalisation de rivières, le comblement de zones humides, l'extraction de granulats. (TOUATI, 2020)

On peut distinguer trois grandes familles de pollution, la pollution physique, chimique et biologique : (TOUATI, 2020)

I.7.1. Polluants physiques

Il s'agit d'une pollution qui se traduit par la présence des particules de taille et de matière très variés dans l'eau; qui lui confèrent un caractère trouble. On distingue aussi les matières décantées (plus lourds que l'eau elle-même), les matières flottables (plus légères que l'eau elle-même) et les matières non séparables (de même densité que l'eau).

La pollution physique désigne autre type de pollution, telle que la pollution thermique due à la température élevée qui cause une diminution de la teneur en oxygène dissous ainsi qu'une réduction de la solubilité des gaz, et la pollution radioactive où la radioactivité des eaux naturelles est peut être d'origine naturelle ou artificielle (énergie nucléaire).

• Pollution radioactive

C'est celle occasionnée par une éventuelle radioactivité artificielle des rejets qui trouvent leur source dans l'utilisation de l'énergie nucléaire sous toutes ces formes (installations et centrales d'exploitation de mine d'uranium, traitement des déchets radioactifs). Les éléments radioactifs s'incorporent dans les molécules des organismes vivants. Plus on s'élève dans la chaîne alimentaire plus les organismes sont sensibles aux rayonnements.

• Pollution thermique

Le rejet de la chaleur dans l'environnement constitue de nos jours une forme de pollution physique du milieu naturel susceptible de provoquer de véritables bouleversements biocénétiques car elle agit sur un facteur écologique primordial : la température du milieu. L'augmentation de la température de l'eau réduit la teneur en oxygène et augmente la vitesse de réactivité chimique.

• Pollution mécanique

Elle résulte des décharges de déchets et de particules solides apportés par les eaux résiduaires industrielles, ainsi que les eaux de ruissellement. Ces polluants sont soit les éléments grossiers soit du sable ou bien les matières en suspension.

I.7.2. Polluants chimiques

La pollution chimique des eaux résulte de la libération de certaines substances minérales toxiques dans les cours d'eaux, par exemple: les nitrates, les phosphates, l'ammoniac et autres sels, ainsi que des ions métalliques. Ces substances exercent un effet toxique sur les matières organiques et les rendent plus dangereuses.

Les polluants chimiques sont classés à l'heure actuelle en cinq catégories: Les substances chimiques dites indésirables, les pesticides, les produits apparentés, les détergents et les colorants et autres éléments toxiques.

I.7.3. Polluants biologiques

Par définition, une pollution biologique est issue du milieu lui-même. C'est par le surdéveloppement de micro-organismes ou de végétaux micro ou macroscopiques qu'un déséquilibre du milieu environnant peut entraîner une mortalité élevée chez les autres organismes présents. Ce surdéveloppement est généralement la conséquence d'une action humaine: enrichissement en nitrates d'un milieu (rejets organiques), développement de virus, de bactéries, modification de la température d'un milieu (rejet d'eau chaude), introduction d'espèces invasives, etc...

• Pollution organique

C'est les effluents chargés de matières organiques fermentescibles (biodégradables), fournis par les industries alimentaires et agroalimentaires (laiteries, abattoirs, sucreries...). Ils provoquent une consommation d'oxygène dissous de ces eaux, en entraînant la mort des poissons par asphyxie et le développement (dépôts de MO au fonds des rivières) de fermentation anaérobie (putréfaction) génératrices de nuisances olfactives.

• Pollution microbiologique

La pollution microbiologique résulte de la présence dans l'eau de microorganismes qui sont véhiculés par l'eau et sont responsables de beaucoup de maladies hydriques. L'eau peut être un milieu favorable aux développements des bactéries et virus nuisibles à la santé humaine des populations qui l'utilisent pour leurs besoins.

Les bactéries pathogènes (tels : la Vibrionacea, l'Enterobacteriaceae, etc...) sont responsables des principales maladies hydriques. Les parasites sont eux aussi la cause de plusieurs autres maladies (hépatite infectieuse, méningite, etc...).

• Les espèces invasives

La pollution biologique est l'introduction d'espèces exogènes (végétales ou animales) ou d'organismes génétiquement modifiés dans un milieu. Ainsi que les modifications environnementales qui aboutissent à une modification des peuplements.

I.8. Les maladies à transmissions hydrique

Les maladies transmises par l'eau constituent l'un des problèmes de santé majeurs de pays en développement. Elles sont parmi les premières causes de morbidité et de mortalité de tous les groupes d'âge, et tout particulièrement des enfants de moins de cinq ans. L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a calculé que les maladies diarrhéiques provoquent chaque année 3 millions de décès dans le monde. (OMS, 1996)

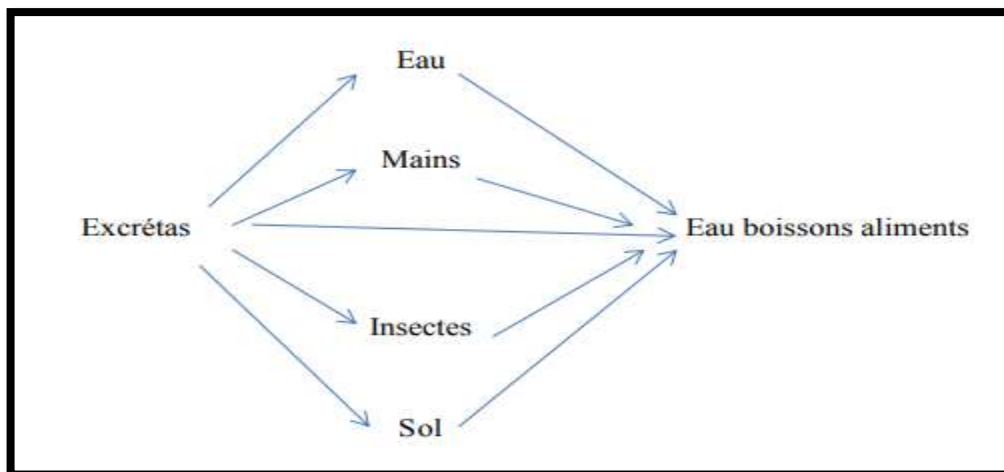


Figure 06: Transmission hydrique des maladies (Vaurette et Le Duc, 2016)

Depuis une décennie, la fièvre typhoïde, la dysenterie, l'hépatite virale de type « A » et les toxi-infections alimentaires collectives représentent les principales maladies à transmission hydrique qui existent en Algérie. (Kherifi et Bekiri, 2017)

Cholera

Le choléra est une maladie infectieuse diarrhéique à caractère épidémique, d'origine bactérienne, transmise par voie digestive. Elle est la maladie du péril fécal par excellence, véritable urgence en santé publique. Le choléra est le compagnon privilégié des catastrophes

naturelles et des situations de conflits avec déplacements massifs de populations. Il peut cependant survenir dans un contexte de stabilité politique et en l'absence de toute calamité naturelle, lorsque les conditions socio-économiques des populations sont favorables à son développement. (AUBRY et GAUZERE, 2022)

Le choléra est une diarrhée « toxique » due à l'élaboration par le vibrion d'une toxine, la choléragène, qui inverse le flux hydrosodé au niveau de l'épithélium du grêle par activation d'un enzyme : l'adénylcyclase. Cette inversion entraîne la production dans la lumière intestinale d'un liquide très abondant isotonique au plasma, particulièrement riche en potassium et en bicarbonates. La conséquence de cette diarrhée hydro-électrolytique massive est une déshydratation aiguë avec hypokaliémie et acidose. (AUBRY et GAUZERE, 2022)

En Afrique, après une baisse constante entre 2018 et 2020, une augmentation des notifications de cas a été observée en 2021, avec 141 467 cas et 4 094 décès. L'épidémie du Nigeria a été le principal facteur contribuant à l'augmentation du cas en Afrique. Il s'agit de la plus grande épidémie de choléra signalée en Afrique depuis plus de vingt ans. La riposte à l'épidémie a été compromise par un contexte d'insécurité qui a limité l'accès à la partie nord-est du pays et retardé à la fois les confirmations en laboratoire et les campagnes de vaccination. Dans les pays de la Corne de l'Afrique, le nombre de cas a diminué de 95 % en Éthiopie (674 cas en 2021 versus 12 226 en 2020) et de 32 % en Somalie (4 342 cas en 2021 vs 6 414 en 2020). En Afrique australe, le Mozambique a notifié une augmentation de 25 % (5 072 cas en 2021 vs 3 787 cas en 2020). (AUBRY et GAUZERE, 2022)

Typhoïde

La fièvre typhoïde est une infection potentiellement mortelle due à la bactérie *Salmonella typhi*. Elle se propage en général par l'eau ou les aliments contaminés. Une fois la bactérie ingérée, elle se multiplie et passe dans la circulation sanguine. Les symptômes sont les suivants: fièvre prolongée, fatigue, céphalées, nausées, douleurs abdominales, constipation ou diarrhée. Certains patients peuvent présenter une éruption cutanée. Dans les cas sévères, elle peut entraîner des complications sérieuses, voire la mort. (Site 8)

Shigellose

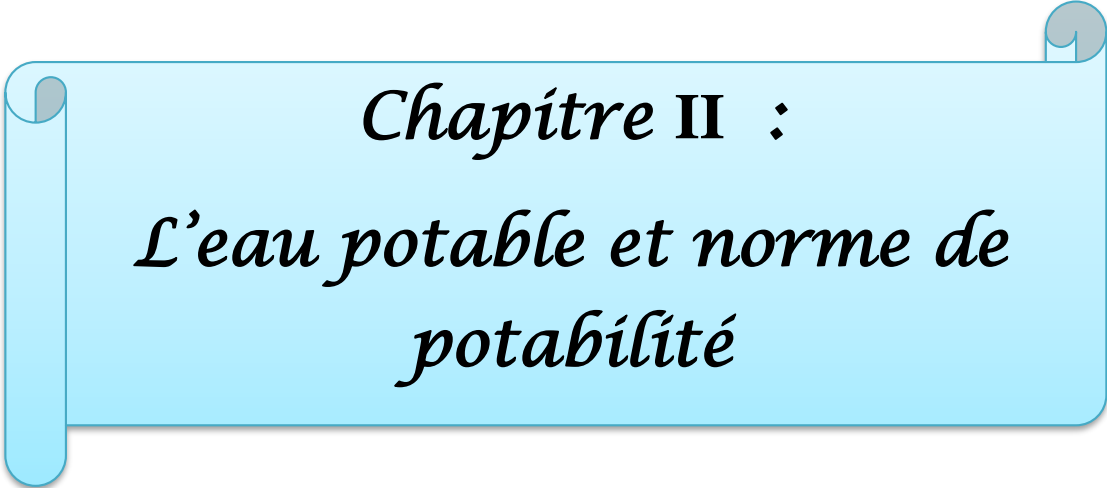
La shigellose est une maladie diarrhéique très contagieuse, responsable d'épidémies à travers le monde. La shigellose est provoquée par des bactéries nommées **Shigella** qui sont des clones spécialisés d'*Escherichia coli*. Quatre séro-groupes de *Shigella* sont décrits (*Shigella*

dysenteriae, *Shigella flexneri*, *Shigella boydii* et *Shigella sonnei*) et comprenant une cinquantaine de sérotypes. **(Site 9)**

La forme dysentérique aiguë typique de l'adulte débute brusquement, après une incubation brève. Elle se caractérise par des douleurs abdominales souvent accompagnées de vomissements et l'émission de selles très fréquentes et nombreuses, glairo-sanglantes et purulentes, voire parfois hémorragiques. La fièvre est élevée, avec altération de l'état général. **(Site 9)**

Des complications peuvent émailler l'évolution de la maladie, surtout chez le nourrisson et le jeune enfant ; elles en causent les formes graves qui peuvent aboutir à la mort du patient et sont de plusieurs ordres. **(Site 9)**

La shigellose est par excellence une maladie de l'insuffisance d'hygiène. Les shigelles sont transmises par voie féco-orale. Elles sont extrêmement infectieuses puisque 10 à 100 bacilles suffisent à provoquer la maladie. L'homme est le seul réservoir et peut éliminer ces bactéries dans ses selles pendant des semaines après un épisode dysentérique. Le plus souvent, la transmission est directe, du malade à son entourage. L'eau et les aliments souillés par des déjections contenant des bactéries. **(Site 9)**



Chapitre II :
L'eau potable et norme de
potabilité

II.1. Définition

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) : Une eau potable est une eau que l'on peut boire sans risque pour la santé. Afin de définir précisément une eau potable, des normes ont été établies qui fixent notamment les teneurs limites à ne pas dépasser pour un certain nombre de substances nocives et susceptibles d'être présentes dans l'eau. **(Bouti et Brik, 2017)**

L'eau potable peut être distribuée sous forme d'eau en bouteille (eau minérale ou eau de source, eau plate ou eau gazeuse), d'eau courante (eau du robinet) ou encore dans des citernes pour un usage industriel. **(Site 14)**

Donc toute eau destinée à la consommation humaine, qu'elle soit distribuée par un réseau public ou en bouteille, doit donc être conforme à des normes très strictes, élaborées par des spécialistes du pays, qui fixent en particulier des valeurs limites qui ne doivent pas être dépassées pour un grand nombre de paramètres microbiologiques, physiques et chimiques. **(Chocat, 2015)**

II.2. Paramètres de potabilités de l'eau

Les eaux destinées à la consommation humaine sont : les eaux de boisson, de la cuisson, de la préparation d'aliments ou d'autres usages domestiques. Les eaux sont salubres et propres si elles ne contiennent pas un nombre ou une concentration de microorganismes, de parasites ou de toutes autres substances constituant un danger potentiel pour la santé des personnes.

II.2.1. Paramètres organoleptique

II.2.1.1. La couleur

Cette analyse consiste en la détermination de l'intensité de la couleur brun jaunâtre d'un échantillon par comparaison visuelle avec une série de solutions étalons. La couleur est exprimée en mg/l de Pt représentant l'intensité de la couleur produite par les solutions étalons. **(Site 15)**

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances dissoutes, c'est-à-dire passant à travers un filtre de porosité égale à 0,45 µm. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. Les couleurs

réelle et apparente sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité. (Rodier, 2009)

II.2.1.2. L'odeur

Une eau destinée à la consommation humaine (alimentation) doit être inodore. En effet, toute odeur est un signe de pollution ou de la présence de matières organiques en décomposition. Ces substances sont en général en quantité si minime qu'elles ne peuvent être mises en évidence par les méthodes d'analyse ordinaire. Le sens olfactif peut seul, parfois, les déceler.

L'odeur peut être définie comme :

- l'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles ;
- la qualité de cette sensation particulière provoquée par chacune de ces substances.

(Rodier, 2009)

II.2.1.3. Saveur

La saveur peut être définie comme :

- l'ensemble des sensations perçues à la suite de la stimulation, par certaines substances solubles des bourgeons gustatifs,
- la qualité de cette sensation particulière provoquée par ces substances. (Rodier, 2009)

II. 2.2. Paramètres physiques

II.2.2.1. La température (T°)

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle important dans la solubilité de sels et surtout des gaz, la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique (Rodier ,2005 in Messikh et Guerraihi 2020)

II.2.2.2. Le potentiel hydrique (pH)

Le pH d'une eau permet de mettre en évidence les espèces chimiques présentes dans un échantillon. On parle alors de pH : acide, neutre ou basique. La mesure du pH est réalisée par une méthode potentiométrique en mesurant la différence de potentiel entre une électrode de verre et une électrode de référence. (Site 15)

Ce paramètre est en relation avec la concentration en ions hydrogène H^+ dans l'eau (Rejseck, 2002 in Messikh et Guerraichi 2020). Plus simplement, il mesure l'acidité ou l'alcalinité d'une eau. Les eaux naturelles sont des solutions ionisées, elle peut être acides, basiques ou neutres, leur pH est liée à la nature des terrains traversés et varie généralement entre 7,2 - 7,6 (Geujons, 1995 in Messikh et Guerraichi 2020)

II.2.2.3. Conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique de l'eau la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm² de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm. Elle est l'inverse de la résistivité électrique. (Rodier, 2009)

II.2.2.4. Minéralisation globale

La conductivité permet d'évaluer rapidement et approximativement la minéralisation globale de l'eau. (Site 15)

La minéralisation (mg/l) = 688 000 * conductivité à 20°C

Eaux fortement minéralisées ont une conductivité élevée et vis vers ça. (Cheroual, 2020)

II.2.2.5. La salinité

Les principaux sels responsables de la salinité de l'eau sont les sels : de calcium (Ca^{2+}), de magnésium (Mg^{2+}), de sodium (Na^+), les chlorures (Cl^-), les sulfates (SO_4^{2-}) et les bicarbonates (HCO_3^-). Une valeur élevée de la salinité signifie une grande quantité d'ions en solution.

La salinité peut se mesurer de deux façons, soit par les matières dissoutes totales (MDT) exprimé en mg/L ou, plus couramment, par la conductivité électrique. Cette dernière est exprimée en milli siemens/centimètre (ms/cm). (Couture, 2004)

II.2.2.6. La turbidité (transparence)

La turbidité est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières non dissoutes. La mesure de la turbidité est très utile pour le contrôle d'un traitement mais ne donne pas d'indications sur les particules en suspension qui l'occasionne. La mesure se fait par

Comparaison de la lumière diffusée et de la lumière transmise dans l'échantillon d'eau et par une gamme étalon. (Site 15)

La turbidité d'une eau est due à la présence des particules en suspension, notamment colloïdales : argiles, limons, grains de silice, matières organiques, etc. L'appréciation de l'abondance de ces particules mesure son degré de turbidité. Celui-ci sera d'autant plus faible que le traitement de l'eau aura été plus efficace. (Rodier, 2009)

II.2.3. Paramètres chimiques

II.2.3.1. Dureté totale ou titre hydrotimétrique (TH)

La dureté ou titre hydrotimétrique d'une eau correspond à la somme des concentrations en cations métalliques à l'exception de ceux des métaux alcalins et de l'ion hydrogène. Dans la plupart des cas la dureté est surtout due aux ions calcium et magnésium auxquels s'ajoutent quelquefois les ions fer, aluminium, manganèse, strontium. Elle est encore appelée dureté calcique et magnésienne ou consommation de savon. Elle s'exprime en milliéquivalents de concentration en CaCO_3 . (Rodier, 2009)

II.3. Sels minéraux dissouts

La détermination du résidu sur l'eau non filtrée permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes et en suspension d'une eau, c'est le résidu total. Si l'eau est filtrée préalablement à la mesure, le résidu correspond alors aux matières dissoutes. Le résultat obtenu est influencé par la température et la durée de la dessiccation. (Rodier, 2009)

II.3.1. Ions Calcium (Ca^{+2})

C'est le métal le plus commun du groupe des alcalinoterreux. Il est présent dans la nature et dans le corps humain, où il est indispensable à la solidité osseuse et au fonctionnement des cellules musculaires et nerveuses. (Bouti et Brik, 2017)

Élément dominant dans les eaux potables. Composant majeur de la dureté de l'eau. Il existe surtout à l'état d'hydrogencarbonates et en quantité moindre, sous forme de sulfates,

chlorures...etc. Le calcium est un élément qui contribue à la minéralisation des eaux. Sa teneur varie essentiellement suivant la nature des terrains traversés. Elle augmente pour les terrains calcaires et surtout gypseux en raison de la dissolution des formations carbonatées CaCO_3 , et des formations alluvionnaires gypseuses (CaSO_4) du Quaternaire, situées dans les dépressions. Une quantité élevée de calcium dans l'eau peut causer un entartage des conduites. Les eaux potables de bonne qualité ayant des teneurs en calcium comprennent entre 100 et 140 mg/l. **(Bouti et Brik, 2017)**

II.3.2. Ions Magnésium (Mg^{+2})

Est un élément indispensable pour la croissance. Une grande quantité de magnésium dans l'eau peut engendrer en combinaison avec les sulfates un goût désagréable. Ses origines sont comparables à celle du calcium, car il provient soit de la dissolution des formations carbonatées à fortes teneurs en magnésium (magnésite et dolomite), soit des formations salifères riches en magnésium « MgSO_4 ». **(Bouti et Brik, 2017)**

II.3.3. Ions de Sodium (Na^+)

Cet élément origine de l'altération de la roche et du sol, des intrusions d'eau de mer, des eaux traitées et des systèmes d'irrigation. **(Couture, 2004)**

Pour le sodium contenu dans les eaux de boissons il faut souligner que les valeurs limitées varient en fonction de ressources disponibles et des habitudes alimentaires. Cet élément est le plus abondant des éléments alcalins. Ces composés largement répandus dans la nature représentent 26 kg de la croûte terrestre. Le sodium provient de la lixiviation des formations géologiques contenant du chlorure de sodium. Peut aussi provenir de la décomposition des sels minéraux comme les silicates de sodium et d'aluminium. **(Bouti et Brik, 2017)**

II.3.4. Ions de Potassium (K^+)

Alcalin, d'aspect blanc métallique, légèrement bleuté ; assez abondant sur terre mais peu fréquent dans les eaux. En effet, il est facilement adsorbé et recombinaison dans les sols (sur les argiles notamment). de ce fait sa présence provient de l'altération des formations argileuses des alluvions quaternaires, des argiles potassiques et de la dissolution des engrais chimiques. Le potassium a un effet laxatif, mais il donne un léger goût. **(Bouti et Brik, 2017)**

II.3.5. Ions Bicarbonates (HCO_3^-)

Le bicarbonate dans l'eau provient de la dissolution du gaz carbonique dans les sources naturelles. Plus il y en a, plus l'eau est gazeuse. Le bicarbonate agit sur l'acidité gastrique, et il permet de donner au sang un pH stable. [\(Site 16\)](#)

II.3.6. Ions Chlorures (Cl⁻)

La présence de chlorures dans les eaux naturelle peut être attribuée à la dissolution de dépôt de sel gemme, aux effluents de l'industrie chimique, aux rejets des égouts chacune de ces sources de pollution peut contaminer localement les eaux de surface et les eaux souterraines. Une présence excessive de chlorure dans l'eau, la rend corrosive pour les réseaux de distribution et nocive pour les plantes. Une forte fluctuation des chlorures dans le temps peut être considérée comme indice de pollution. [\(Bouti et Brik, 2017\)](#)

II.3.7. Ions Sulfates (SO₄⁻²)

La teneur en sulfates dans l'eau est liée aux composés alcalins. Leur présence résulte de la légère dissolution des sulfates de calcium des roches gypseuses, de l'oxydation des sulfates dans les roches (pyrites), des matières organiques par d'origine animale. Le cycle de soufre débute par décomposition des divers déchets organiques par des bactéries hétérotrophes qui libèrent en dernier. Selon l'intolérance des consommateurs, l'excédé de sulfates dans l'eau peut entrainer des troubles intestinaux. Les concentrations admissibles en sulfates sont de l'ordre de 400 mg/l. [\(Bouti et Brik, 2017\)](#)

II.4. Les paramètres des pollutions des eaux

II.4.1. Ions Phosphates (PO₄⁻³)

Ils peuvent être d'origine naturelle (produit de décomposition de la matière vivante, lessivage de minéraux) mais, à l'heure actuelle, leurs présences dans les eaux sont plutôt d'origine artificielle (engrais, poly phosphates des formulations détergentes, industries agroalimentaires, traitements de surface). [\(Bouti et Brik, 2017\)](#)

Le phosphore peut exister dans les eaux à l'état dissous ou en suspension. Le phosphore total dissous comprend le phosphore organique et le phosphore inorganique qui lui-même inclut les ortho phosphates et les poly phosphates. [\(Rodier, 2009\)](#)

II.4.2. Ions Ammonium (NH_4^+)

L'ammonium (NH_4^+) est la forme ionisée de l'azote ammoniacale. Il est relativement fréquent dans les eaux et traduit habituellement un processus de dégradation incomplète de la matière organique (décomposition des déchets végétaux et animaux). L'ion ammonium se transformant assez rapidement en nitrates et nitrites par oxydation, sa teneur dans les eaux de surface est normalement faible. Une forte présence d'azote ammoniacal est l'indice d'une pollution par des rejets d'origine humaine ou industrielle. (Site 21)

II.4.3. Ions Nitrates (NO_3^-)

Toutes les formes d'azote sont susceptibles d'être à l'origine des nitrates par un processus d'oxydation biologique. (Site 15)

Les nitrates (ou azote nitrique) représentent la forme azotée souvent la plus présente dans les eaux naturelles. Les nitrates constituent la composante principale de l'azote inorganique (N inorganique) ou minéral, lui-même inclus majoritairement dans l'azote global (NGL) ou azote total (NT) avec une autre composante, l'azote organique (Norganique). (Rodier, 2009)

II.4.4. Ions Nitrites (NO_2^-)

Les nitrites proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiante. Une eau qui renferme des nitrites est à considérer comme suspecte. (Site 15)

Suivant l'origine des eaux, la teneur en nitrites est assez variable. La méthode à la sulfanilamide a une sensibilité de l'ordre de quelques microgrammes par litre. (Rodier, 2009)

II.5. Paramètres bactériologiques

L'eau potable ne doit contenir aucun germe pathogène le micro-organisme en souvenant intermittent de la contamination (Bouti et Brik, 2017)

II.5.1. Les germes totaux

Appelées aussi **Germes aérobies revivifiables**. Ils n'ont pas d'effets directs sur la santé, mais sous certaines conditions ils peuvent générer des problèmes dans les systèmes de dialyse. Leur présence en grand nombre est le signe d'une dégradation de la qualité de l'eau, soit à la ressource, soit dans le réseau. (Site 17)

II.5.2. Les coliformes

Les coliformes totaux sont des entérobactéries qui incluent des espèces bactériennes qui vivent dans l'intestin des animaux homéothermes, mais aussi dans l'environnement en général (sols, végétation et eau). Ce groupe bactérien est utilisé comme indicateur de la qualité microbienne de l'eau parce qu'il contient notamment des bactéries d'origine fécale, comme *Escherichia coli* (*E. coli*). ([Site 22](#))

II.5.3. Les streptocoques fécaux

La contamination des eaux souterraines par des matières fécales provoque des risques épidémiologiques dans la population. L'analyse de routine d'*Escherichia coli* et des streptocoques fécaux permet de déceler toute contamination fécale. ([Lièvre et al, 1992](#))

Ce sont des bactéries sphériques groupées en paires ou en chaînes, gram positif, catalase négatif et anaérobies facultatives. Elles ne forment pas d'endospores et certaines espèces font preuve de mobilité. ([DOUIS, 2017](#))

II.5.4. Les clostridium sulfito-réducteurs (CSR)

Sont des micro-organismes anaérobies sporigènes, ces germes ont la particularité de développer une forme de résistance : les spores. Ils se retrouvent dans les matières fécales, les sols et les rivières. ([Site 17](#))

II.5.5. *Escherichia coli*

Escherichia Coli fait partie du groupe des coliformes totaux et consiste le seul membre de ce groupe que l'on trouve spécialement dans les matières fécales des humaines et des animaux. Leur présence dans l'eau indique en présence de matières fécales. ([DOUIS, 2017](#))

II.6. Classification des eaux de consommation

Généralement les eaux destinées à la consommation humaine sont en priorité des eaux souterraines ou sinon des eaux de surface. Dans certaines conditions, les eaux de mer peuvent être utilisées, après dessalement. ([BELALOU, 2020](#))

II.6.1. Eau de robinet

L'eau du robinet, ou eau de distribution ou parfois eau courante, est une eau potable plate distribuée directement chez l'utilisateur (ménages, entreprises, bâtiments publics, etc.). Elle est

transportée par un réseau de canalisations depuis son point de captage (source, forage, rivière, etc.). ([Wikipedia](#))

II.6.2. Eau en bouteille

L'eau en bouteille ou eau embouteillée est une eau conditionnée dans des bouteilles (bonbonnes parfois) destinée à la consommation humaine. Il existe plusieurs catégories d'eau embouteillée, chacune devant répondre à une conformité aux réglementations (qui varient selon les pays). ([Wikipedia](#))

II.7. Les normes relatives à la potabilité organoleptique de l'eau

II.7.1. Normes relatives à la potabilité physique et chimique d'eau

Tableau 01 : Normes OMS et algériennes des paramètres physico-chimique pour l'eau Potable OMS 2006 et JORA (2014)

Substances	Unité	Normes OMS	Normes algériennes
Couleur	mg/l platine	Pas de valeur guide	15
Odeur à 25°C	Taux dilution	Acceptable	4
Saveur à 25°C	Taux dilution	Acceptable	4
Turbidité	NTU	5	5
Température	C°	25	25
Calcium	mg/l	/	200
Magnésium	mg/l	/	150
Chlorure	mg/l	250	500
ions hydrogène	Ph	6.5-9.5	6.5-9
Dureté	mg/l de CaCO ₃	200	500
Conductivité à 20°C	µS/cm	pas de norme	2800
Ammonium	mg/l	Pas de contraintes	0.5
Potassium	mg/l	250	12
oxygène dissous	O ₂ %	Pas de valeur guide	Pas de valeur guide
Fluorure	mg/l	1.5	1.5
Fer	mg/l	Pas de valeur guide	0.3
Nitrate	mg/l	50	50
Sulfate	mg/l	500	400

Sodium	mg/l	Pas de valeur guide	200
Phosphore	mg/l	pas de norme	5
Résidu sec	mg/l	/	1500

II.7.2. Normes relatives à la potabilité bactériologique de l'eau

• L'eau doit être exempte d'organismes pathogènes et d'organismes indicateurs d'une contamination fécale, tels les bactéries coliformes fécales, les bactéries *Escherichia coli*, les bactéries entérocoques et les virus coli phages F-spécifiques.

• L'eau ne doit pas contenir plus de 10 bactéries coliformes totales par 100 millilitres d'eau prélevée, lorsqu'on utilise une technique permettant de faire le dénombrement. (Site 18)

II.7.3. Normes de substances indésirables d'une eau potable

Leur présence est cependant tolérée tant qu'elle reste inférieure à un certain seuil (le fluor F- et les nitrates par exemple). (Site 18)

Une eau potable doit être exempte de germes pathogènes (bactéries, virus) et d'organismes parasites, car les risques sanitaires liés à ces micro-organismes sont grands. Elle ne doit contenir certaines substances chimiques qu'en quantité limitée : il s'agit en particulier de substances qualifiées d'indésirables ou de 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. À l'inverse, la présence de certaines substances peut être jugée nécessaire comme les oligo-éléments indispensables à l'organisme.

Une eau potable doit aussi être une eau agréable à boire : elle doit être claire, avoir une bonne odeur et un bon goût. Pour avoir bon goût, il lui faut contenir un minimum de sels minéraux dissous. Enfin, elle ne doit pas corroder les canalisations afin d'arriver "propre" à la sortie des robinets. (Site 20)

II.7.4. Normes des paramètres de pollution d'une eau potable

Tableau0 2: Normes OMS des paramètres bactériologique pour l'eau Potable OMS 2017

Substances (Ions)	Unité	Normes OMS
-------------------	-------	------------

Ammonium	/	absence de valeur guide définie
Nitrates	mg/l	50
Nitrites	mg/l	3

II.7.5. Normes de substances toxiques d'une eau potable

Le plomb, le chrome, l'arsenic (Ars), le cadmium (Cd) en font partie. Les teneurs tolérées sont extrêmement faibles, parfois de l'ordre du millionième de gramme par litre. (Site 19)

Tableau03: Normes OMS des paramètres de substances toxiques pour l'eau Potable OMS 2017

Substances (Ions)	Unité	Normes OMS
Plomb	µg/l	10
Chrome	µg/l	50
Arsenic	µg/l	10
Cadmium	µg/l	5

II.8. Les normes algériennes de l'eau potable

Tableau 04: Normes OMS des différents paramètres pour l'eau Potable JORA 2014

GRUPE DE PARAMETRES	PARAMETRES	Unité	Valeur limite
Paramètres chimiques	Mentionné au Tableau (01)		
paramètres microbiologiques	Escherichia Coli	n/100ml	0
	Enthérocoques	n/100ml	0
	Bactéries sulfitoréductices y compris les spores	n/20ml	0
Paramètres Organoleptiques	couleur	mg/l platine	15
	Turbidité	NTU	5
	Odeur à 25 °C	Taux dilution	4
	Saveur à 25 °C	Taux dilution	4
Paramètres physico-chimiques en relation avec la structure naturelle des eaux	Alcalinité	mg/l CaCO ₃	65 pour les eaux dessalées ou déminéralisées (valeur minimale)
	Calcium	mg/l	200
	Chlorure	mg/l	500

	Concentration en ions hydrogène	Unité pH	$\geq 6,5$ et ≤ 9
	Conductivité à 20 °C	$\mu\text{S}/\text{cm}$	2800
	Dureté (TH)	mg/l en CaCO_3	500
	Fer total	mg/l	0.3
	Manganèse	$\mu\text{g}/\text{l}$	50
	Phosphore	mg/l	5
	Potassium	mg/l	12
	Sodium	mg/l	200
	Sulfates	mg/l	400
	Température	°C	25



Partie expérimentale



Chapitre III :
Matériel et Méthodes

III. Présentation de la région d'étude

III.1 Cadre géographique général

Oued M'ZI constitue l'un des plus importants cours d'eau dans l'Atlas Saharien Central, il prend sa source au niveau d'Aflou dans le massif de Djebel Amour, vers le Sud-est de Laghouat il rejoint l'Oued Messaad il prend le nom de l'Oued Djedi qui se débouche dans le Chott MELGHIR au sud de Biskra après un parcours de 450 Kms formant ainsi un système endoréique typique des régions arides et semi-aride. (F SolielHavoup1974)

III.1.1. Situation géographique de la zone d'étude

Elle s'étend sur le territoire de quatre communes de la partie sud de la wilaya de Laghouat (Laghouat, El Assafia, Ben Nacer Ben Chohra et Ksar El Hirane).

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

Au nord par la wilaya de Tiaret, à l'ouest la wilaya d'El Beidh, au sud par la wilaya de Ghardaïa et à l'est par la wilaya de Djelfa.

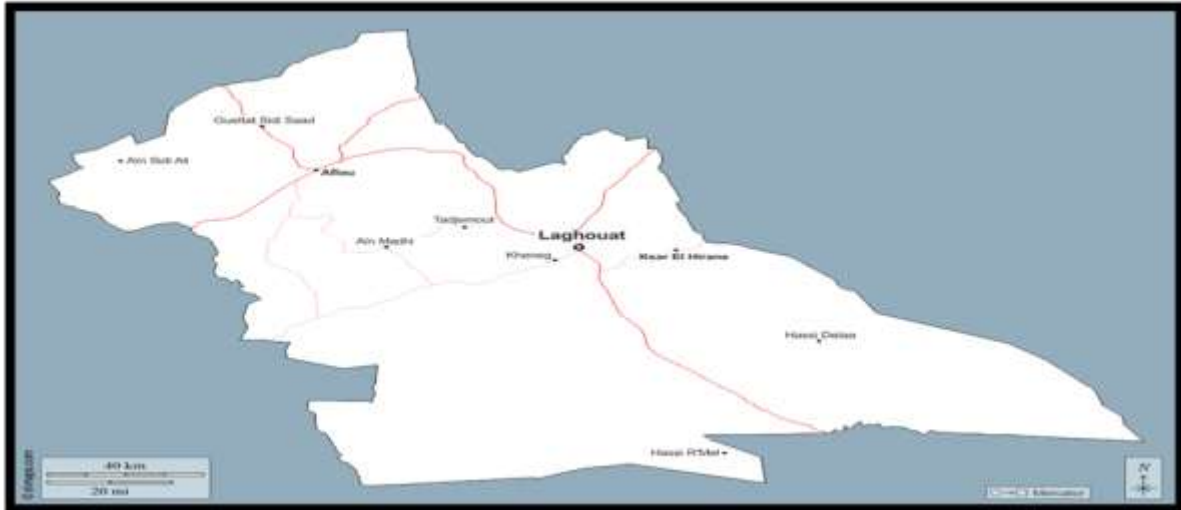


Figure 07: Laghouat principales villes (Site23)

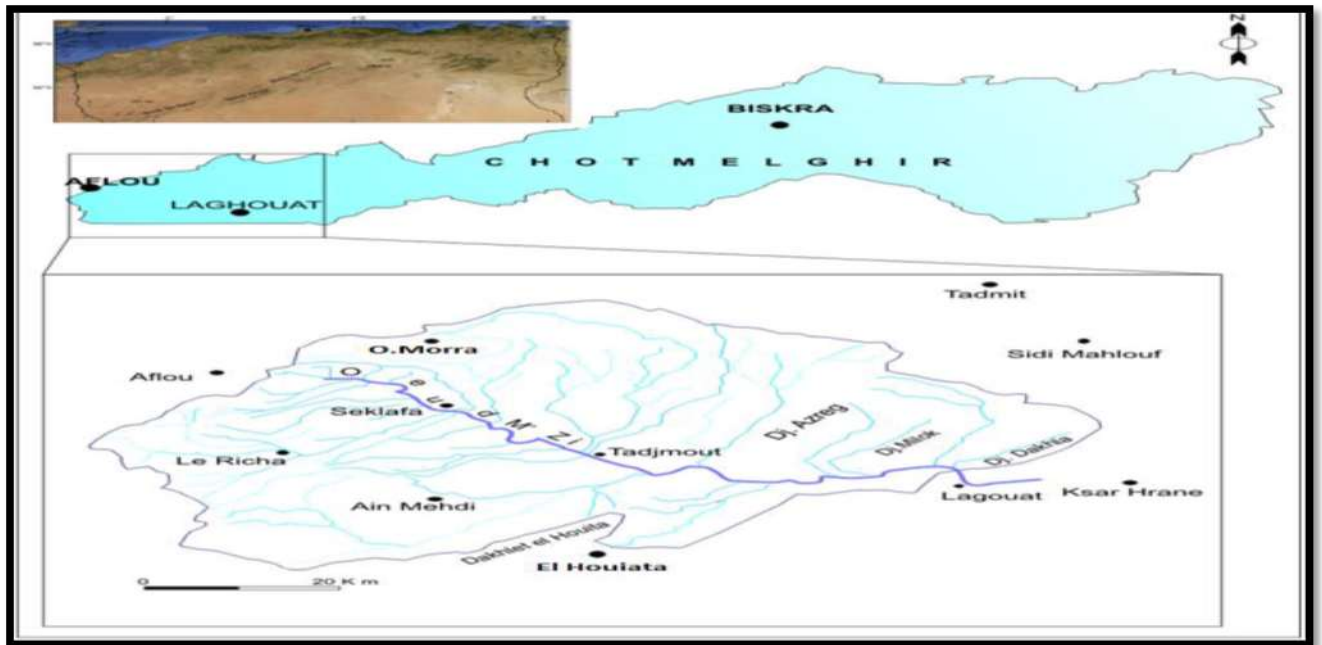


Figure 08: Situation géographique du bassin d'Oued M'Zi

III.1.2. Situation de l'alimentation en eau potable (AEP) de la région d'étude

Tableau 5: Comparaison entre AEP et Assainissement au niveau de wilaya de Laghouat

Commune	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
Ben Nasser Ben Chohra	1 228	24 101	96	1 618	20,60	98
El Assafia	1 622	45 085	95	2 880	44,55	97

Pour l'alimentation en eau potable presque toutes les zones de la région reçoivent une dotation moyenne réelle de 135L/j/ habitants, et le taux de raccordement au réseau est de 94% ; ce réseau est long de 1094,9km avec une capacité de stockage : 2390 l/s et 99167 foyers sont raccordés à ce réseau.

En ce qui concerne l'assainissement, les pourcentages indiquent que la majorité des zones sont raccordées par le réseau en eau potable. Il y a des zones non raccordées, allant de 2 à 7 %, ce qui indique qu'il y a certaines personnes ont bénéficié de raccordement d'approvisionnement

en eau potable et ne sont pas inscrites au raccordement à l’ADE. (HADDAR, GUETTAL, 2022)

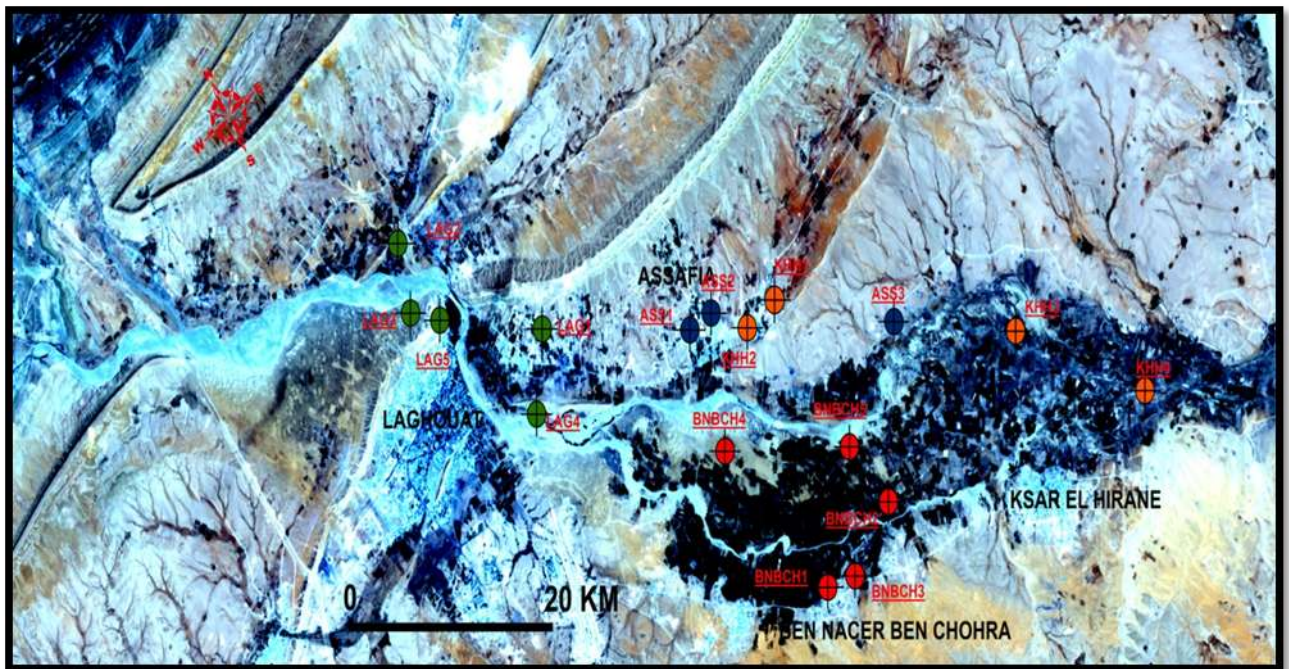


Figure 09: Carte de positionnement des forages de la zone d’étude sur image satellite

Tableau 6: Site de prélèvement

Laghouat	El Assafia	BEN NASER BEN CHHRA	KSAR HIRANE
BORDJE SNOUCI	El Assafia	BEN NASER BEN CHHRA LYCEE F1	KSAR HIRANE F1
CHAPAU GENDAREME	ASSAFIA CHARGIA F1	BEN NASER BEN CHHRA MARGOUBE F2	KSAR HIRANE F2
DJBAL LAHMAR	ASSAFIA GHARBIA F 2	BEN NASER BEN CHHRA GRIB F	Tauanza
SIDI HAKOUM F1		El fatha	khabeg
EL MERDJA		El Mkharreg	

III.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 les déchets ;
- * Ouvrir le robinet à son débit maximum et laisser l'eau s'écouler pendant 01 à 02 minutes ;
- * Fermer le robinet. Stériliser le robinet pendant 01 minute avec un coton imbibé d'alcool enflammé ;
- * Ouvrir doucement le robinet et laisser l'eau s'écouler à un débit moyen pendant 01 à 02 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 son analyse ;
- * Fermer le flacon avec un bouchon qui sera recouvert par son enveloppe de protection ;
- * Inscrire sur l'étiquette les indicateurs nécessaires à l'identification du prélèvement. (Rodier et al, 2005)



Photo 01: Les prélèvements d'eau pour faire l'analyses physico-chimiques

III.3. Matériel et méthodes d'analyses

III.3.1. Matériel et méthodes d'analyses physico-chimiques

Tableau 7:Matériel utilise dans l’analyse physico-chimique

Les verreries	Les appareils	Les solution et Réactifs	Indicateurs colorés
Béchers Entonnoirs Éprouvettes graduées, erlenmeyer fioles jaugée flacons pipettes graduées pipettes pasteur burettes tubes à essais distributeur pissettes spatules	Autoclave balance étuve hotte chimique micropipettes pH mètre thermomètre plaque chauffante conductimètre turbidimètre (HACH 2100N) spectrophotomètreUV6Visibl e photométrie de la flamme.	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 tampon ammoniacale Solution stabilisante Calcon+Na Cl DPD (N, N-Diéthylphénylène-4diamine) Réactif mixte.	Indicateur coloré K ₂ CrO ₄ -NET méthyle d’orange chromate de potassium.

III.3.1.1. Paramètres organoleptique

III.3.1.1.1 La couleur

III.3.1.1.1.1 Domaine d’application

Cette méthode s’applique à la détermination de la couleur dans les eaux souterraines, les eaux de surface, les eaux usées et l’eau potable. Le domaine d’application se situe entre 1,0 et 100 unités de couleur vraie (UCV). On peut étendre le domaine d’application en effectuant les dilutions appropriées.

III.3.1.1.1.2 Principe

Il existe deux types de mesure de la couleur : la couleur vraie et la couleur apparente.

- La couleur vraie est la couleur d'une eau non turbide qui ne contient aucune matière en suspension.
- La couleur apparente est la couleur d'une eau qui contient de la matière en suspension. La couleur apparente est mesurée sur l'échantillon original qui n'a subi aucun prétraitement (filtration ou centrifugation).

Généralement, dans l'eau potable, les eaux de surface et les eaux souterraines, la mesure effectuée est la couleur vraie. L'échantillon est centrifugé, et on mesure la couleur d'après l'échelle platino-cobalt en comparant la couleur de l'échantillon à celle d'une série de solutions étalons ([Site 26](#))

III.3.1.1.2 L'odeur

L'odeur de l'eau potable peut être affectée par les procédés de purification de l'eau, qui peuvent transformer des substances à faible odeur en d'autres substances très odorantes, comme les chlorophénols et les chloramines. Les odeurs peuvent également être produites par la prolifération d'organismes nuisibles, comme les bactéries du fer et du soufre, ou par des réactions chimiques lentes et des phénomènes hydrauliques. Le mauvais goût et la mauvaise odeur de l'eau peuvent également provenir des minéraux naturels, de matière organique ou de la contamination provoquée par l'homme. L'odeur d'œufs pourris peut indiquer la présence de sulfure d'hydrogène (H_2S). ([Site 27](#))

III.3.1.1.3 Le saveur

L'eau potable est donc une eau propre à la consommation, mais cela ne garantit pas qu'elle présente un goût satisfaisant pour le consommateur.

Ainsi, les éléments chlorés qui sont utilisés à l'étape du traitement des eaux pour répondre aux normes de potabilité peuvent dégager un léger arrière-goût ou odeur parfois jugés désagréables.

Pour remédier à ce problème de goût, des techniques pour traiter l'eau potable chez soi existent. On peut citer notamment la filtration (avec une carafe filtrante, un filtre sur robinet ou un filtre sous l'évier) ou encore l'osmose inverse, qui permettent de donner à l'eau un goût neutre et agréable. ([Site 28](#))

III.3.1.2 Paramètres physiques**III.3.1.2.1 Mesure de la température**

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

Lors de la lecture de la température de l'eau, il faut :

- Prélever un échantillon d'eau dans une bouteille en verre ou en plastique de 125 ml à large ouverture ;
- Plonger un thermomètre dans l'échantillon et attendre au moins 3 minutes afin que la température se stabilise ;
- Lire la T en tenant la bouteille et le thermomètre au niveau des yeux et en laissant l'extrémité du thermomètre immergée dans l'échantillon ;
- Consigner la T à 0,5°C (graduation adéquate) près. N'utiliser que des thermomètres étalonnés. (Québec, 2007)

Elle se fait à l'aide d'une sonde de T qui est connectée au pH mètre.

III.3.1.2.2 Le pH**III.3.1.2.2.1 Principe**

Sa mesure se fait selon deux méthodes :

1) méthode colorimétrique : tremper la bandelette de papier indicateur détachée pendant quelques secondes dans la solution à examiner, comparer la coloration de la bandelette avec l'échelle des couleurs.

2) Méthode électrométrie : - le pH mètre fonctionne grâce à une source d'énergie (pile, secteur,);

- Appuyer sur la touche "ON" pour mettre l'appareil sous tension ;

- Immerger la sonde de pH dans un bécher contenant la solution étalon pH 7 à 25°C ;

- Quand le chiffre "7,0" apparaît sur l'écran ;

- Retirer la sonde et la rincer avec l'eau distillé ;

-Sécher et plonger dans l'échantillon. La valeur du pH est directement affichée.

Tableau 8: Classification des eaux d'après leur pH

pH<5	Acidité forte = présent d'acidités minérales ou organiques dans les eaux Naturelles
pH=7	pH neutre
7 < pH < 8	Neutralité approchée = majorité des eaux de surface
5,5 < pH < 8	Majorité des eaux souterraines
pH =8	Alcalinité forte, évaporation intense

(Lignes directrices, 2008)

III.3.1.2.2.2 Matériel

PH mètre de paillasse HACH, Bécher.



Photo 02: pH mètre pour mesure le pH et la température

III.3.1.2.2.3 Réactifs

Tampon pH = 4,

Tampon pH = 7,

Tampon pH = 10.

III.3.1.2.2.4 Mode opératoire

Etalonnage de l'appareil :

- _ Rincer l'électrode de pH avec l'eau distillée ;
- _ Placer l'électrode dans la solution tampon pH = 7 ;

_ Attendre que la mesure se stabilise ;

_ Ré-étalonner de la même manière avec les solutions tampon pH =10 et pH = 4.

Après avoir étalonné le pH-mètre avec trois solutions tampon de pH égale à 4, 7 et 10.

On introduit l'électrode de l'appareil dans bêcher qui contient de l'eau à analyser. La lecture se fait après stabilité de la valeur affichée. (CHANAH, 2019)

III.3.1.2.3. La conductivité électrique

III.3.1.2.3.1 Principe :

La détermination de la conductivité se fait par la mesure de la résistance électrique de la solution. Un voltage est appliqué entre deux électrodes plongées dans l'échantillon, et le chute du voltage due à la résistance de la solution est utilisée par calculer la conductivité par cm.

L'unité de mesure de la conductivité est le Siemens. Dans les solutions aqueuses on utilise fréquemment le milli siemens /centimètre ou le micro siemens/centimètre.

III.3.1.2.4. Détermination de la minéralisation

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 et bicarbonate. (L'équipe technique du réfea)

La minéralisation d'une eau représente la quantité totale de sels dissous exprimée en mg/L d'eau. Le résidu sec à 180°C est un bon témoin de la teneur en sels minéraux. La minéralisation peut être comprise entre quelques mg et g/L.

Elle doit être constante dans le temps mais peut être variée de quelques mg/L à quelques dizaines, voire, exceptionnellement, une certaine de mg/L, ce qui permet de distinguer, sur la base de ce critère, cinq catégories :

Tableau 09: Classification des eaux d'après leur minéralisation

Les eaux très faiblement minéralisées	Minéralisation inférieur à 50mg/L
Les eaux faiblement minéralisées	Minéralisation compris entre 50 et 500 mg /L
Les eaux moyennement minéralisées	Minéralisation compris entre 500 et 1000 mg /L
Les eaux minéralisées	Minéralisation compris entre 1000 et 1500 mg /L
Les eaux fortement minéralisées	Minéralisation supérieur 1500 mg/L

(Lignes directrices, 2008)

III.3.1.2.5. La salinité

La salinité des eaux naturelles est déterminée par les électrolytes qui y sont dissous, dans les principaux sont les anions : bicarbonates, chlorures et sulfates et les cations : calcium, magnésium, sodium et potassium. (Site 24)

La salinité de l'eau peut être mesurée à l'aide d'un salinomètre de poche ou envoyant des échantillons à un laboratoire pour analyse. La salinité est mesurée en lisant la conductivité électrique de l'eau. Plus le niveau de sel est élevé, plus la conductivité est élevée. Les mesures de la salinité de l'eau sont exprimées en « m S/cm » ou parfois en (μ S/cm).

Conversion. $1 \text{ m S/cm} = 1,000 \mu\text{S/cm}$

Pour convertir m S/cm en μ S/cm, multipliez par 1000. (Site 25)

III.3.1.2.6. TDS

Déterminez le TDS dans le même appareil qui mesure la conductivité

III.3.1.2.6.1 Mode opératoire :

- Opérer de la verrerie rigoureusement propre et rincée, avant usage avec 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 analyser ;
- Faire la mesure dans un deuxième récipient en prenant sois que les électrodes de platine soient complètement immergées ;
- Il suffit d'appuyer 02 fois sur le bouton. Ensuite, les mesures des solides totaux dissous apparaissent dans l'appareil.
- Le résultat est donné directement en μ S/cm.



Photo 03: Conductivité mètre pour mesure la conductivité et TDS

III.3.1.2.7. Turbidité

III.3.1.2.7.1 Principe

La détermination de la turbidité mesure une propriété optique de l'eau qui résulte de la dispersion et de l'absorption de la lumière par les particules de matière en suspension présentes. La quantité de turbidité mesurée dépend des variables telles que la taille, la forme et les propriétés de réfraction des particules.

III.3.1.2.7.2 Mode opératoire :

- Mettre l'appareil sous tension ;
- Entrer le numéro "750" du programme mémorisé pour la turbidité ;
- Ajouter la longueur d'onde à 680 nm ;
- Placer le blanc (25 ml d'eau distillée) ;
- Ajuster le zéro de l'appareil en appuyant sur la touche "0" ;
- Retirer le blanc et placer 25 ml de l'échantillon filtré (couleur vraie)
- Ou 25 ml de l'échantillon non filtré (couleur apparente) ;
- Appuyer "READ" et le résultat en UNITES pt Co AMHA s'affiche. (SAMAKE, 2001)

Tableau 9:Classes de turbidité usuelles(NTU)

UNT < 5	Eau claire
5 < NTU < 30	Eau légèrement trouble
NTU > 50	Eau trouble
NTU	La plupart des eaux de surface en Afrique atteignent ce niveau de turbidité

(Lignes directrices, 2008)



Photo 04: Turbidimètre de paillasse HACH pour mesure de la turbidité

III.3.1.3. Paramètres chimiques

III.3.1.3.1. Dureté

La dureté de l'eau, fonction de la teneur de cette eau en Ca^{2+} et Mg^{2+} , Se détermine par le dosage de ces ions.

Le dosage global de Ca^{2+} et Mg^{2+} conduit à la dureté totale. Les dosages séparés permettent d'apprécier la dureté calcique et la dureté magnésienne.

III.3.1.3.1.1 Dosage de la dureté totale (T H)

III.3.1.3.1.2 Mode Opérateur

- Introduire 50 ml de l'échantillon dans fiole ;
- Ajouter 4 ml de la solution tampon et 3 gouttes de l'indicateur mordant noir 11 ;
- La solution prendra une couleur rouge foncé ;
- Titrer immédiatement à l'aide de solution d'EDTA (10mM) ;
- Le point final de virage est atteint lorsque la dernière nuance rouge à disparu ;

-La couleur ne doit plus changer par addition d'une goutte supplémentaire de la solution d'EDTA.

III.3.1.3.1.3 Expression des résultats

La teneur globale en calcium et en magnésium (C ca + Mg) est donnée par l'équation :

$$C_{Ca + Mg} \text{ (mg/L)} = C_1 V_1 / V_0$$

C ca + Mg : La teneur globale en calcium et en magnésium (mg/L).

C1 : La concentration de la solution de l'EDTA (m M/L).

V0 : Volume de l'échantillon (ml).

V1 : Volume de la solution de l'EDTA (acide -éthylène diamine tétra-acétique) utilisé pour le titrage (ml) ;(ISO 6059-1984(F)) (**RAMDANE et TIGUERCHA, 2014**)

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

$$C_1 V_1 = C_2 V_2 \Rightarrow N_1 V_1 = N_2 V_2$$

$$\Rightarrow N_1 = \frac{N_2 V_2}{V_1}$$

$$[TH] = \frac{N(EDTA) \cdot V(EDTA)}{V(\text{Échantillon})} = [TH] \times 50$$

III.3.1.3.2. Dosage du Calcium (Ca+2)

III.3.1.3.2.1 Principe

Titration molaire des ions calcium et magnésium avec une solution de sel disodique l'acide éthylène diamine tétra-acétique (EDTA) à pH =10. Le noir érichrome T, qui donne une couleur rouge foncé ou violette en présence des ions calcium et magnésium, est utilisé comme indicateur.

III.3.1.3.2.2 Mode opératoire

_On prélève 50 ml de l'eau à analyser à l'aide d'une pipette Pasteur et on la vide dans un bécher ;

_Ajoute 25 ml d'eau distillée + 1ml solution ;

_Ajoute 03 gouttes de solution d'hydroxyde de sodium (Na OH, pH = 12) et une pincée de calcon Na cl ;

_Titre avec l'EDTA goutte à goutte jusqu'au virage violet au bleu.

$$\text{Ca}^{+2} = \text{Volume EDTA} \times \text{Normalité EDTA} \text{ volume de l'eau à analyser} \times 1000.$$

III.3.1.3.3. Détermination de Mg⁺²

$$\text{Mg}^{+2} = \frac{TH}{50} - \frac{Ca^{2+}}{20,04} \times 12,16$$

III.3.1.3.4. Dosage du Sodium (Na⁺) et du Potassium (K⁺)

La photométrie de la flamme est des procédés le 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 des sels. L'analyse se fait en portant de leurs solutions.

Matériel : Appareil Dr LANGE (JENWAY)

Préparation des étalons :

Solution fille de sodium (Na⁺) à 10 mg/L de la solution mère de Na⁺ cl à 1000mg/L dans 10 ml d'eau distillée.

(2,54 de Na cl 1000cc H₂O distillée : Solution mère de Na à 1 g/L).

Solution fille de potassium (K⁺) à 10 mg/L : de la solution mère de K cl à 1 g/ L dans 10 ml d'eau distillée.

(1,91 de K cl 1000cc H₂O distillée : Solution mère de K⁺ à 1 g/L).

Nous préparons des solutions mères standard pour chaque cas en dissolvant 254 mg/L

Na cl : 190,7 mg / K cl.....532, 5 mg/ Lico₃ dans trois différentes éprouvettes de 100 ml et complétons avec de l'eau (équivalent à 100 ppm).

Dans chaque cas, prendre 5 flacons de 100 ml différents et ajouter 5-10-15-20-25 ml de solution mère et diluer avec de l'eau distillée pour obtenir une solution de différentes concentrations (5-10-15-20ppm).

- Allumer l'appareil à l'aide de bouton vert (power) ;
- Ouvrir le robinet de la bouteille du gaz ;
- Allumer de la flamme à l'aide du bouton noir "IGNITON" 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 jaune à 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 le remplacement par une autre cuvette remplie par une solution étalon Na^+ ou du K^+ à 10 mg/L ;
- Optimiser à 10mg/L à l'aide du bouton « FINE » ;
- Retirer la cuvette remplie par une solution étalon de Na^+ ou du K^+ à 10 mg/L et la remplacer par une cuvette remplie par l'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 du K^+ à 10 mg/L et vérifier si l'écran affiche (0) ;
- 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 soit stable (03 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. (ADE, 2023)



Photo 05: Photométrie de la flamme pour le dosage du Sodium (Na^+) et du Potassium (K^+)

III.3.1.3.5. Détermination du Bicarbonates (HCO_3^-)

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

III.3.1.3.5.1 Principe

La détermination des volumes successifs d'acide fort en solution diluée nécessaire pour neutraliser, aux pH 8,3 et 4,3, le volume de l'eau à analyser.

La première détermination sert à calculer le titre alcalimétrique (TA), la seconde à calculer le titre alcalimétrique complet (TAC). (MEKHLOUFI et OUANOUGH, 2016)

III.3.1.3.5.2 Réactifs

_ Indicateur méthyle d'orange ;

_ L'acide sulfurique.

III.3.1.3.5.3 Technique

*pH < 8,2

* Mettre 10 ml d'eau à analyser à l'aide d'une pipette et ajouté dans un Bécher ;

* Ajoute 05 gouttes de l'indicateur méthyle d'orange ;

* Titre par la solution d'acide sulfurique 0,2N jusqu'à obtention de la couleur jaune orangé ou rouge brique ;

* Noter le volume équivalent V.

III.3.1.3.5.4 Expression des résultats :

$$FG = V_a \times N_a \times M_{\text{HCO}_3^-} \times 1000 / PE$$

$$FG = V_a \times 0,1 \times 61 \times 1000 / 100$$

V_a : Volume d'acide versé.

N_a : Normalité d'acide versé.

M_{HCO₃⁻} : masse des bicarbonates

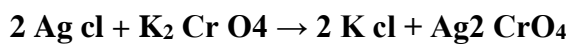
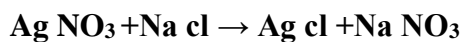
PE : Prise d'essai. (ADE, 2023)

III.3.1.3.6. Détermination des chlorures (Cl⁻)

III.3.1.3.6. 1 Principe

Les ions chlorure réagissent avec les ions argent pour former du chlorure d'argent insoluble précipitant quantitativement.

Durant le titrage, le pH est maintenu entre 5 et 9,5, afin de permettre la précipitation. (Mekhloufi ET Ouanough, 2016)



III.3.1.3.6.2 Mode opératoire

- Prendre 10 ml d'eau à analyser à l'aide de pipette ;
- Ajouter 5 gouttes de K₂ Cr O₄ (coloration jaunâtre) ;
- Titrer avec NO₃ jusqu'à coloration brun rougeâtre, on note le volume équivalent.

III.3.1.3.6.3 Expression des résultats

$$\text{Cl}^- = \text{volume Ag NO}_3 \times \text{Normalité Ag NO}_3 \times \text{volume de l'eau à analyser} \times 1000$$

N: Normalité d'Ag NO₃;

V: Volume d'Ag NO₃;

VE : Volume d'échantillon d'eau. (ADE, 2023)

III.3.1.3.7. Détermination des Sulfates (SO₄²⁻)

III.3.1.3.7.1 Principe

L'ion sulfate est précipité dans l'acide chlorhydrique contenant du chlorure de baryum d'une manière telle qu'il se forme des cristaux de sulfate de baryum de taille uniforme. L'absorbance de la suspension dans la sulfate de baryum est mesurée par spectrophotomètre. (CHANAHI, 2019)

III.3.1.3.7.2 Matériels

- Éprouvette volumétrique de 50 ml ;
- Pipettes volumétrique de 1 et 5 ml ;
- Erlenmeyer de 250 ml ;
- Spectrophotomètre UV-Visible DR 5000 ;
- Une poire.

III.3.1.3.7.3 Réactifs

- Solution stabilisante ;
- Solution de chlorure de baryum BaCl_2 0,01mou/l.

III.3.1.3.7.4 Mode opératoire

- prendre 100 ml d'eau à analyser ;
- Ajouter 1 ml de HCL N/10 ;
- Ajouter 5 ml de la solution stabilisante ;
- Ajouter 2 ml de chlorure de baryum BaCl_2 ;
- Agiter 2 ou 3 fois énergiquement, laisse au repos pendant 1 min, agiter à nouveau ;
- Effectuer les lectures à une longueur d'onde de 420 nm.

III.3.1.3.7.5 Expression des résultats

- Les résultats sont exprimés directement en mg/l. (ADE, 2023)



Photo 02: Spectrophotomètre pour déterminer des Nitrites, Sulfate et Ammonium

III.3.1.4. Les Paramètres des pollutions des eaux

III.3.1.4.1. Dosage des Phosphates (PO_4^{3-})

Formation en milieu acide d'ammonium et le d'un complexe d'antimoine et le tartrate double d'antimoine et de potassium. Réduction par l'acide ascorbique en un complexe coloré en bleu qui présente deux valeurs maximales d'absorption l'une vers 700 nm, l'autre plus importante à 880 nm. (BOUTI et BRIK, 2016)

Ainsi, on procède comme suite :

- 40 ml d'eau à analyser ;
- 1 ml acide ascorbique ;
- 2 ml du réactif mixte (Annexe 05)
- Attendre 10 min développement de la couleur bleue ;
- Effecteur la lecture à une longueur d'onde de 880 nm

III.3.1.4.1.1 Expression des résultats :

Les résultats est donnée directement en mg/l. (ADE, 2023)

III.3.1.4.2. Dosage de l'azote ammoniacal (NH_4^+)**III.3.1.4.2.1 Principe**

Mesure spectrométrique à environ 655 nm du composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitroprussiate de sodium.

Appareillage : Spectrophotomètre UV-Visible

III.3.1.4.2.2 Dosage

-Prendre 40 ml d'eau à analyser ;

-Ajouter 4 ml de réactif (I) ([Annexe05](#))

- Ajouter 4 ml de réactif (II) ([Annexe05](#)) et ajouter à 50 ml avec H_2O distillée et attendre 30 ml ;

* L'apparition de la coloration verdâtre indique la présence de : NH_4^+

-Effectuer la lecture à 655nm.

III.3.1.4.2.3 Expression des résultats

Le résultat est donné directement en mg/l ([ADE, 2023](#))

III.3.1.4.3. Détermination des Nitrates (NO_3^-)

La méthode utilisée est la méthode Spectrophotométrie d'absorption moléculaire.

III.3.1.4.3.1 Principe

Il est basé sur la réaction de nitrates avec l'acide sulfurique (formé par addition à l'échantillon de salicylate de sodium et l'acide sulfurique). En présence d'ammoniaque, le dérivé obtenu donne une coloration jaune stable. L'absorbance de cette solution est mesurée au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 415 nm. ([ALLOUNE et GOUADER, 2013](#))

III.3.1.4.3.2 Mode opératoire

- Prendre 10 ml de l'échantillon à analyser à l'aide de pipette nous l'ajoutons dans Bécher ;
- Ajouter 3 gouttes Na OH à 30% ;
- Ajouter 1 ml de salicylate de sodium ;
- Evaporer à sec au bain-marie ou l'étuve 80°C ;

- Reprendre le résidu avec 2 ml H₂SO laisser reposer 10 min ;
- Ajouter 15 ml d'eau distillée ;
- Ajouter 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium puis passer au spectrophotomètre au 415nm. (ADE, 2023)

III.3.1.4.3 Expression des résultats

Les résultats est donnée directement en mg/L.



Photo 07: Spectrophotomètre pour le dosage des Nitrates

III.4. Technique de Prélèvement pour les analyses bactériologiques

- ~ les 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 :(les bouteilles, le conteneur de transport, la surface sur laquelle on entrepose les bouteilles, etc.) ;
- ~ Étiquetez la bouteille (avec l'étiquette que vous fournit 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 ;
- ~ Laver-vous les mains ou portez des gants jetables, neufs et propres ;
- ~ Laissez couler l'eau froide (pendant deux à 05 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.



Photo 08: Les prélèvements d'eau pur faire l'analyse bactériologique

III 4.1 Conservation des échantillons

Les prélèvements doivent être réalisés avec le plus grand soin et les échantillons prélevés, pour différents analyses, doivent être conservés dans des flacons fumés en polyéthylène, verre ou en verre borosilicaté préalablement lavés et rincés sur place au moment de la prise de l'échantillon. Les flacons sont remplis jusqu'au bord et bouchés de telle façon qu'il n'y ait aucun contact avec l'air et tout inscrivant les mentions relatives à la date de la prise ainsi que l'origine de la source. **(KOUIDRI NEE BELALA, 2006)**

III 4.2 Directives de transport et d'expédition

III 4.2.1 Les échantillons doivent être livrés au laboratoire dans les 24 heures suivant le prélèvement

Il faut donc prévoir suffisamment de temps pour que les échantillons parviennent au laboratoire et que l'analyse soit effectuée dans le délai requis. Pour préserver les échantillons de bactéries, il faut bien fermer le bouchon de la bouteille, la déposer immédiatement sur la glace et la garder au froid jusqu'à l'arrivée au laboratoire.

_ conserver les échantillons à Une T de 4 °C.il faut veiller à avoir suffisamment de glace ou de blocs réfrigérants pour tout La trajet jusqu'au laboratoire.

_ Les échantillons de bactéries doivent être analysés dans les 24H suivant leur prélèvement.

_ Demandez que le RPC remplisse votre glacière de nouvelles bouteilles pour prochain événement d'échantillonnage. (Ministère de L et G, 2017)

III 4.3 Matériel et méthode d'analyses bactériologiques

III 4.3.1 Milieux de culture

Un milieu de culture est un support qui permet la culture des mo, c'est-à-dire dans lequel peuvent se multiplier les mo. En principe, les mo trouvent dans un milieu les composants indispensables pour leur croissance en grande nombre.

En fonction du but de la culture, les mo sont placés dans les conditions optimales ou tout à fait défavorables. (Moussa Nomaou, 2017)

- ° 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 fécaux et totaux ;
- ° Bouillon Roth 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 dénombrement des Clostridium sulfite-réducteurs.

III.4.3.2 Matériel et méthodes d'analyses bactériologiques

Tableau 10:Classes de turbidité usuelles(NTU)

Les verreries	Les appareils
Boites de pétri	Microscopes
tube à essais	Compteur colonie
des portoirs à tubes	incubateur
flacons	bec bunsen.
pipettes pasteur	
pipettes à 5 ml et à 1ml	
des lames et des lamelles	
cloche de Durham	
(Tout le matériel doit être stérile).	

III.4.3.2.1 La recherche et dénombrement des germes aérobies mésophile totaux**III.4.3.2.1.1 Principe**

Selon les normes internationales, les micro-organismes reviviscibles se définie comme étant la totalité des bactéries, levures et moisissures.

III.4.3.2.1.2 Mode opératoire

- ° Désinfectes les mains et le lieu de travail avec de l'alcool ou de l'eau de javel ;
- ° Enflamme le bec benzène pour stérilise la zone de travail ;
- ° On prendre deux boites de pétri stérile et on note sur chaque boite des Informations pour chaque échantillons (La date et la température d'incubation et le numéro d'échantillon) ;
- ° Pré de bec benzène, on prélève 1 ml d'eau à analyser et on ensemence dans chaque boite ;
- ° On agite doucement par un mouvement circulaire en forme de « 8 », pour assurer un mélange homogène.



Photo 09: Dénombrement des germes aérobies mésophile totaux

III.4.3.2.1.2 Incubation

On dévier les boites en deux séries :

La première série à 22°C pendant 72 H ;

La deuxième série à 37°C pendant 48 H.

III.4.3.2.1.3 La lecture

Lire les boites de pétri ou le nombre de colonies est compris entre 30 et 300 colonies

Nombre de colonies /100 ml d'eau à analyser = nombre de colonies .100 .inverse de dilution.

4.3.2.2. La recherche des coliformes fécaux et totaux**III.4.3.2.2.1 Définition**

_ Les coliformes sont des bacilles à GN, a éros-anaérobie facultatifs non sporulé es, oxydase négatif, se multiplient en présence de sels biliaries, fermentent le lactose avec production acide et de gaze en 24 à 48 H.

_ Les coliformes thermo tolérants ont les mêmes propriétés que les coliformes mais à 44 °C.

_ Les Escherichia coli ont des coliformes thermo tolérants ayant la particularité de produire de l'indole à partir du tryptophane présent dans le milieu à 44 °C.

III.4.3.2.2.2 Dénombrement

Colimétrie en milieu Liquide se fait en deux étapes consécutives :

III.4.3.2.2.2.1 Test de présomption

A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement :

- 2 tubes de 10ml de bouillon de BCPL D/C muni une cloche de Durham avec 10 ml d'eau à analyser ;
- 2 tubes de 10ml de bouillon de BCPL S/C muni une cloche de Durham avec 1 ml d'eau à analyser ;
- 2 tubes de 10ml de bouillon de BCPL D/C muni une cloche de Durham avec 0,1 ml d'eau à analyser.

III.4.3.2.2.2.2 1Incubation

Incuber à 37°C pendant 24 à 48 H.

III.4.3.2.2.2.3 Lecture

Seront considérés comme (+), les tubes présentant à la fois :

- ✓ Un dégagement de gaze (supérieur au 1/10ème de la hauteur de la cloche),
- ✓ Un trouble microbien accompagné un virage du milieu au jaune. La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table du NPP.

III.4.3.2.2.2 Test de confirmation

-Le test de confirmation est basé sur la recherche de Coliformes thermo tolérants parmi lesquels on redoute surtout la présence Escherichia coli.

- les tubes de BCPL trouvés (+) lors du dénombrement des coliformes fécaux l'objet d'un repiquage à l'aide d'une Ose bouclée, Nous ajouter 3gouttes d'eau à analyser dans des tubes contenant de 9 ml le milieu Schubert muni d'une cloche de Durham.

III.4.3.2.2.2.1 Incubation

Se fait au bain marie à 44°C pendant 24 H. (ADE, 2023)

III.4.3.2.2.2.2 Lecture

Seront considérés comme (+), les tubes présentant à la fois :

- Un dégagement gazeux,
- Un anneau rouge en surface, témoin de la production d'indole par Escherichia coli après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kovac.

La lecture finale se fera par la consultation de la table du NPP. (DR.HADJI, 2020)



Photo 10: Additif de KOVACS pour dénombrement d'E. Coli

III.4.3.2.3. La recherche des Streptocoques fécaux**III.4.3.2.3.1 Définition**

On entend par entérocoques_intestinaux des bactéries :

- ✓ Cocci à Gram(+) formant des chaînettes
- ✓ •Catalase (-)
- ✓ •(X) en 24 à 18 H à 37°C sur l'azoture_de_sodium

- Hydrolysent l'esculine en 2H à 44°C après repiquage sur BEA.

III.4.3.2.3.2 Dénombrement

Méthode par ensemencement en milieu liquide :

III.4.3.2.3.1 1 ère étape : Test présomptif

On ensemence pour chaque échantillon :

- 2 tubes de 9 ml de bouillon ROTHE D/C avec 10 ml d'eau à analyser ;
- 2 tubes de 9 ml de bouillon ROTHE S/C avec 1 ml d'eau à analyser ;
- 2 tubes de 9 ml de bouillon ROTHE S/C avec 0,1 ml d'eau à analyser.

Bien mélanger le milieu et l'inoculum

III.4.3.2.3.1.1 Incubation

Se fait à 37°C pendant 24 à 48 H.

III.4.3.2.3.1.2 Lecture

Les tubes présentant un trouble microbien sont considérés comme positifs et sont semis au test de confirmation.

III.4.3.2.3.2 2^{ème} étape : Test de confirmatif

Nous prélevons 2 à 3 gouttes de chaque tube positif présentant un trouble bactérien, feront l'objet d'un repiquage dans des tubes contenant 9 ml de milieu Eva Litsky.

III.4.3.2.3.2.1 Incubation

Se fait à 37°C, pendant 24 H.

III.4.3.2.3.2.2 Lecture

Seront considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois :

- Un trouble microbien.
- Une pastille violette (blanchâtre) au fond des tubes.

La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table du NPP.



Photo 11: Dénombrement et la recherche des Coliformes totaux et Streptocoques fécaux

III.4.3.2.4. Recherche des Clostridium sulfito-Réducteurs

Les ASR sont :

- Des BGP
- (x) à 36 (+/-) 2 °C en 24 à 48H en gélose profonde de type TSC ou TSN ou encore VF et donnent des colonies caractéristiques blanche entourées d'une auréole noire.

III.4.3.2.4.1 Les additifs

Sulfite de sodium ; Alun de fer.

III.4.3.2.4.2 Mode opératoire

-On introduit dans 4 tubes à essai 20 ml d'échantillon d'eau à analyser (5 ml dans quatre tubes) ;

-On place les tubes au bain marie à 80 °C pendant 10 min dans le but de détruire toutes les formes végétatives ;

-On refroidit sous l'eau du robinet ces tubes, puis on ajoute 20 gouttes d'alun de fer et 20 gouttes de sulfite de sodium, puis remplit les 4 tubes par la gélose viande-foie en surfusion et refroidie à une température de l'ordre de $45 \pm 1^\circ\text{C}$;

-On mélange doucement, en évitant la formation des bulles d'air.

III.4.3.2.4.3 Incubation

On incube à 37°C et on procède à une première lecture après 16 H, car très souvent les spores des anaérobies sulfito-réducteurs sont envahissantes ce qui rendra la lecture impossible, si non fera une deuxième lecture après 24 H et dans le cas échéant après 48 H.



Photo 12: Incubation des Coliformes totaux ; Streptocoques fécaux et Clostridium sulfito-réducteur.

III.4.3.2.4.4 Lecture et interprétation

1) Dénombrer toute colonie blanche entourée par une auréole noire de 0,5 mm de diamètre, ayant poussé en masse et rapporter le nombre total des colonies dans les quatre tubes à 20 ml d'eau.

2) Les Clostridium sulfito-réducteurs réduisant le sulfite de sodium, en produisant des colonies entourées d'un halo noir dû à la formation de sulfite de sodium.



Photo 13: Recherche de Clostridium sulfito-réducteurs



Chapitre IV :
Résultats et Discussions

IV. Résultats et interprétations des d'analyses physico-chimiques :

Les eaux destinées à la consommation humaine les eaux de boisson, de la cuisson, de la préparation d'aliments ou d'autres usages domestiques doivent être propres et sains. Elles sont hygiéniques et parfaites si elles ne contiennent pas un nombre ou une concentration de microorganismes, de parasites ou de toutes autres substances constituant un danger potentiel pour la santé des personnes.

IV.1. Paramètres organoleptiques

IV.1.1. La couleur :

Cette analyse consiste en la détermination de l'intensité de la couleur brun jaunâtre d'un échantillon par comparaison visuelle avec une série de solutions étalons. La couleur est exprimée en mg/l de Pt représentant l'intensité de la couleur produite par les solutions étalons.

(Site 15)

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances dissoutes, c'est-à-dire passant à travers un filtre de porosité égale à 0,45 μm . Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. Les couleurs réelle et apparente sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité. (Rodier, 2009)

D'après les résultats obtenus (fig. 10), la coloration l'eau AEP distribuée au niveau de région d'étude ne dépasse pas la norme de 15 UCV

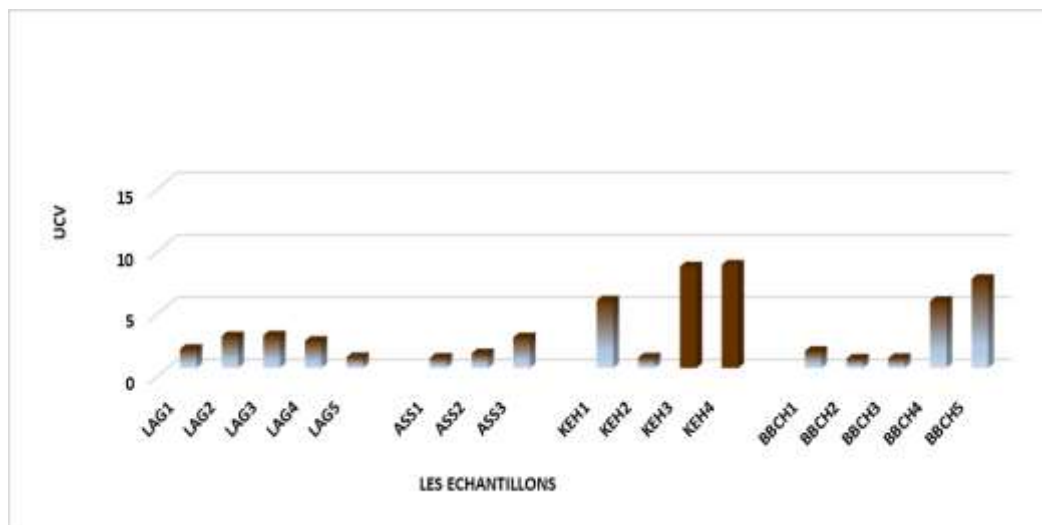


Figure 10: Histogramme représentatif de la variation de couleur dans les eaux analysées au niveau d'Oued M'zi (2023).

IV.1.2. L'odeur :

Il faut noter que toutes les personnes enquêtées ayant donné une réponse à nos questions sur l'odeur des eaux consommées ont souligné l'absence totale de l'odeur indésirable dans l'eau du robinet.

IV.1.3. Le Saveur :

Il faut noter que 86% du total des personnes enquêtées déclarent n'avoir sentir aucune présence d'un goût nuisible dans l'eau du robinet.

Tableau 12: les teneurs de la saveur dans les eaux analysées par commune.

N°	Personnes enquêtées	Commune	Remarque	Teneur	Moyenne
01	425	LAGHOUAT	Goût acceptable	150	35,29
			Mauvais goût	50	11,76
			Goût de chlore	150	35,29
			Trop de calcaire	75	17,65
02	142	EL ASSAFIA	Goût acceptable	100	70,42
			Mauvais goût	00	0,00
			Goût de chlore	25	17,61
			Trop de calcaire	17	11,97
03	122	BEN NACER BEN CHOHRRA	Goût acceptable	45	36,89
			Mauvais goût	25	20,49
			Goût de chlore	42	34,43
			Trop de calcaire	10	8,20
04	144	KSAR EL HIRANE	Goût acceptable	56	38,89
			Mauvais goût	45	31,25
			Goût de chlore	28	19,44
			Trop de calcaire	15	10,42

IV.2. Paramètres physiques

IV.2.1. La température (°C) :

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle –ci joue un rôle important dans la solubilité de sels et surtout des gaz, la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique (Rodier ,2005 in Messikh et Guerraichi 2020)

D'après les résultats obtenus nous remarquons que la température des eaux analysées est entre 11,7 °C et 21,7 °C. Elles sont dans les normes de potabilité (< 25°C).

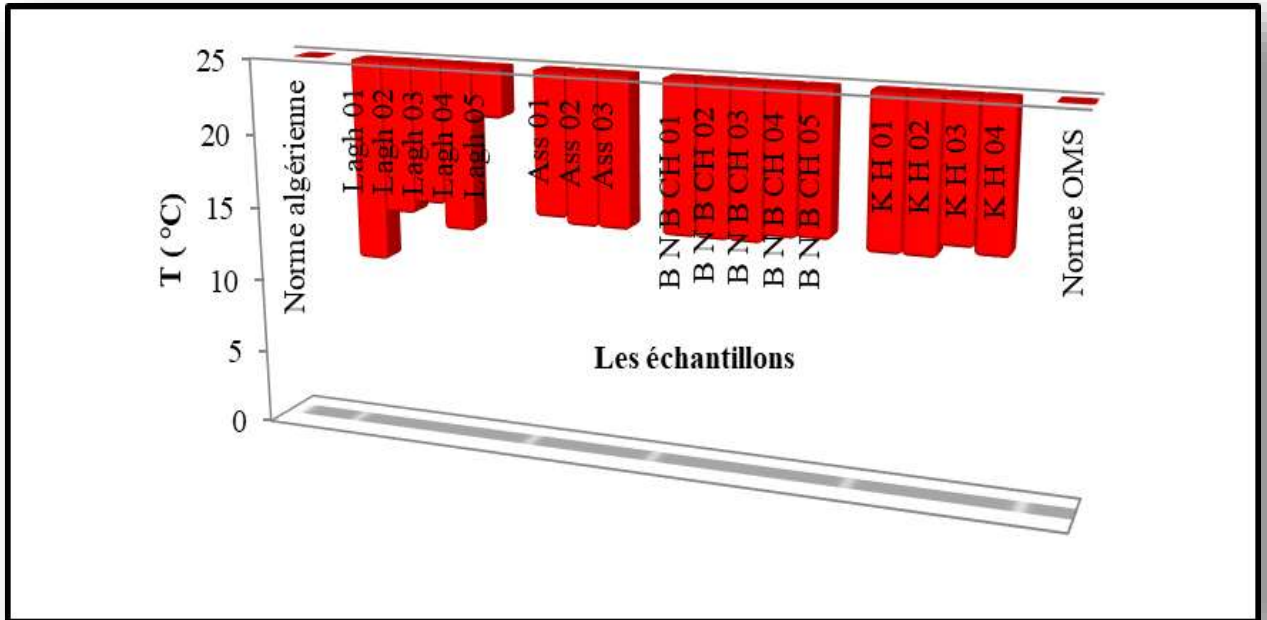


Figure 11: Histogramme représentatif de la variation de la température dans les eaux analysées au niveau d'Oued M' zi (2023).

IV.2.2. Le pH des eaux :

Ce paramètre est en relation avec la concentration en ions hydrogène H⁺ dans l'eau (Rejseck, 2002 in Messikh et Guerraichi 2020). Plus simplement, il mesure l'acidité ou l'alcalinité d'une eau. Les eaux naturelles sont des solutions ionisées, elle peut être acides, basiques ou neutres, leur pH est lié à la nature des terrains traversés et varie généralement entre 7,2 - 7.6. (Geujons, 1995 in Messikh et Guerraichi 2020)

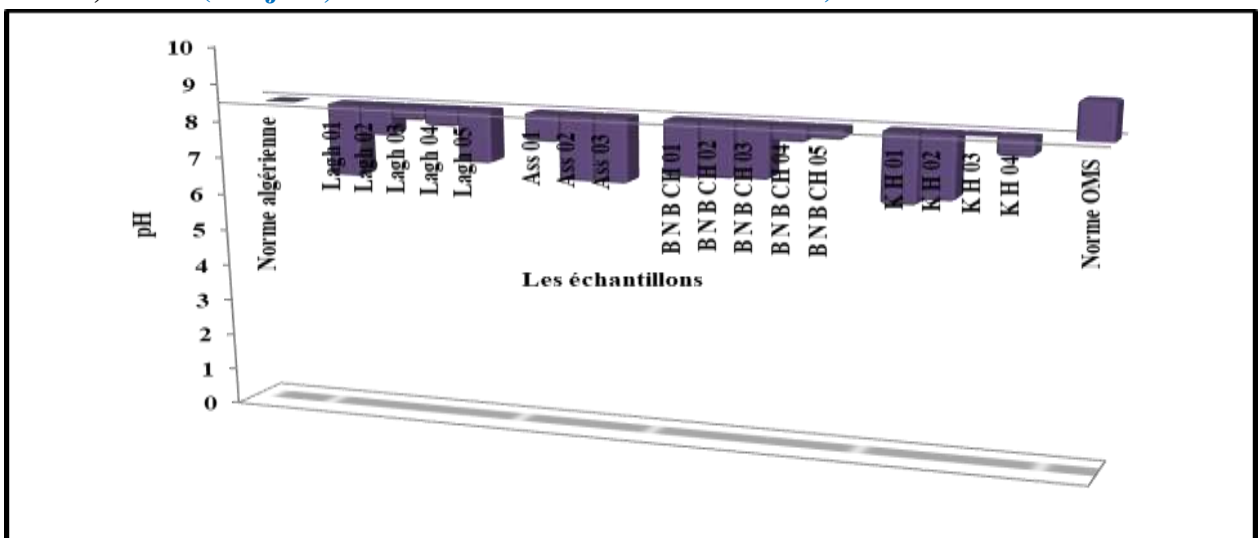


Figure 12: Histogramme représentatif de la variation de PH dans les eaux analysées au niveau d'Oued M' zi (2023).

Dans notre étude le pH des eaux étudiées sont varié entre 6.56 au niveau de Laghouat et 8.21 au niveau de Ben Nacer Ben Chohra ; il respecte les normes fixées par l'OMS et l'Algérie.

IV.2.3. La conductivité électrique et minéralisation :

Les résultats obtenus montrent que la conductivité électrique des eaux de la région aval d’Oued M’zi varie du nord vers le sud au sens l’écoulement d’Oued M’zi ou on a observé que les fortes valeurs sont localisées au niveau de la commune de **Laghouat (2275 µs/cm)** et les faibles au niveau de la commune d’**El Assafia (1311 µs/cm)**.

Tous les échantillons d’eau analysée respectent les Normes OMS (**2000 µs/cm**). Sauf, les forages **Djebel L’Ahmar (Lagh 03)** et **Ben Nacer Ben Chohra (BCH 05)**.

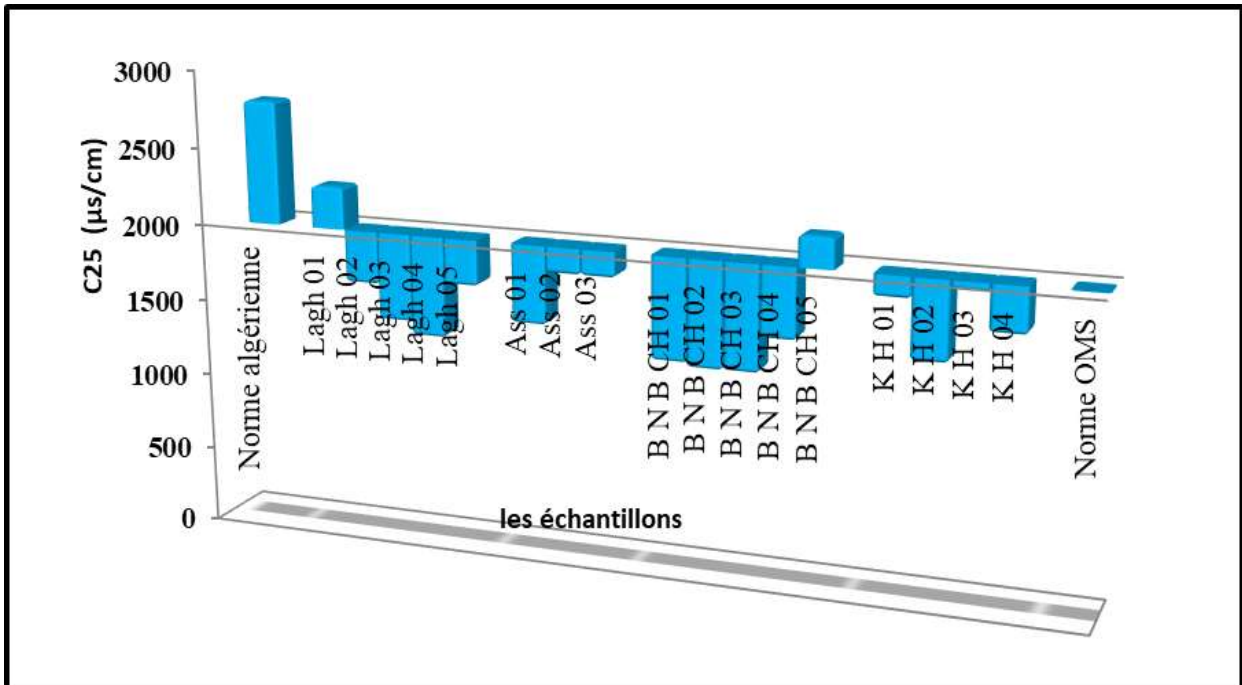


Figure 13: Histogramme représentatif de la variation de la conductivité électrique et minéralisation dans les eaux analysées au niveau d’Oued M’zi (2023).

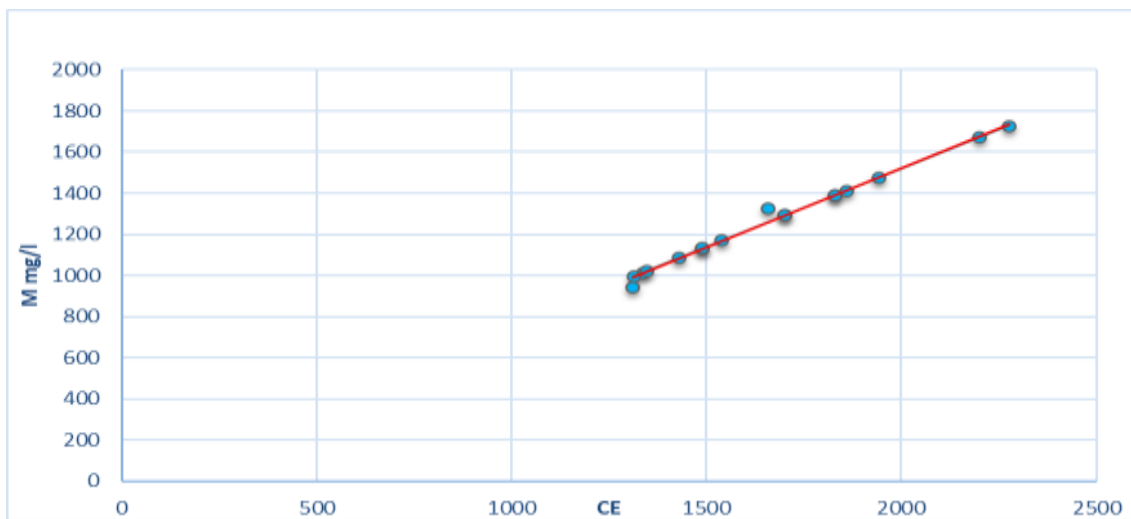


Figure 14: La relation avec la minéralisation et la conductivité électrique

La conductivité permet d’évaluer rapidement et approximativement la minéralisation globale de l’eau. L’analyse du changement de des valeurs de conductivité et la minéralisation

(fig.14) montre que ces eaux sont chargées. Ceci est dû à la nature de la nappe (les alluvions) en compagnie de la présence de Gypse.

IV.2.4. TDS et salinité :

Dans le cas de la région d'étude, les valeurs du TDS mesurés varient entre (830 mg/l et 1390 mg/l).

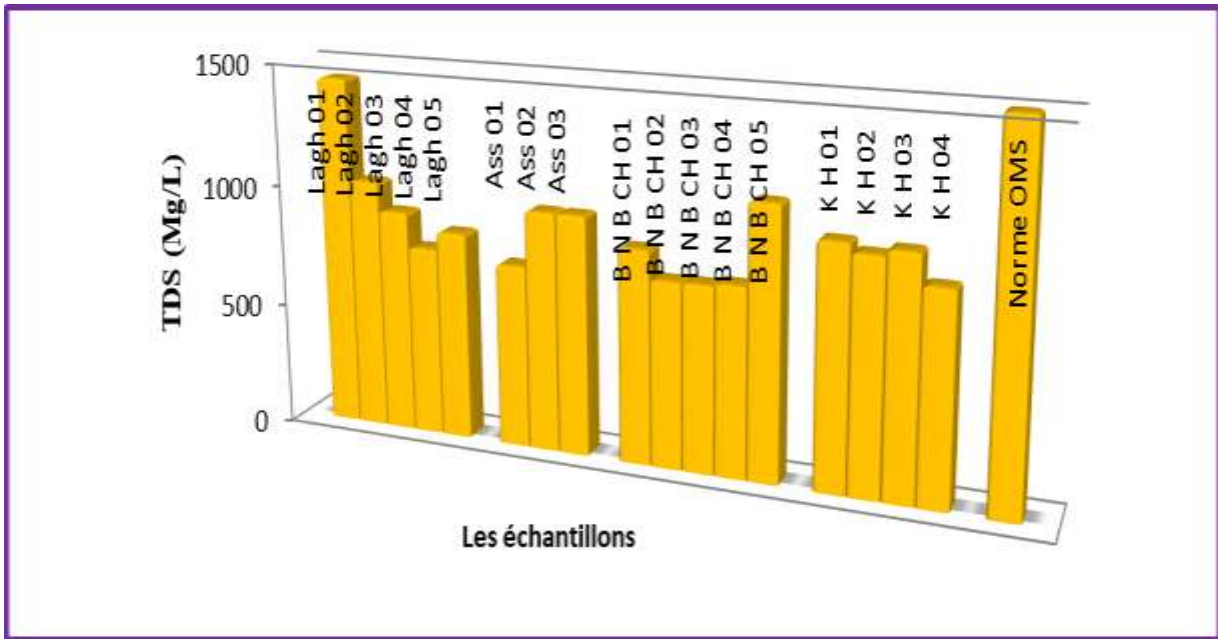
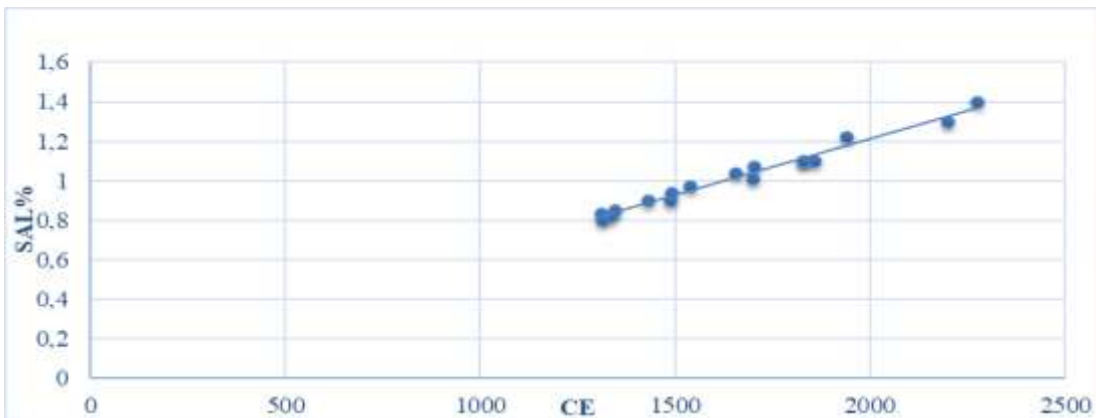


Figure 15: Histogramme représentatif de la variation de TDS et salinité dans les eaux analysées au niveau d'Oued M'zi (2023).

D'après la figure 16, Nous avons remarqué que les faibles valeurs ont été observées au niveau d'El Assafia et les fortes valeurs ont été observées au niveau de Laghouat. Selon l'OMS, la teneur de TDS optimum (1500 mg/l), nos résultats sont dans les normes.



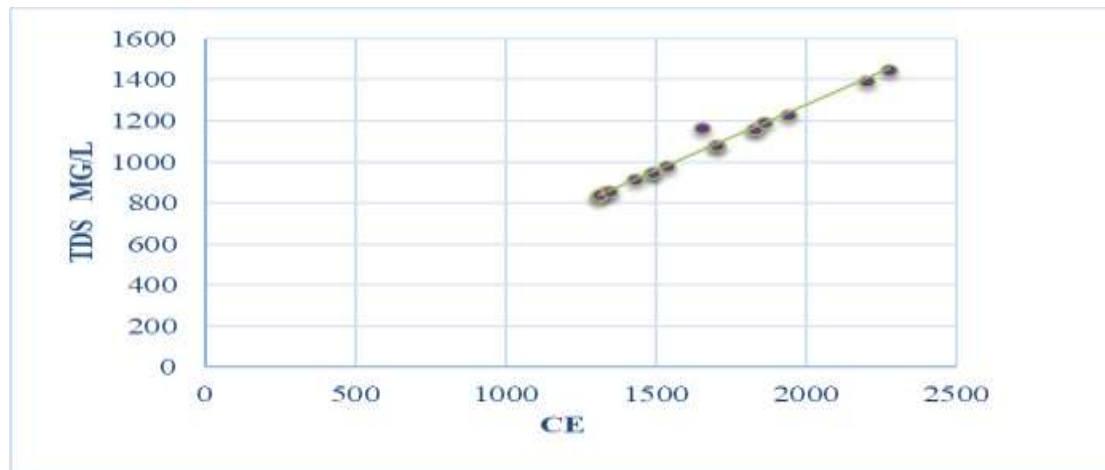


Figure 16: Courbe représentative la relation entre Sels dissout toutous, TDS et la conductivité électrique.

D'après la **figure n°16** nous remarquons une corrélation remarquable la conductivité entre et TDS et la conductivité salinité des eaux analysées.

La conductivité élevée traduit une salinité élevée. Les teneurs en sels dissous sont moyennement élevées, exprimées à travers la conductivité, elles montrent que ces eaux sont chargées et conductrices.

Les principaux sels responsables de la salinité de l'eau sont les sels : de calcium (Ca^{2+}), de magnésium (Mg^{2+}), de sodium (Na^+), les chlorures (Cl^-), les sulfates (SO_4^{-2}) et les bicarbonates (HCO_3^-). Une valeur élevée de la salinité signifie une grande quantité d'ions en solution.

IV.2.5. La turbidité :

La turbidité est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières non dissoutes. La mesure de la turbidité est très utile pour le contrôle d'un traitement mais ne donne pas d'indications sur les particules en suspension qui l'occasionne.

La valeur de turbidité de l'eau potable ne doit pas jamais dépasser **5NTU** pour tous les systèmes de potabilité d'après les normes Algérienne et l'OMS.

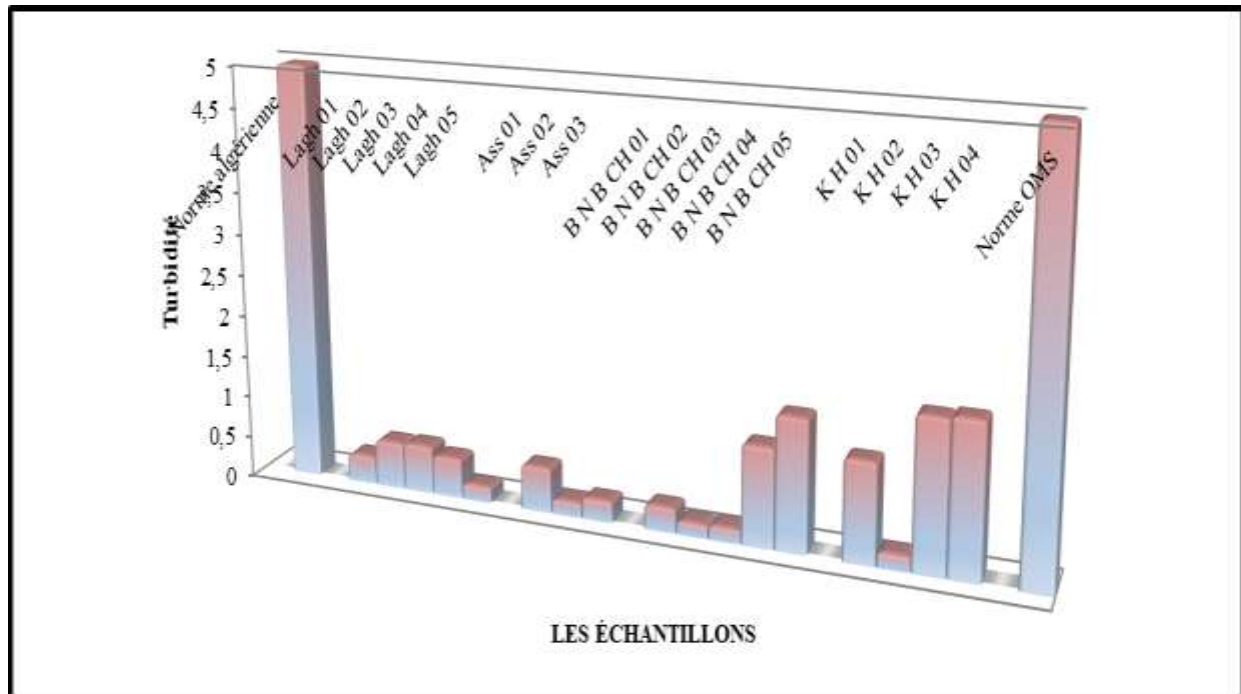


Figure 17: Histogramme représentatif de la variation de la turbidité dans les eaux analysées au niveau d'Oued M'zi (2023).

Les résultats des analyses obtenus à l'aide d'un turbidimètre montrent que la valeur de turbidité de l'eau analysée varie entre **0,156 NTU** et **1,82 NTU**. La forte valeur a été observée au niveau de khabeg à ksar El Hirane. Elle est due à la présence des particules en suspension, notamment colloïdales : argiles, limons, grains de silice, matières organiques. Etc. (Rodier, 2009)

IV.3. Paramètres chimiques

IV.3.1. Dureté totale ou titre hydrotimétrique (TH):

La dureté ou titre hydrotimétrique d'une eau correspond à la somme des concentrations en cations métalliques à l'exception de ceux des métaux alcalins et de l'ion hydrogène (Rodier, 2009)

D'après les résultats obtenus les valeurs de la dureté des eaux analysées oscillent entre **502 mg/l** et **1334 mg/l**. on note que les faibles valeurs ont été observées au niveau de la commune de **Laghouat** et les fortes valeurs au niveau de **Ben Nacer Ben Chohra**.

Pour l'ensemble, toutes les valeurs de la dureté sont supérieures à la norme exigée par l'OMS et Normes algériennes (**500 mg/l**).

Donc les eaux étudiées sont dures à très dures, d'après cette étude ce paramètre présente une grande variation qui serait liée à la nature lithologique de la formation aquifère et en particulier à sa composition en magnésium et bicarbonates.

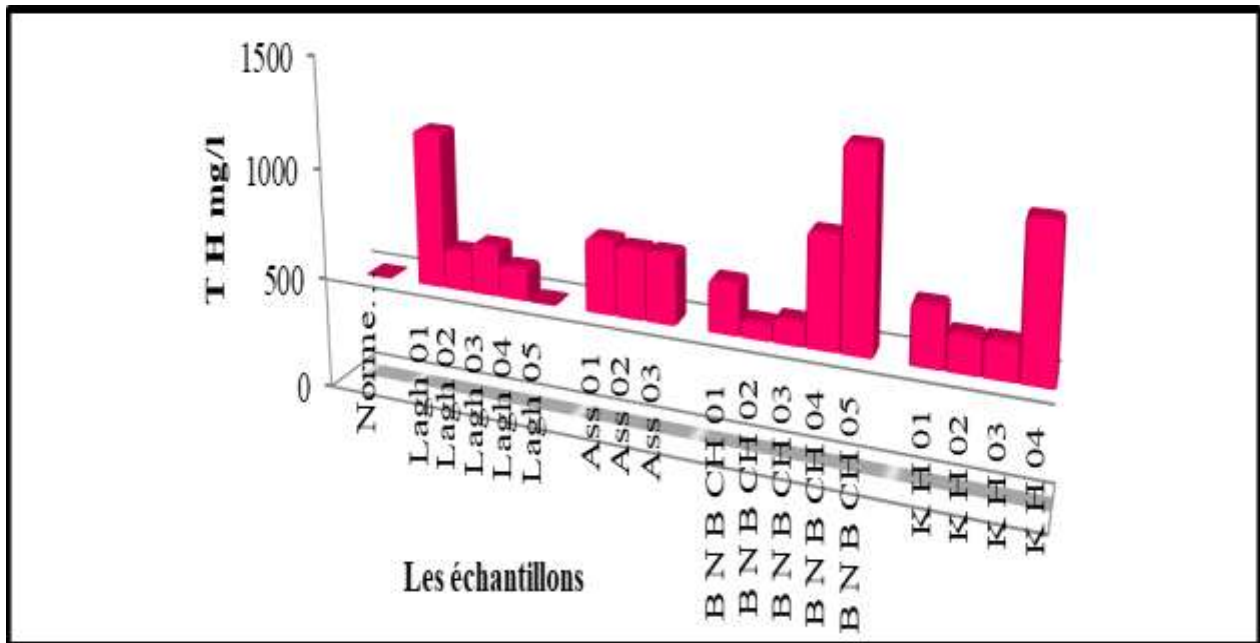


Figure 11: Histogramme représentatif de la variation de TH dans les eaux analysées au niveau d'Oued M'zi (2023).

IV.3.2. Le Calcium (Ca⁺²) :

C'est le métal le plus commun du groupe des alcalinoterreux. Il est présent dans la nature et dans le corps humain, où il est indispensable à la solidité osseuse et au fonctionnement des cellules musculaires et nerveuses. (Bouti et Brik, 2017), il est l'Élément dominant dans les eaux potables. Composant majeur de la dureté de l'eau. Il existe surtout à l'état d'hydrogencarbonates et en quantité moindre, sous forme de sulfates, chlorures...etc. Le calcium est un élément qui contribue à la minéralisation des eaux. Sa teneur varie essentiellement suivant la nature des terrains traversés.

Tableau 13: les teneurs du Calcium (Ca⁺²) dans les eaux analysées par commune.

Statistique	Nb	Min	Max	1er Quartile	Méd.	3ème Quartile	Moy	δ	C.V
ASSAFIA	3.00	118.20	200.80	149.12	180.00	190.40	166.35	35.06	0.21
BEN NACER BEN CHOHRRA	5.00	120.00	152.30	123.45	124.40	128.26	129.68	11.61	0.09
KSAR EL HIRANE	4.00	112.60	228.00	121.34	172.13	222.00	171.22	53.02	0.31
LAGHOAT	5.00	136.00	286.40	156.00	176.00	212.00	193.28	52.89	0.27

D'après les résultats d'analyses nous remarquons que la teneur de calcium est variée entre **112,60 mg/l** au niveau de la commune de **Ben Nacer Ben Chohra** à **286,4 mg/l** au niveau de **Laghouat**. On note qu'au niveau de la ville de **Laghouat** et **ksar El Hirane**, le teneur de calcium dépasse la norme de potabilité (**200 mg/l**).

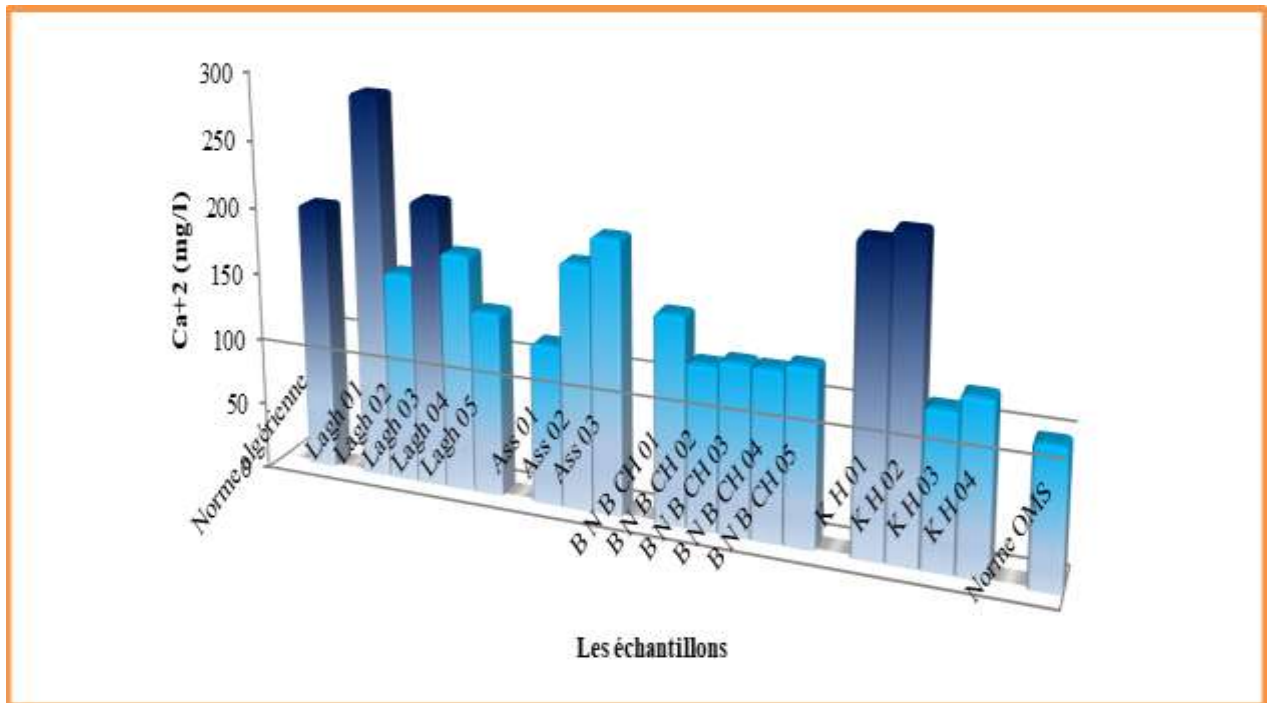


Figure 12: Histogramme représentatif de la variation du calcium dans les eaux analysées au niveau d'Oued M'zi (2023).

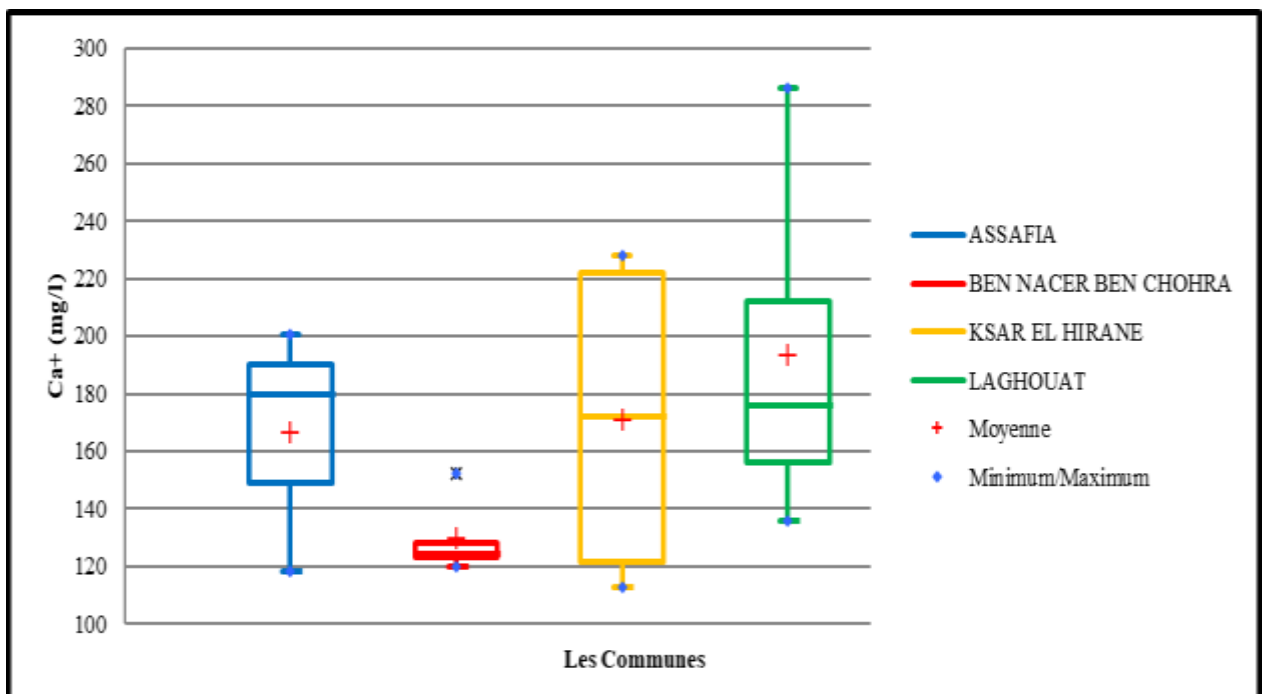


Figure 13: les teneurs du Calcium (Ca²⁺) des eaux potables de la zone aval d'Oued M'zi.

IV.3.3. Magnésium (Mg⁺²) :

Est un élément indispensable pour la croissance. Une grande quantité de magnésium dans l'eau peut engendrer en combinaison avec les sulfates un goût désagréable. Ses origines sont comparables à celle du calcium.

Tableau 14: les teneurs du Magnésium (Mg+2) dans les eaux analysées par commune.

Statistique	Nb	Min	Max	1er Quartile	Méd.	3ème Quartile	Moy	δ	C.V
ASSAFIA	3.00	72.96	125.86	79.16	85.36	105.61	94.73	22.59	0.24
BEN NACER BEN CHOIRA	5.00	65.90	243.32	70.52	82.68	159.42	124.37	68.46	0.55
KSAR EL HIRANE	4.00	19.52	197.85	41.63	68.58	115.58	88.63	67.59	0.76
LAGHOUAT	5.00	39.00	115.51	45.00	46.46	48.85	58.96	28.46	0.48

Les concentrations de magnésium dans la région varient entre **39 mg/l** et **243, 32 mg/l**. on observe les faibles valeurs dans la localité de **Laghouat** et les fortes valeurs dans **Ben Nacer Ben Chohra**.

Les teneurs ne dépassent pas la norme (**150 mg/l**) seulement au niveau **l'Assafia** et **Laghouat**

Pour les concentrations élevées de magnésium dans les autres échantillons sont généralement dû à la présence des minéraux argileux souvent associées au calcaire.

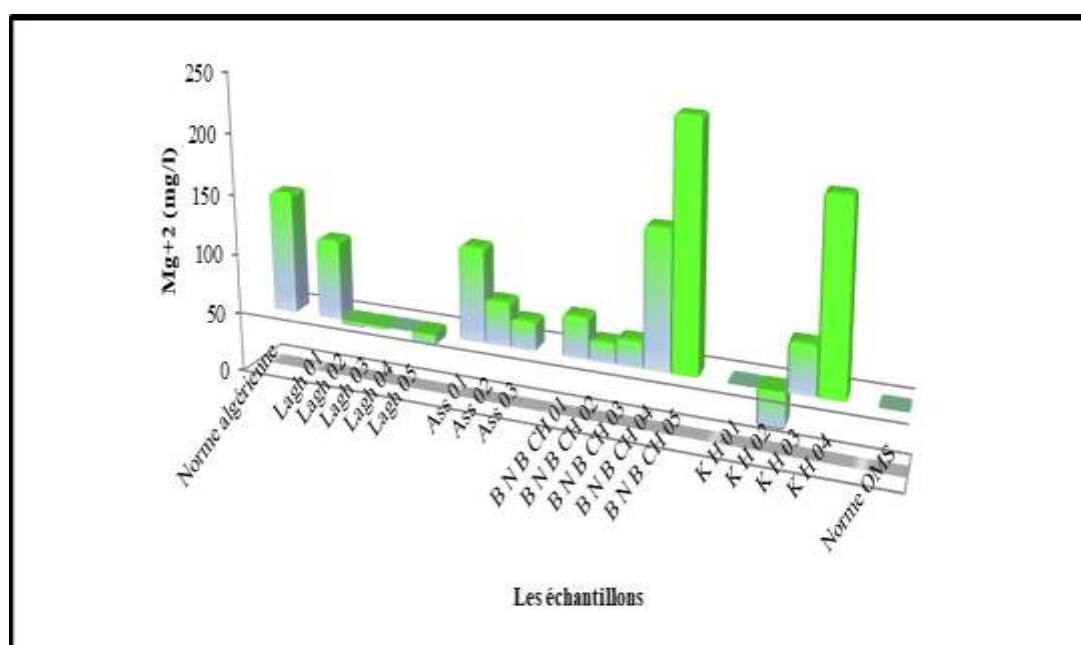


Figure 14: Histogramme représentatif de la variation du magnésium dans les eaux analysées au niveau d'Oued M' zi (2023).

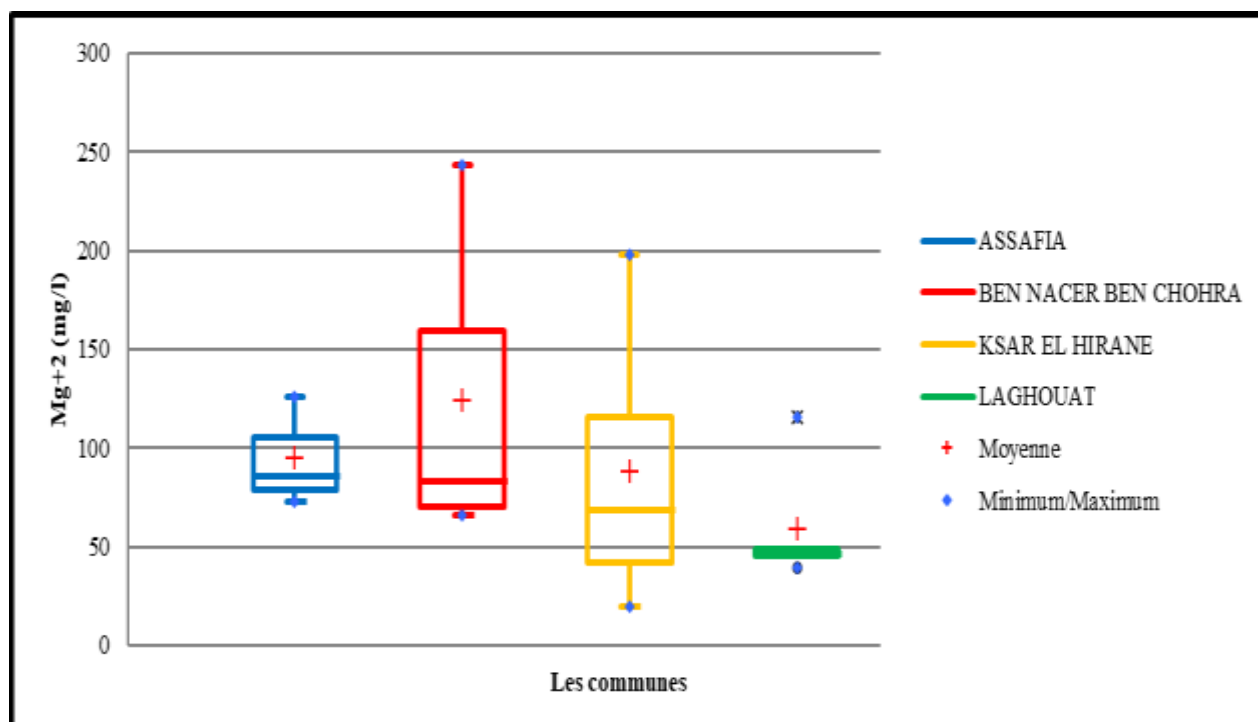


Figure 15: les teneurs du magnésium (Mg+2) des eaux potables de la zone aval d'Oued M'zi.

IV.3.4. Sodium (Na⁺)

Le sodium est un métal mou, blanc argenté et fortement réactif qui, dans la nature, ne se rencontre qu'à l'état combiné. Ce métal alcalin se présente fréquemment sous forme ionisée. Il est un élément constant de l'eau, toutefois les concentrations peuvent être extrêmement variables. Indépendamment de la lixiviation des formations géologiques contenant du chlorure de sodium, le sel peut provenir de la décomposition de sels minéraux comme les silicates de sodium et d'aluminium, des retombées d'origine marine, de la venue d'eaux salées dans les nappes aquifères, des nombreux usages industriels etc

Tableau 11: les teneurs du Sodium (Na⁺) dans les eaux analysées par commune.

Statistique	Nb	Min	Max	1er Quartile	Méd.	3ème Quartile	Moy	δ	C.V
ASSAFIA	3,00	78,00	86,00	82,00	86,00	86,00	83,33	3,77	0,05
BEN NACER BEN CHOIRA	5,00	90,00	125,00	90,00	91,00	112,00	101,60	14,40	0,14
KSAR EL HIRANE	4,00	78,00	137,00	85,50	99,50	117,50	103,50	22,74	0,22
LAGHOUAT	5,00	30,00	115,00	37,00	60,00	71,30	62,66	30,15	0,48

Dans les quatre communes à étudier, les concentrations du sodium dans l'eau analysée varient entre **30 mg/l et 137mg/l**).

On a observé les faibles teneurs au niveau Laghouat et les fortes valeurs au niveau de ksar El Hirane. Mais, les résultats respectent les normes (200mg/l).

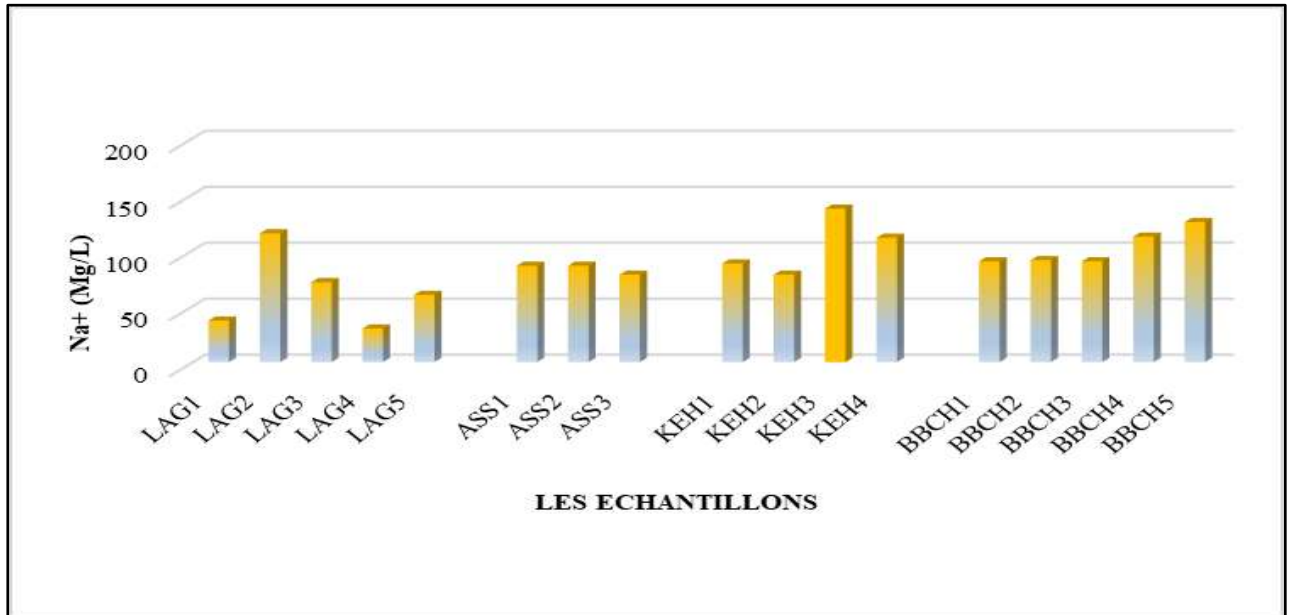


Figure 16: Histogramme représentatif de la variation du sodium dans les eaux analysées au niveau d'Oued M'zi (2023).

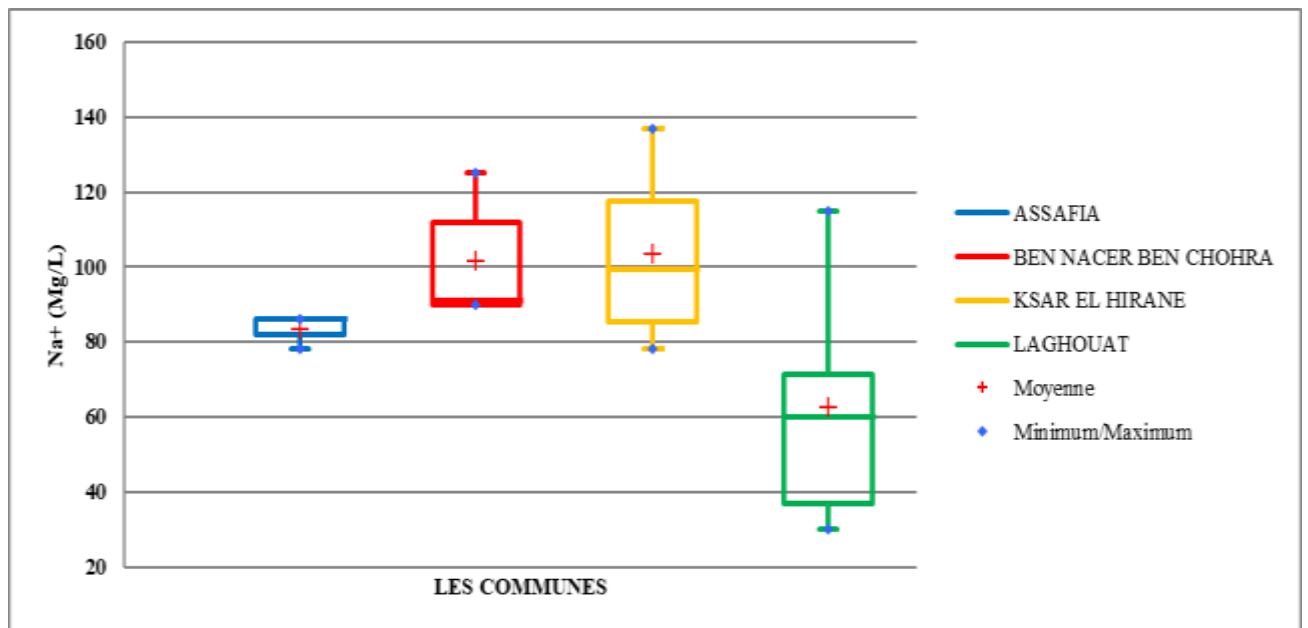


Figure 17: les teneurs du Sodium (Na+) des eaux potables de la zone aval d'Oued M'zi.

IV.3.5. Potassium (K⁺) :

Alcalin, d'aspect blanc métallique, légèrement bleuté ; assez abondant sur terre mais peu fréquent dans les eaux. En effet, il est facilement adsorbé et recombinaé dans les sols (sur les argiles notamment)

Tableau 12:les teneurs du Potassium (K+) dans les eaux analysées par commune.

Statistique	Nb	Min	Maxi	1er Quartile	Med	3ème Quartile	Moy	δ	C.V
ASSAFIA	3.00	1.90	2.10	2.00	2.10	2.10	2.03	0.09	0.05
BEN NACER BEN CHOIRA	5.00	1.20	1.30	1.20	1.20	1.30	1.24	0.05	0.04
KSAR EL HIRANE	4.00	1.30	2.20	1.30	1.65	2.05	1.70	0.41	0.24
LAGHOUAT	5.00	1.30	6.30	1.40	2.40	5.70	3.42	2.15	0.63

Les résultats d'analyse du potassium dans les eaux prélevées varient entre **1,2mg/l et 6,3mg/l**. Nous remarquons que les faibles valeurs enregistrées au niveau de la commune de **Ben Nacer Ben Chohra** et les fortes valeurs ont enregistrées au niveau de **Laghouat**. Les valeurs sont relativement inférieures et acceptée en comparant aux normes (**12mg/l**).

Le potassium provient de l'altération des formations argileuses des alluvions quaternaires et de la dissolution des engrais chimiques.

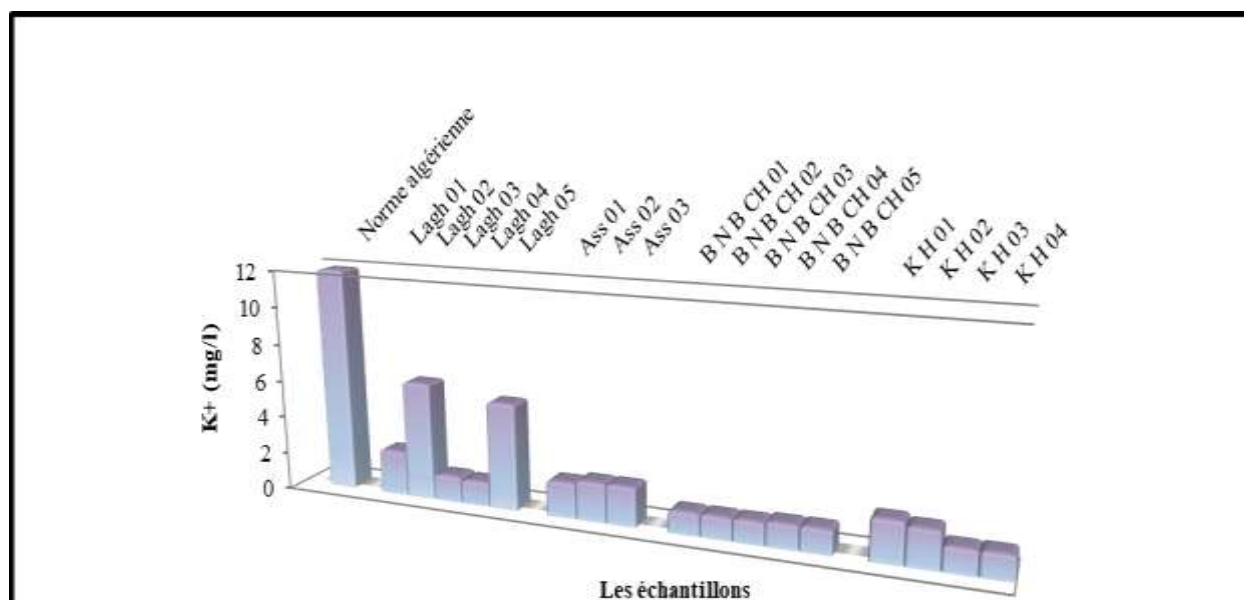


Figure 18: Histogramme représentatif de la variation du potassium dans les eaux analysées au niveau d'Oued M' zi (2023).

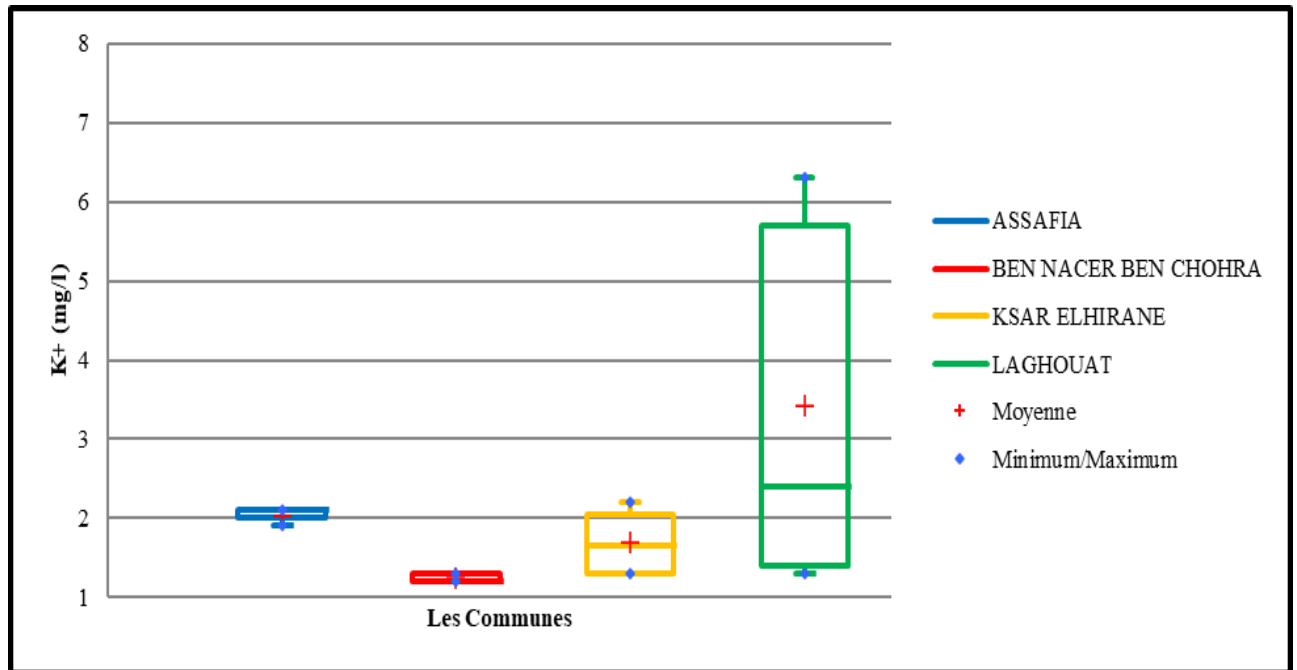


Figure 19: les teneurs du Potassium (K⁺) des eaux potables de la zone aval d’Oued M’zi.

IV.3.6. Bicarbonates (HCO₃⁻) :

Le bicarbonate dans l'eau provient de la dissolution du gaz carbonique dans les sources naturelles. Plus il y en a, plus l'eau est gazeuse. Le bicarbonate agit sur l'acidité gastrique, et il permet de donner au sang un pH stable.

Les résultats obtenus de l’analyse du bicarbonate dans les eaux de la zone aval d’oued m’zi varient entre **125 mg/l** et **458mg/l**. Les faibles valeurs ont été observées au niveau de **Ben Nacer Ben Chohra** et les fortes valeurs ont été observées au niveau de **Laghouat**. Ils concordent à la nature des aquifères exploitées. Malgré cela, Il est à signaler que ces eaux répondent aux normes de l’OMS (**600 mg/l**).

Tableau 13:les teneurs du Bicarbonates (HCO-3) dans les eaux analysées par commune

Statistique	Nb	Min	Max	1er Quartile	médiane	3ème Quartile	Moy.	δ	C.V
ASSAFIA	3.00	158.00	210.00	158.00	158.00	184.00	175.33	24.51	0.14
BEN NACER BEN CHOHRRA	5.00	158.00	210.00	158.00	158.00	158.00	168.40	20.80	0.12
KSAR EL HIRANE	4.00	158.00	263.50	158.00	184.00	223.38	197.38	43.68	0.22
LAGHOUAT	5.00	125.00	458.00	145.00	210.00	263.00	240.20	119.33	0.50

Les résultats obtenus de l’analyse du bicarbonate dans les eaux de la zone aval d’oued m’zi varient entre **125 mg/l** et **458mg/l**. Les faibles valeurs ont été observées au niveau de **Ben Nacer Ben Chohra** et les fortes valeurs ont été observées au niveau de **Laghouat**. Ils concordent à la nature des aquifères exploitées. Malgré cela, Il est à signaler que ces eaux répondent aux normes de l’OMS (**600 mg/l**).

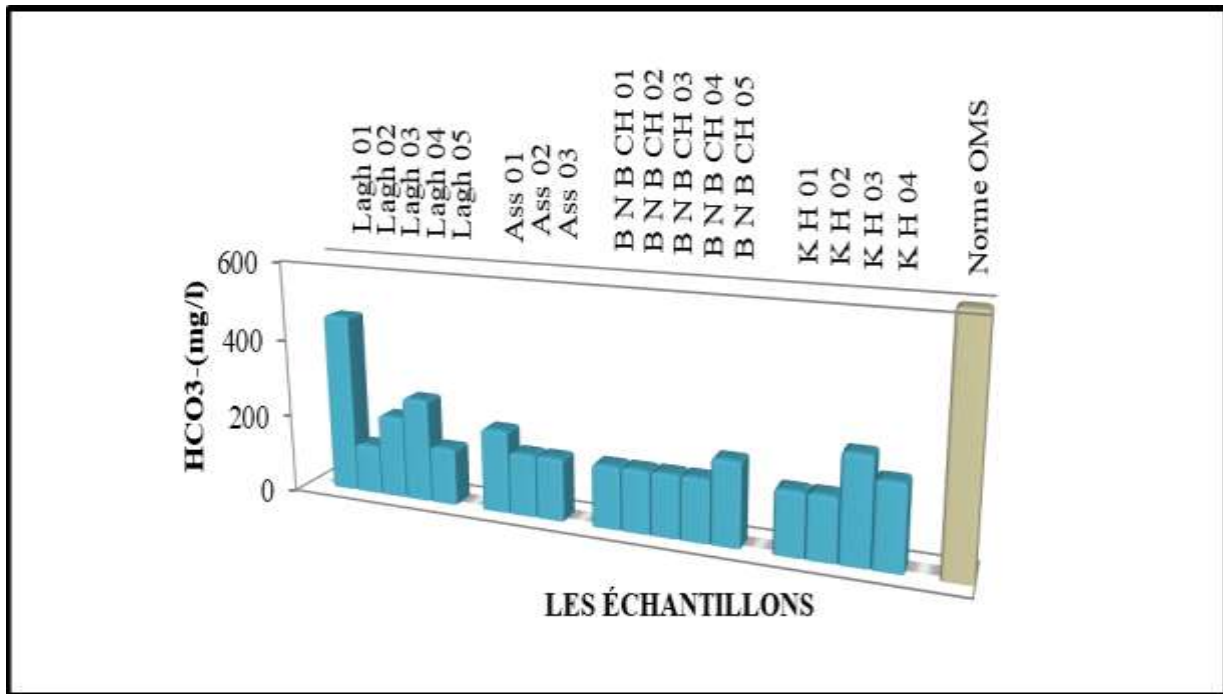


Figure 20: Histogramme représentatif de la variation des bicarbonates dans les eaux analysées au niveau d'Oued M'zi (2023).

La présence des bicarbonates dans l'eau de la zone d'étude aurait la même origine que celles du calcium et magnésium. Elle est due à la dissolution des formations carbonatées par des eaux chargées en gaz carbonique.

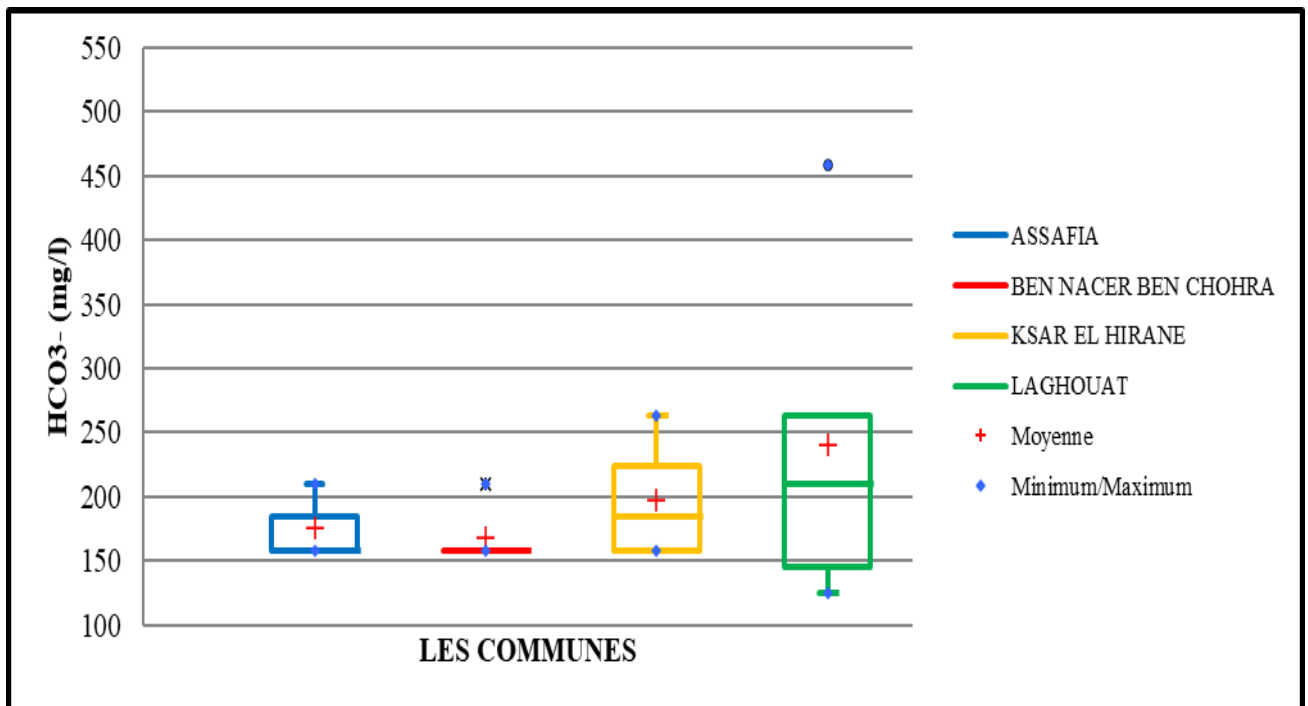


Figure 21: les teneurs du bicarbonate (HCO₃⁻ mg/l) des eaux potables de la zone aval d'Oued M'zi.

IV.3.7. Les Chlorure (Cl⁻) :

Le teneur en chlorures des eaux analysées est oscillé entre **92,3mg/l** et **276 mg/l**. Nous remarquons que les faibles valeurs sont localisées au niveau de **Laghouat** et les fortes valeurs au niveau d'**EL Assafia**. Ces résultats sont dans les normes algériennes (**500 mg/l**) mais ils dépassent la norme de l'OMS (**250 mg/l**).

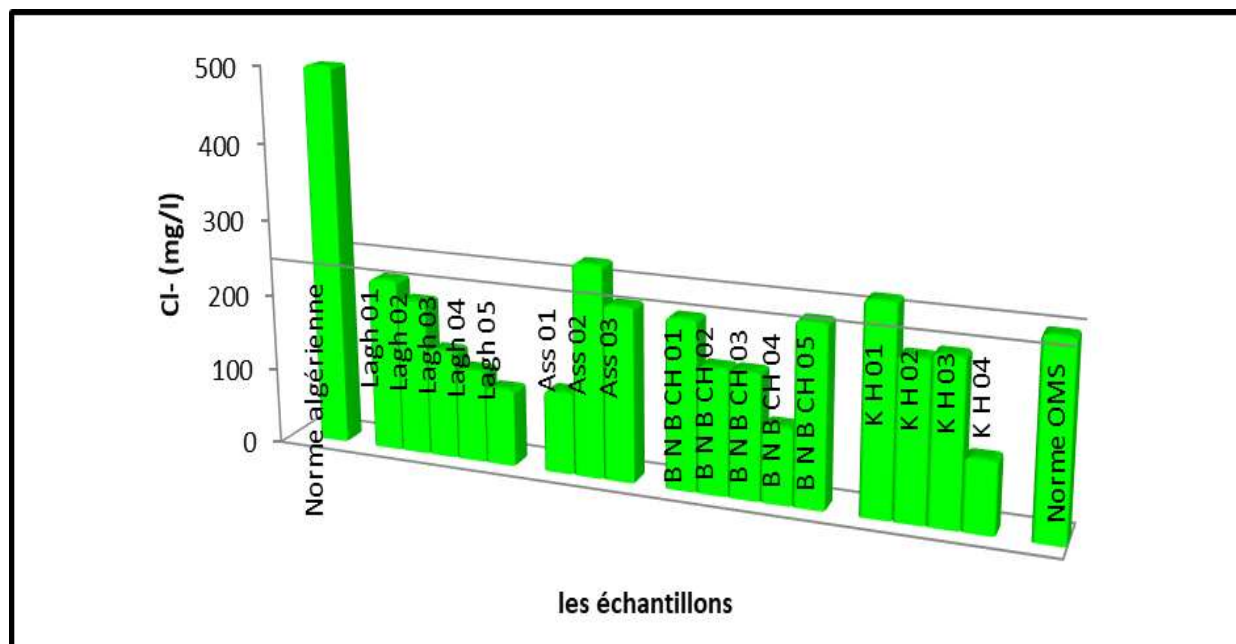


Figure 22: Histogramme représentatif de la variation du chlorure dans les eaux analysées au niveau d'Oued M' zi (2023).

Tableau 18: les teneurs du chlorure (Cl⁻) dans les eaux analysées par commune

Statistique	Nb	Min	Max	1er Quartile	Med	3ème Quartile	Moy	δ	C.V
ASSAFIA	3.00	106.50	276.00	166.75	227.00	251.50	203.17	71.22	0.35
BEN NACER BEN CHOHRRA	5.00	99.40	234.30	163.30	163.30	220.10	176.08	48.03	0.27
KSAR EL HIRANE	4.00	92.30	269.00	177.50	209.45	227.00	195.05	64.16	0.33
LAGHOUAT	5.00	100.00	227.00	120.70	142.00	203.00	158.54	48.57	0.31

D'après le **tableau n°14**, Les fortes valeurs ont été observées au niveau la commune **EL Assafia** ce qui indique qu'elle engendre de risque de corrosion par assainissement d'hypochlorite de sodium au niveau des canalisations.

La présence de chlorures dans les eaux naturelles peut être attribuée à la dissolution de dépôt de sel gemme, aux effluents de l'industrie chimique, aux rejets des égouts chacune de ces sources de pollution peut contaminer localement les eaux de surface et les eaux souterraines.

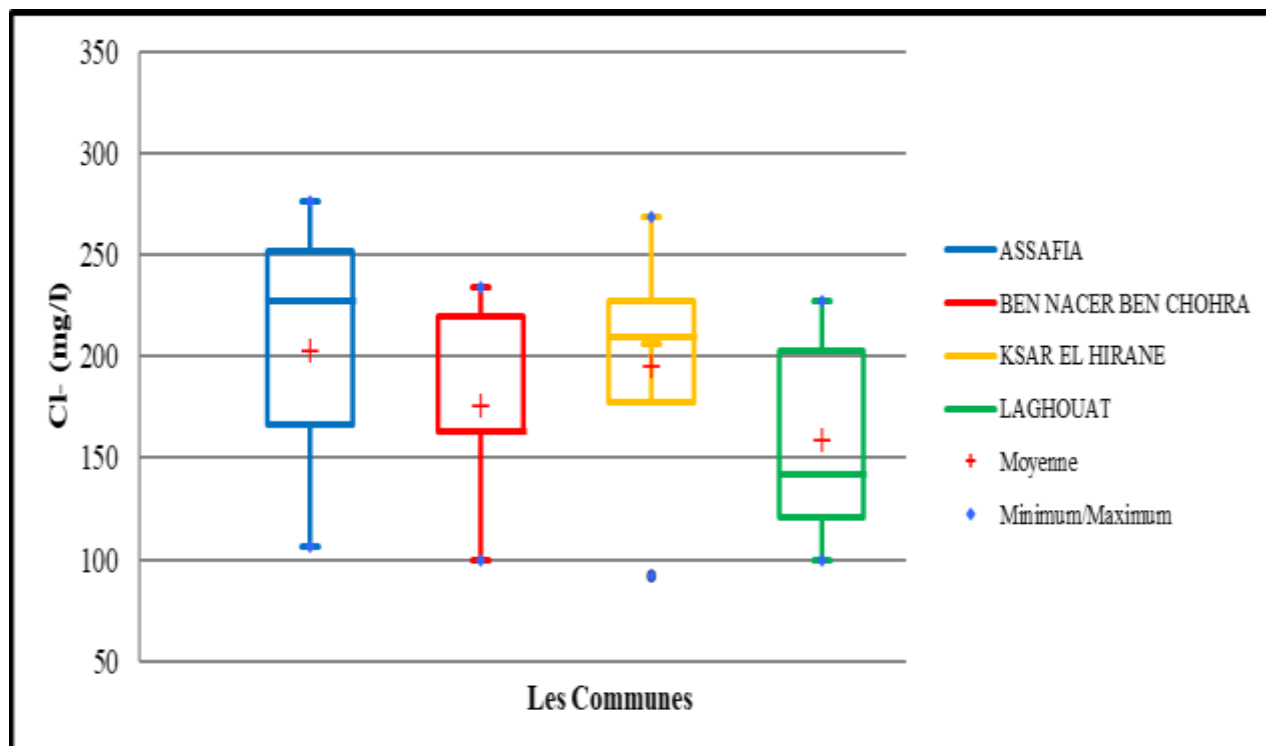


Figure 23: les teneurs du chlorure (Cl^- mg/l) des eaux potables de la zone aval d'Oued M'zi.

IV.3.8. Les Sulfates (SO_4^{2-}) :

La teneur en sulfates dans l'eau est liée aux composés alcalins. Leur présence résulte de la légère dissolution des sulfates de calcium des roches gypseuses, de l'oxydation des sulfates dans les roches sulfatés, la présence des matières organiques d'origine animale. Le cycle de soufre débute par décomposition des divers déchets organiques par des bactéries hétérotrophe qui libèrent en dernier.

Tableau 19: les teneurs du Sulfates (SO_4^{2-}) dans les eaux analysées par commune.

Statistique	Nb	Min	Max	1er Quartile	Médiane	3ème Quartile	Moy	δ	C.V
ASSAFIA	3.00	166.00	281.00	203.50	241.00	261.00	229.33	47.67	0.21
BEN NACER BEN CHOHRRA	5.00	193.00	223.00	206.00	215.00	217.00	210.80	10.44	0.05
KSAR EL HIRANE	4.00	184.00	272.00	213.25	227.00	241.25	227.50	31.24	0.14
LAGHOUAT	5.00	138.56	470.00	251.17	319.68	335.20	302.92	108.56	0.36

Dans les localités prospectées et comme indiqué sur le tableau, les résultats montrent que les valeurs du sulfate présentent dans l'eau des forages sont Compris entre **138,5mg/l et 470mg/l**. Les faibles valeurs ont été observées au niveau de **Ben Nacer Ben Chohra** et les fortes valeurs ont été observées au niveau de la commune de **Laghout**, Elle est évidemment plus élevée dans cette région. Elle dépasse la norme algérienne (**400mg/l**). Selon l'intolérance des consommateurs, l'excédé de sulfates dans l'eau peut entrainer des troubles intestinaux.

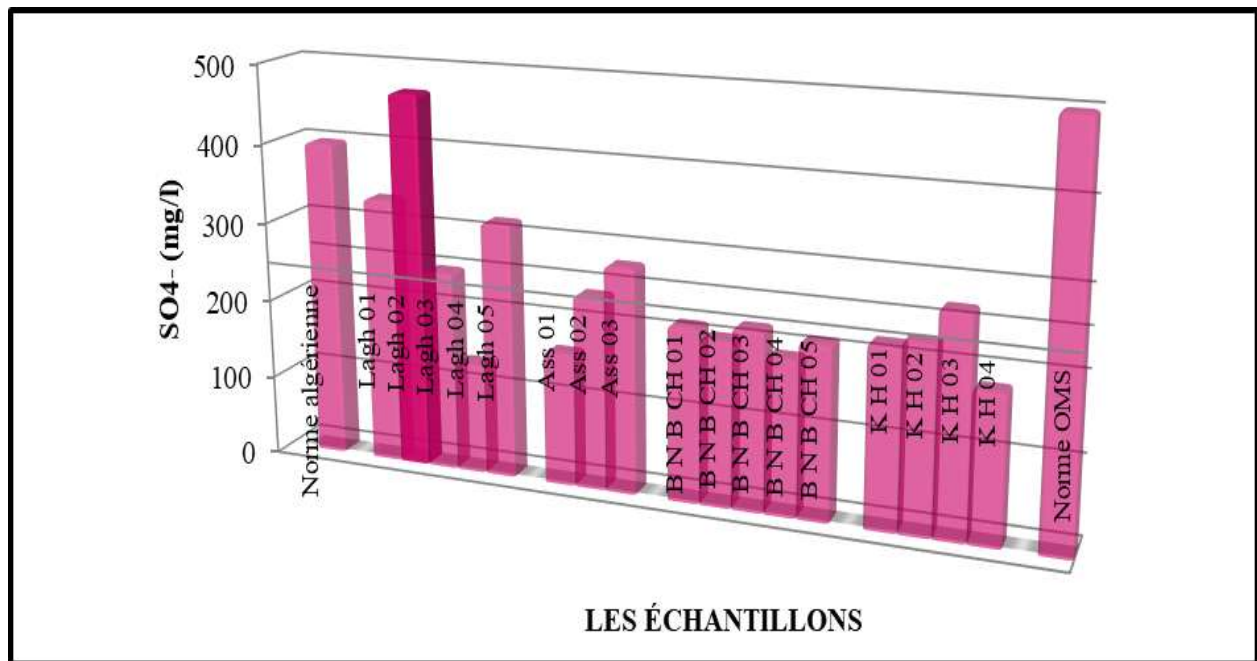


Figure 24: Histogramme représentatif de la variation des sulfates dans les eaux analysées au niveau d'Oued M'zi (2023).

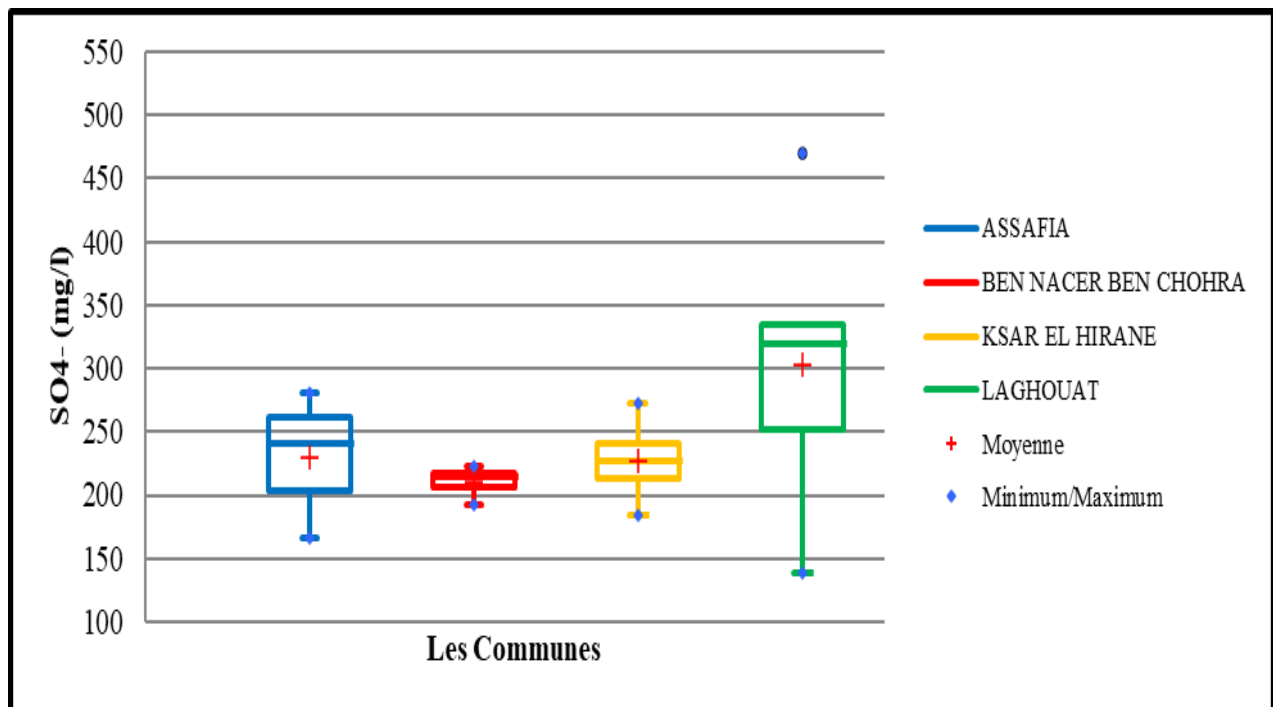


Figure 25: les teneurs du Sulfates (SO₄-2) des eaux potables de la zone aval d'Oued M'zi.

IV.4. Les paramètres de pollution des eaux

IV.4.1. Phosphates PO₄⁻³ :

Ils peuvent être d'origine naturelle (produit de décomposition de la matière vivante, lessivage de minéraux) mais, à l'heure actuelle, leurs présences dans les eaux sont plutôt

d'origine artificielle (engrais, poly phosphates des formulations détergentes, industries agroalimentaires, traitements de surface). (Bouti et Brik, 2017)

Tableau 20: les teneurs du Phosphates (PO4) dans les eaux analysées par commune.

STATISTIQUE	Nb	Min	Max	1er Quartile	Méd.	3ème Quartile	Moy	δ	C.V
ASSAFIA	3.00	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.00	0.00
BEN NACER BEN CHOIRA	5.00	0.03	0.06	0.04	0.04	0.05	0.04	0.01	0.23
KSAR EL HIRANE	4.00	0.03	0.09	0.04	0.05	0.06	0.05	0.02	0.43
LAGHOUAT	5.00	0.05	0.15	0.05	0.06	0.06	0.07	0.04	0.52

D'après les résultats obtenus nous remarquons que les valeurs des ortho phosphates dans la région d'étude varient entre **0,03mg/l et 0,15mg/l**). Les faibles valeurs ont été observées au niveau d'EL Assafia et Ben Nacer Ben Chohra et les fortes valeurs ont été observées au niveau de Laghouat. Ces résultats restent à la norme l'OMS et la norme algérienne (**0,5mg/l**).

La présence de l'ortho Phosphates dans les eaux dans cette région est d'origine artificiel soit les déchets et les eaux usées rejetées directement dans oued m'zi ou l'utilisation intensive des engrais chimiques au niveau de la zone amont de oued m'zi

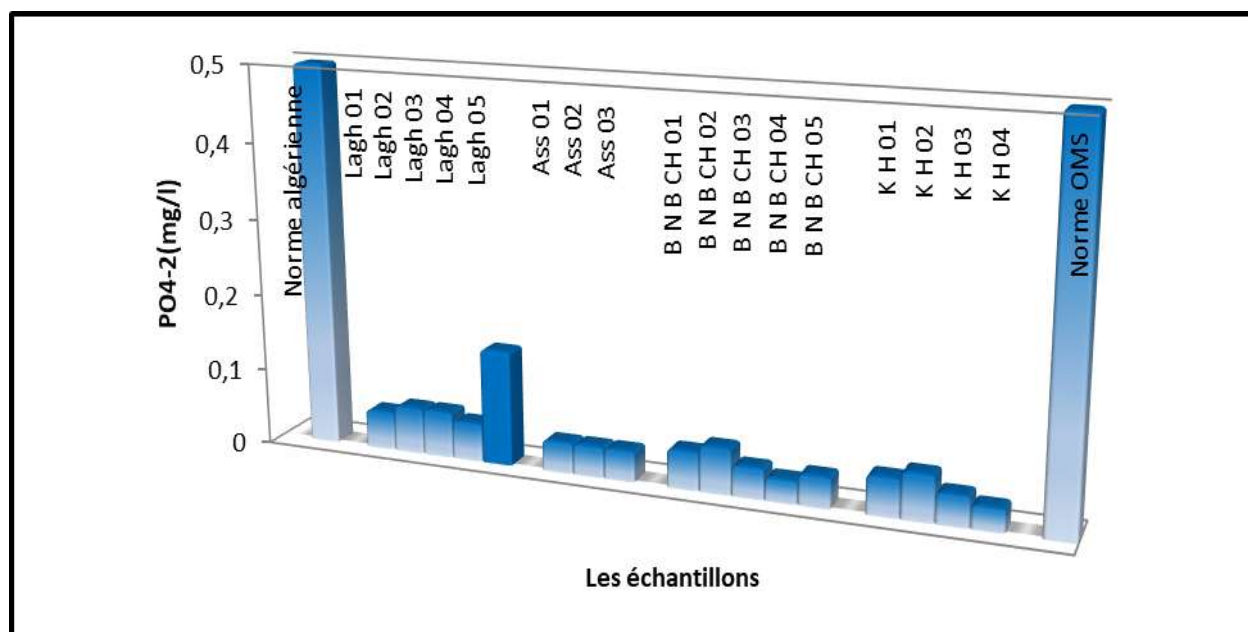


Figure 26: Histogramme représentatif de la variation du Phosphate dans les eaux analysées au niveau d'Oued M' zi (2023).

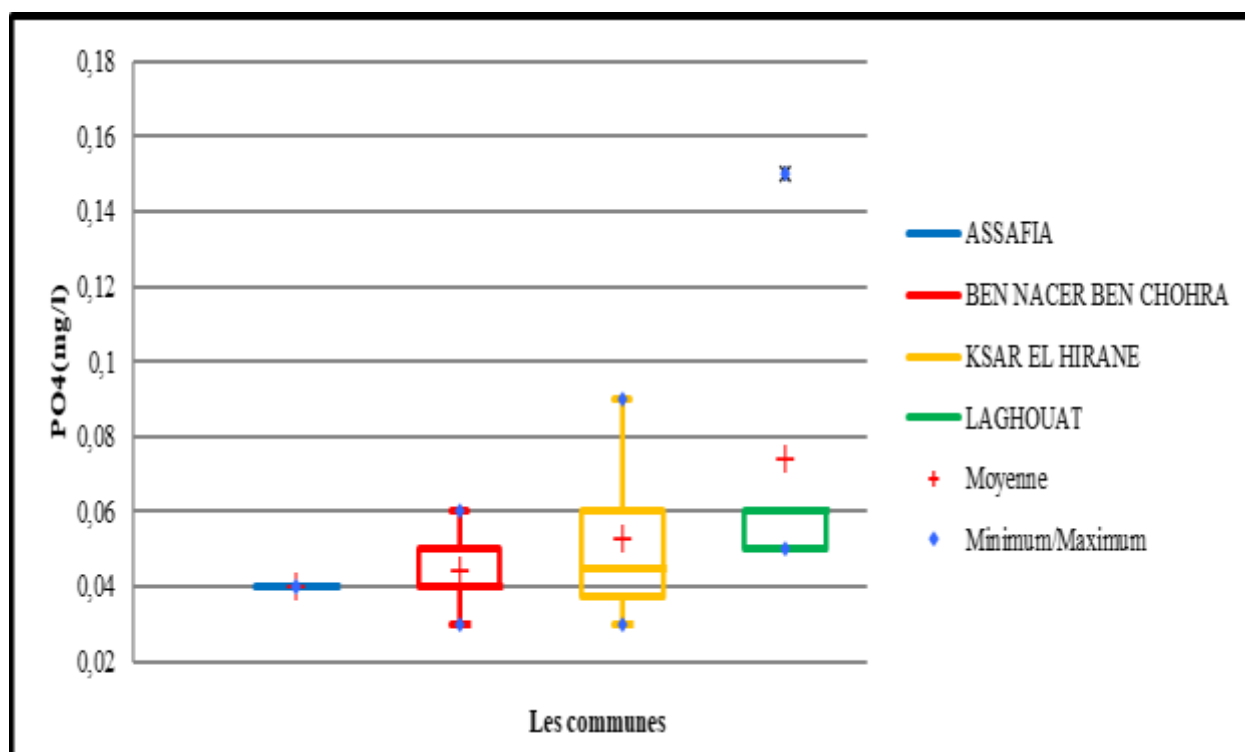


Figure 27: les teneurs du Phosphates (PO₄) des eaux potables de la zone aval d'Oued M'zi.

IV.4.2. L'ammonium (NH₄⁺) :

L'ammonium (NH₄⁺) est la forme ionisée de l'azote ammoniacale. Il est relativement fréquent dans les eaux et traduit habituellement un processus de dégradation incomplète de la matière organique (décomposition des déchets végétaux et animaux). L'ion ammonium se transformant assez rapidement en nitrates et nitrites par oxydation.

Tableau 21: les teneurs du l'ammonium (NH₄⁺) dans les eaux analysées par commune.

Statistique	Nb	Min	Max	1er Quartile	Méd.	3ème Quartile	Moy	δ	C.V
ASSAFIA	3.00	0.11	0.12	0.11	0.11	0.12	0.11	0.00	0.04
BEN NACER BEN CHOHRRA	5.00	0.09	0.12	0.10	0.10	0.10	0.10	0.01	0.10
KSAR EL HIRANE	4.00	0.11	0.90	0.11	0.12	0.32	0.31	0.34	1.10
LAGHOUAT	5.00	0.09	0.12	0.10	0.11	0.12	0.11	0.01	0.11

L'eau de consommation est présente des traces d'ammoniums compris entre (0,09mg/l et 0,9mg/l). Pour cela, nous remarquons les faibles valeurs ont été observées au niveau de la commune de **Ben Nacer Ben Chohra** et les fortes valeurs ont été observées au niveau de **Ksar EL Hirane**. Ces résultats sont supérieurs et dépassant la norme de potabilité algérienne et l'OMS (0,5mg/l).

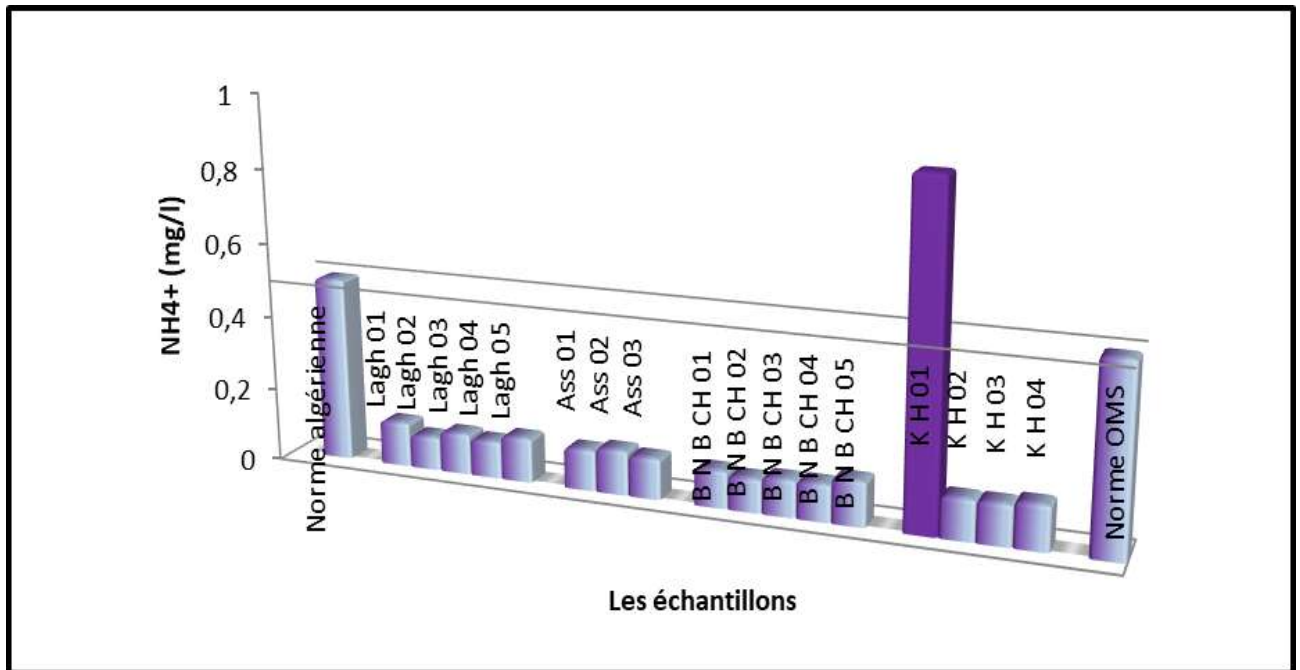


Figure 28: Histogramme représentatif de la variation d'ammonium dans les eaux analysées au niveau d'Oued M'zi (2023).

La forte présence d'azote ammoniacal dans les eaux des forages **KH 01** est l'indice d'une pollution par des rejets d'origine humaine ou industrielle.

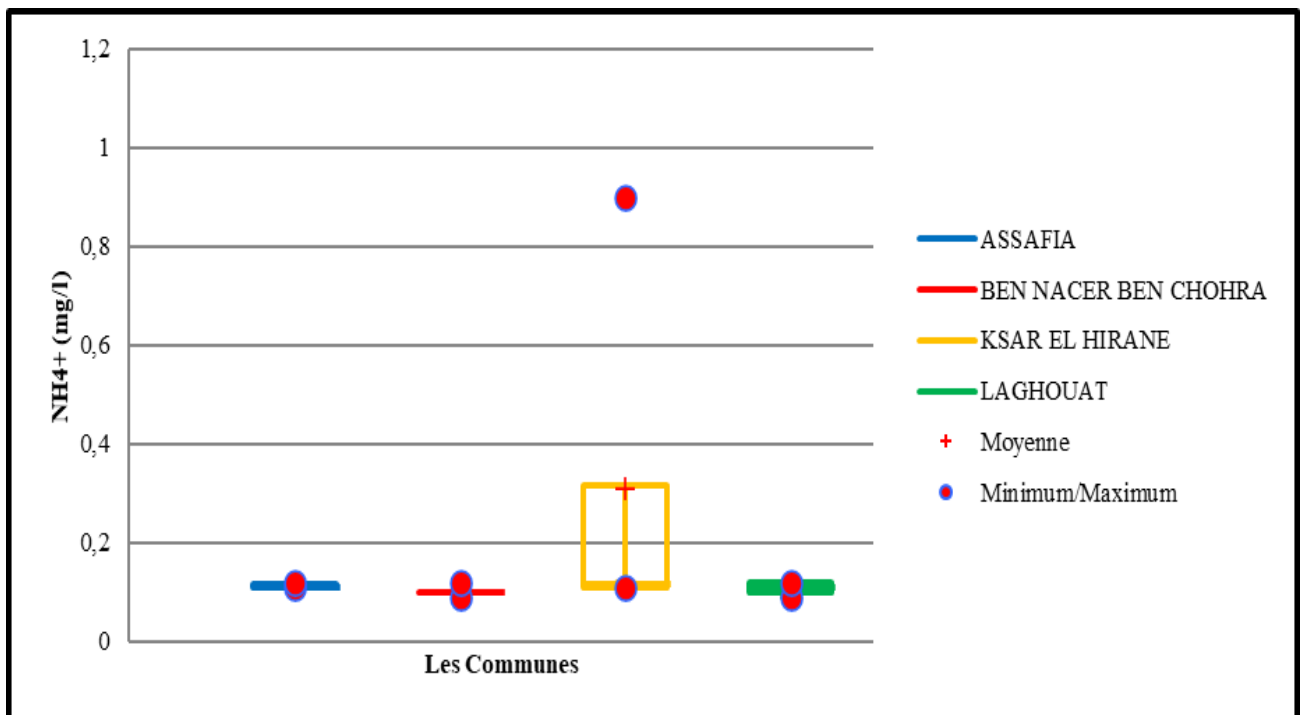


Figure 29: les teneurs du l'ammonium (NH4+) des eaux potables de la zone aval d'Oued M'zi.

IV.4.3. Nitrates (NO₃⁻) :

Toutes les formes d'azote sont susceptibles d'être à l'origine des nitrates par un processus d'oxydation biologique. Les nitrates (ou azote nitrique) représentent la forme azotée souvent la plus présente dans les eaux naturelles. Les nitrates constituent la composante principale de l'azote inorganique (N inorganique) ou minéral, lui-même inclus majoritairement dans l'azote global (NGL) ou azote totale (NT) avec une autre composante, l'azote organique (Norganique). (Rodier, 2009)

Tableau 22: les teneurs du Nitrates (NO₃-) dans les eaux analysées par commune.

Statistique	Nb.	Min	Max	1er Quartile	Med	3ème Quartile	Moy	δ	C.V
ASSAFIA	3.00	0.33	23.50	7.82	15.30	19.40	13.04	9.59	0.74
BEN NACER BEN CHOHRRA	5.00	5.89	19.20	8.00	9.69	18.00	12.16	5.41	0.45
KSAR EL HIRANE	4.00	0.68	26.00	5.23	16.37	26.00	14.86	11.35	0.76
LAGHOUAT	5.00	6.07	16.50	8.82	9.50	11.90	10.56	3.50	0.33

Les teneurs des nitrates varient entre **0,33 mg/l et 23,5mg/l**. Les faibles valeurs de nitrates ont été observées au niveau de **Laghouat** et les fortes valeurs ont été observées au niveau de **EL Assafia** et **Ksar EL Hirane**. Ces résultats n'ont pas dépassé les normes de L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) et les normes algériennes (**50mg/l**).

Les concentrations élevées des nitrates dans les eaux destinées à la consommation des habitants de ces communes sont due à l'utilisation excessive des engrais chimiques dans l'agriculture.

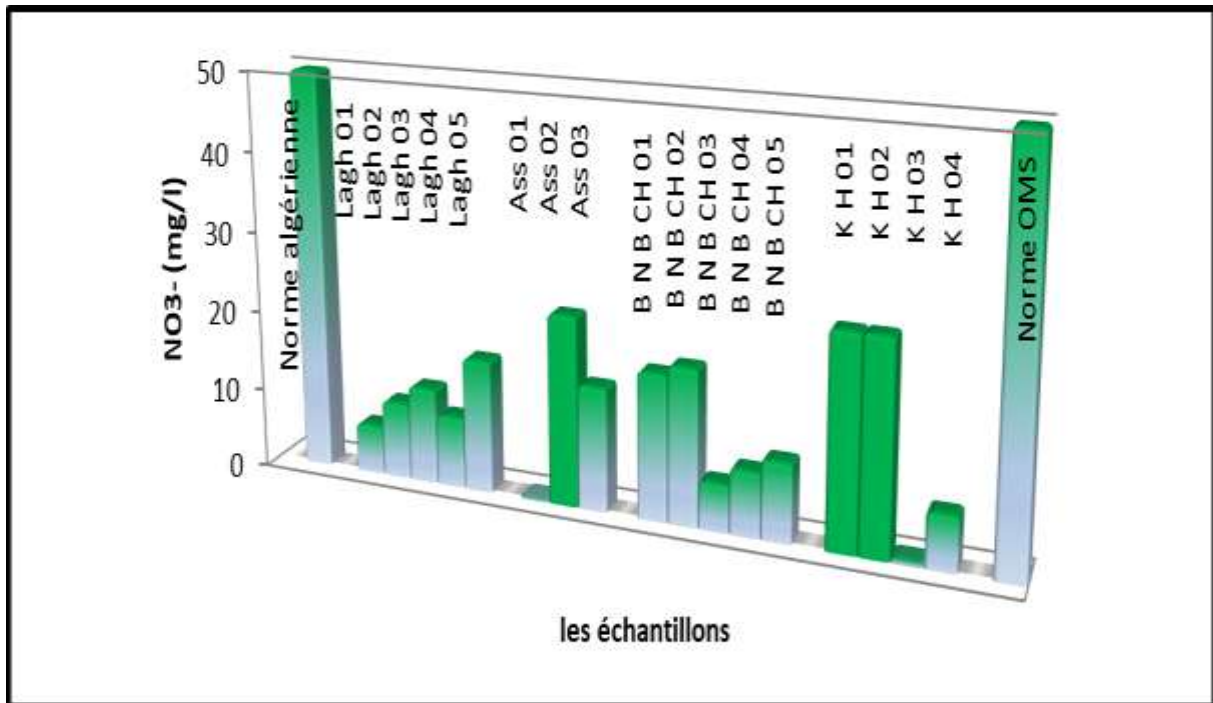


Figure 30: Histogramme représentatif de la variation du Nitrates dans les eaux analysées au niveau d'Oued M'zi (2023)

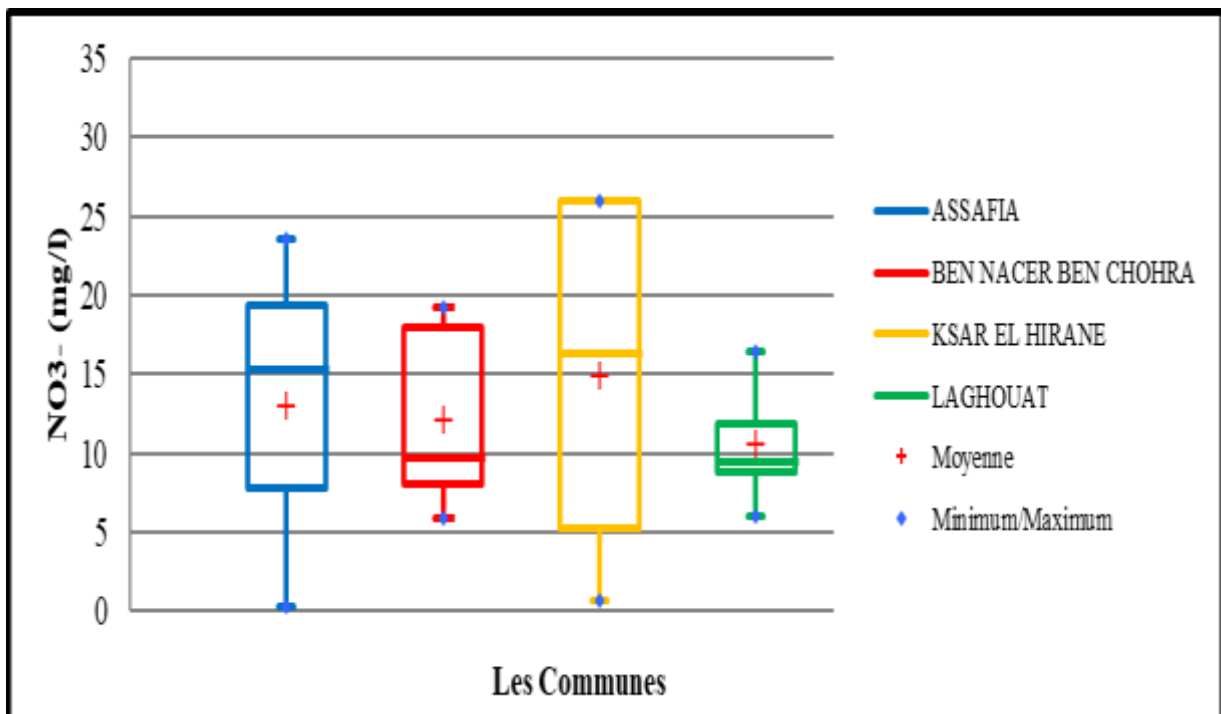


Figure 31: les teneurs du Nitrates (NO₃⁻) des eaux potables de la zone aval d'Oued M'zi.

IV.5. Présentation graphique des eaux analysées

IV.5.1. Diagramme de PIPER :

Les données chimiques en éléments majeurs sont représentées dans le diagramme de piper (fig.39) qui permet une présentation des ions et des cations sur deux triangles spécifiques dont les côtés expriment les teneurs relatives (%) en chacun des ions majeurs par rapport au total de ces ions, exprimés en $\mu\text{eq/l}$: cations (Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ , K^+) et anions (HCO_3^- , Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-})

La position de l'eau étudiée dans ces deux triangles permet de préciser quels sont les anions et les cations dominant pour La détermination du faciès chimiques.

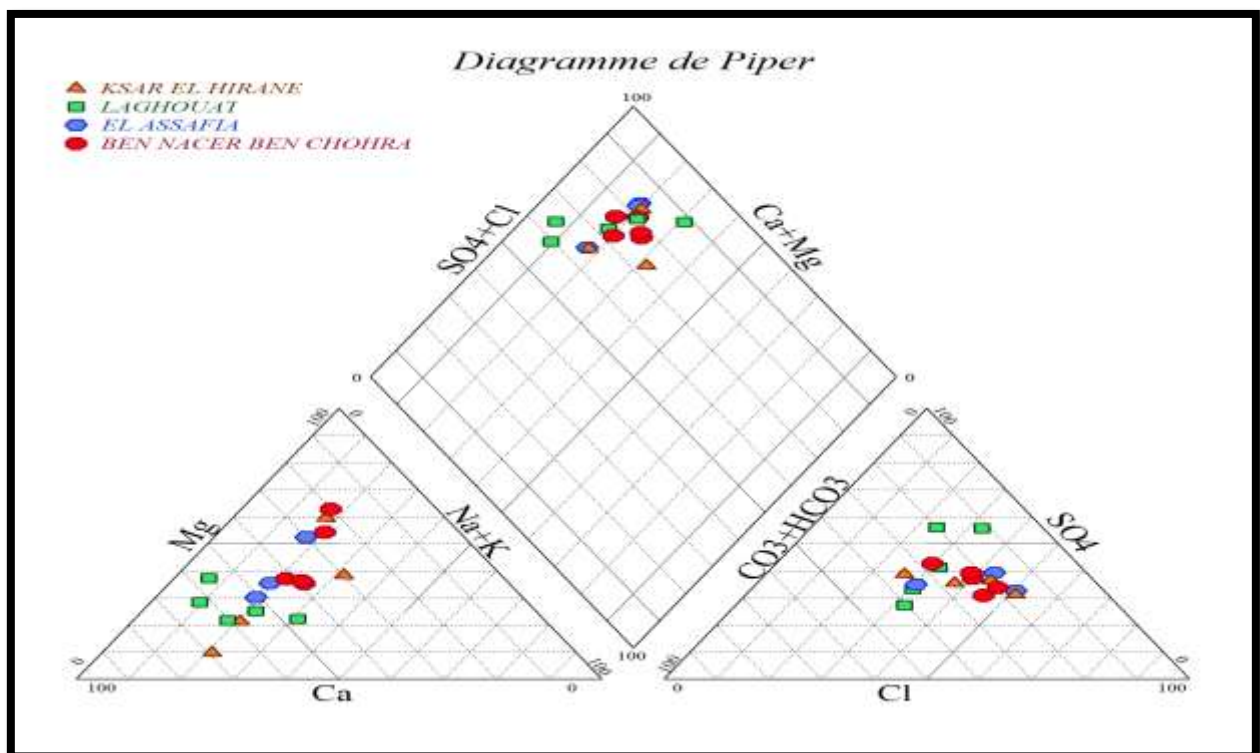


Figure 32: La représentation graphique des éléments chimique des eaux analysées sur diagramme de piper.

Dans le cadre de cette étude, les analyses physico-chimiques effectuées montrent que les eaux des forages sont des eaux chlorurées et sulfatées calcique magnésien qui implique que les points d'eau existants au voisinage d'Oued M'Zi à une tendance très marquée par les dissolutions de l'évaporite.

On observe que les ions Magnésium et calcium sont présentés dans la plupart des eaux dans ce cas d'étude. La cause principale des teneurs fortes de ces deux éléments au niveau dans les puits près d'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 présent dans les couches du sol va être soluble ce

qui entraîne une augmentation de la proportion de ces deux dernières. Dans le cadre de cette étude, les analyses physico-chimiques effectuées montrent que les eaux des forages sont des eaux chlorurées et sulfatées calcique magnésien qui implique que les points d'eau existants au voisinage d'Oued M'Zi à une tendance très marquée par les dissolutions de l'évaporite.

On observe que les ions Magnésium et calcium sont présentés dans la plupart des eaux dans ce cas d'étude. La cause principale des teneurs fortes de ces deux éléments au niveau dans les puits près d'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 présent dans les couches du sol va être soluble ce qui entraîne une augmentation de la proportion de ces deux dernières.

IV.5.2. Diagramme de STABLER :

Le diagramme de stabler représente la contribution de chaque espèce ionique à la somme cationique ou à la somme anionique. Pour cela les concentrations en milliéquivalents par litres (meq.L-1) des anions et des cations sont reportées sur deux barres ou colonnes distinctes de même longueur car les solutions sont électriquement neutres et la somme des anions est égale à la somme des cations. Les concentrations étant reportées en %.

Ce diagramme est très utile pour l'étude des équilibres carbonatés. Il permet de représenter très rapidement l'alcalinité, l'alcalinité résiduelle calcite et les alcalinités résiduelles généralisées. La détermination des différents titres est alors visuelle.

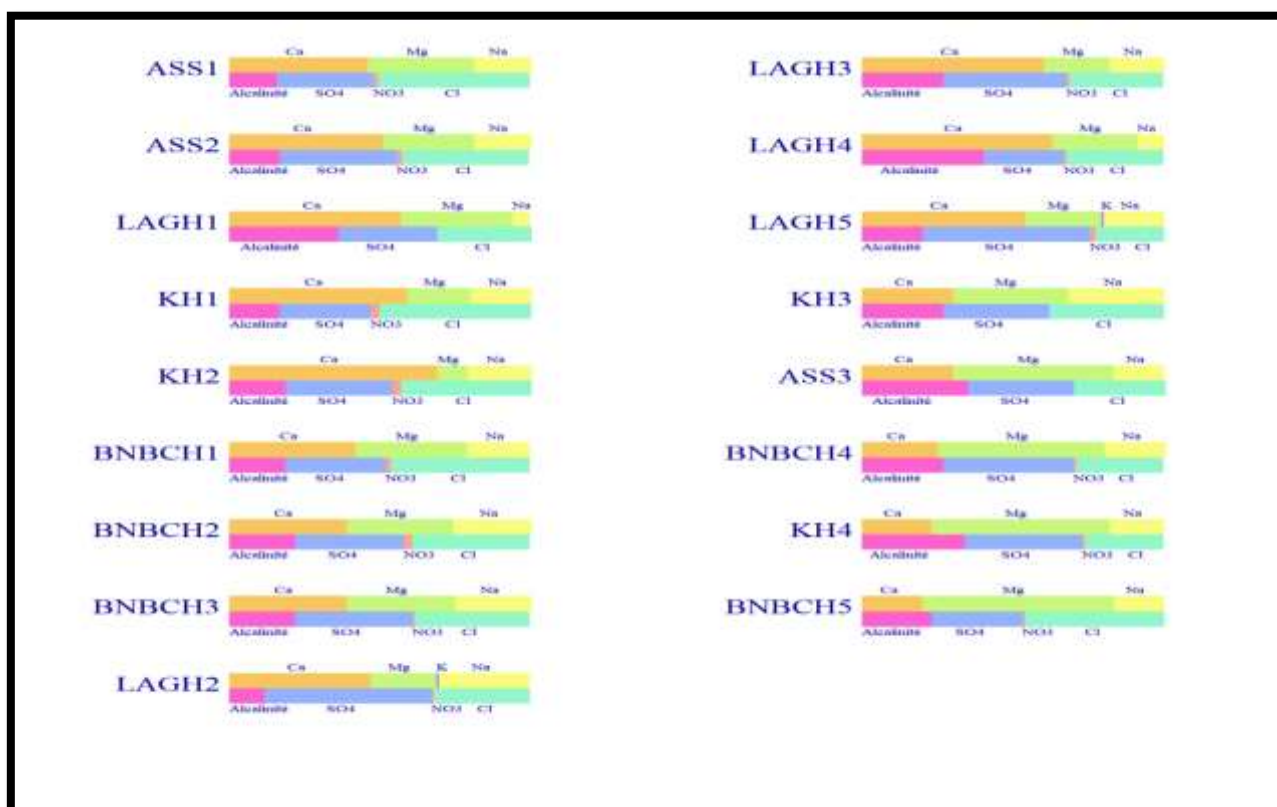


Figure 40 : La représentation graphique des éléments chimiques des eaux analysées sur diagramme de stabler

Tableau 23: Classification des faciès chimiques des eaux potable à partir de diagramme de STABLER.

Les points	Communes	faciès chimiques	Nombre
Ass 01, Ass 02	El Assafia	Ca > Mg > NA - Cl > SO4 > HCO3	02
Ass 03		Mg > Ca > Na - HCO3 > SO4 > Cl	01
BBCH 01, BBCH 02; BNBCH 03	Ben Nacer Ben Chohra	Ca > Mg > NA - Cl > SO4 > HCO3	03
BBCH 04 , BBCH 05		Mg > Ca > Na - SO4 > Cl > HCO3	02
KH01, KH 02, KH 03	Ksar EL Hirane	Ca > Mg > NA - Cl > SO4 > HCO3	03
K H04		Mg > Ca > Na - SO4 > HCO3 > Cl	01
Lagh 01, Lagh 03	Laghouat	Ca > Mg > NA - HCO3 > SO4 > Cl	02
Lagh 02		Ca > Na > Mg - SO4 > Cl > HCO3	01
Lagh 04, Lagh 05		Ca > Mg > Na - SO4 > Cl > HCO3	02

D'après les résultats (tableau n°20) on note que les faciès chimiques prédominants sont :

- Chloruré calcique : 47.10%
- Bicarbonaté magnésien : 5.86%
- Sulfaté magnésien : 17.64 %
- Bicarbonatée calcique : 11.76%
- Sulfaté calcique : 17.64 %

IV.5.3. Diagramme de WILOCS :

Ce diagramme est essentiellement utilise pour évaluer le risque de salinisation des sols. Il utilise pour cela la conductivité électrique (CE) des ions contenus dans l'eau ou la charge totale dissoute, toutes deux relative à la salinité de l'eau, et l'indice d'absorption du sodium (SAR en anglais).

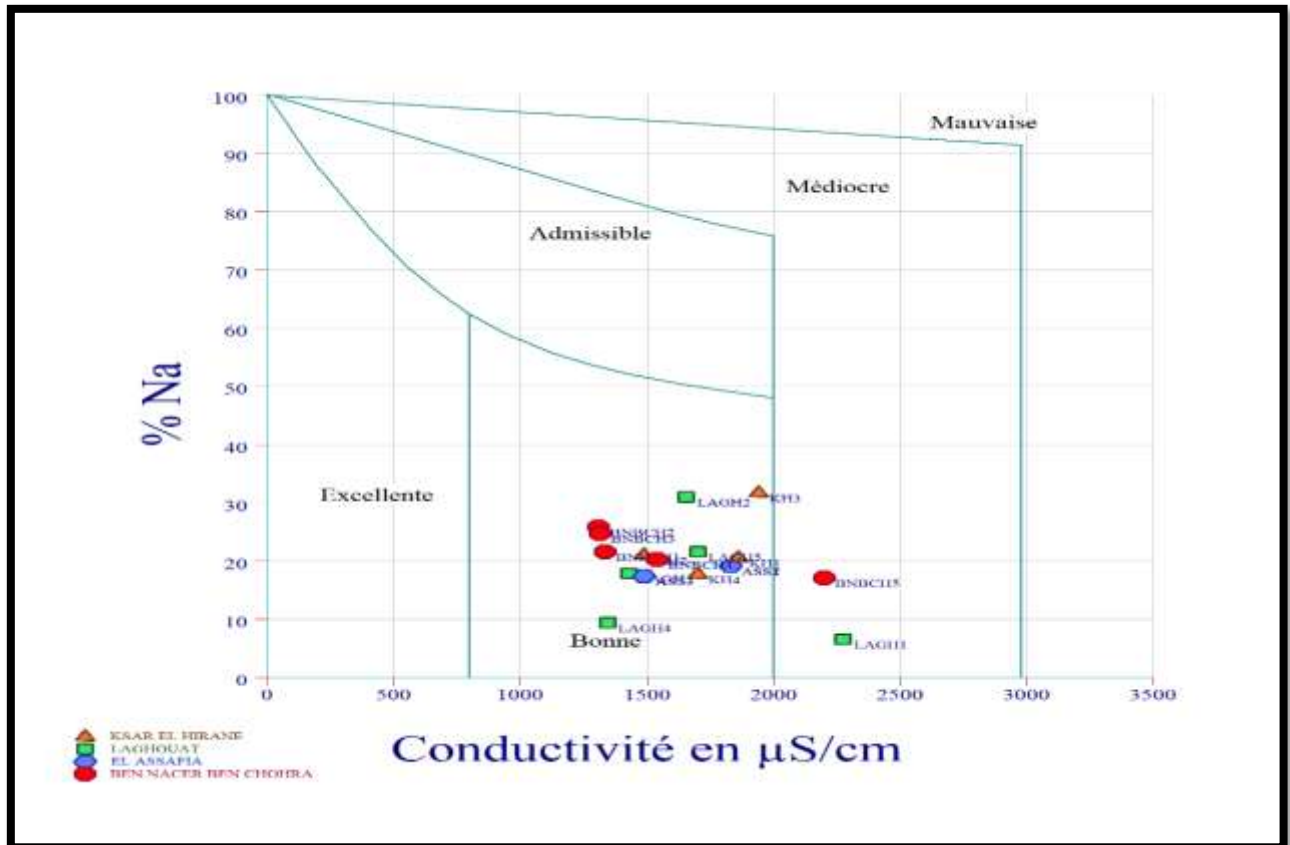


Figure 33: La représentation graphique des éléments chimique des eaux analysées sur diagramme de wilcox

D'après le diagramme du WILCOX les 17 échantillons se répartissent généralement en deux groupes et présentent un risque faible de salinisation et d'alcalinisation des eaux sur tout l'ensemble de la partie d'étude :

- On constate que tous les échantillons se trouvent dans le groupe (**bonne**) et présentent aussi un faible risque de salinisation et un pouvoir alcalinisé très faible. Ce qui implique que nos eaux ne sont pas chargées en sodium et par conséquent, elles sont meilleures pour la consommation.
- Par contre nous remarquons une eau médiocre au niveau de **Lagh 01** et **BBCH 05**.

IV.6. Interprétation des résultats d'analyses bactériologiques :

Les analyses bactériologiques des Eaux de la partie avale d'Oued M'zi consistent en recherche des Germes totaux et des Coliformes totaux, fécaux et des Streptocoques fécaux et Clostridium sulfito-réducteurs.

IV.6.1. Germe totaux :

D'après les l'analyse microbiologique de l'eau prélevé au voisinage d'Oued M'zi dans les quatre communes prospectées (Laghouat, Assafia, Ben Nacer Ben Chohra, Ksar EL Hirane). Nous constatons que :

- À la température d'incubation **22°C**. Nous n'observons aucuns germes totaux dans toutes les zones étudiées. Les normes algériennes et l'OMS (< **100 UFC/ml**) ont été respectées dans cette analyse.
- Par contre à la température d'incubation **37°C**. les germes totaux sont présents par quantité élevé au niveau des eaux des forages étudiés : **BBCH 05** et **KH04** (> **100 UFC/ml**) à (Fig. 41)

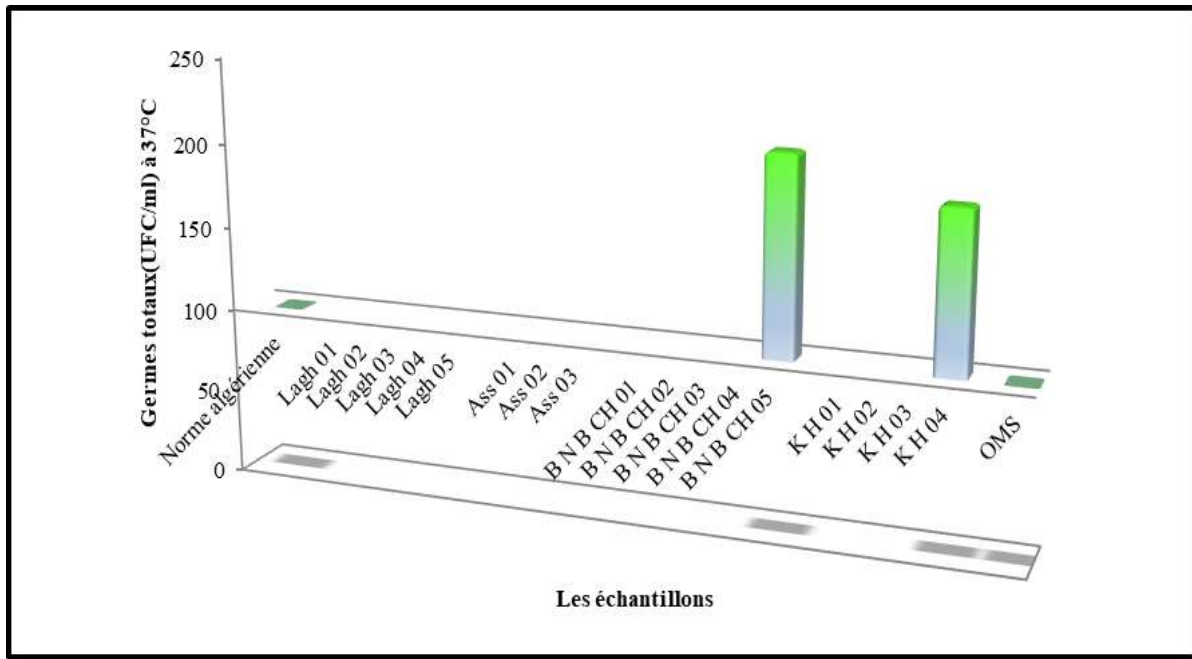


Figure 34: le taux des Germes totaux à 37 °C

$$N = \sum C / 1,1 \times d$$

$\sum C$: Somme des colonies dénombrées sur boîtes,

D : est le taux de dilution correspondant à la première dilution

Tableau 14: Représentatif le nombre des germes totaux

Nombre des points	Nombre des colonies
BBCH 05	1930 UFC/ml
KH 04	2150 UFC/ml

IV.6.2. Coliforme totaux

D'après nos résultats nous avons remarqué une absence totale des Coliformes totaux dans tous les points des prélèvements.

IV.6.3. Coliforme Thermo-tolérants

Les coliformes fécaux sont absence totalement dans tous les prélèvements de l'eau analysée (forages) sont conforme de L'OMS et les normes algérienne (100 coliformes fécaux dans 100ml d'échantillons). Cela confirme l'absence d'une pollution fécale (traitement les eaux par le chlore)

IV.6.4. Streptocoques fécaux

La recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux pour les échantillons d'eau à analysées, ceci montré que l'eau de tous les échantillons est conforme aux normes algériennes qui exigent l'absence totale de ce germe dans les eaux destinées à la consommation **(0ufc/100ml)**.

IV.6.5. Clostridium sulfito-réducteurs

L'analyse de l'eau à révéler également l'absence de sport de clostridium c'est une indication d'absence d'une contamination ancienne. Les normes algériennes tolèrent 01 spore d'anaérobie sulfito-rédacteur dans 20 ml d'eau à analyser.

- Sauf, ont été enregistrée des spores de micro-organismes anaérobies sulfito-réducteurs dans les échantillons au niveau des forages **(BNBCH 04 et KH 03)**.

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 :

A l'issue de notre étude qui a porté essentiellement sur l'évaluation de la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux des forages utilisées pour la consommation au niveau de la partie sud de Laghouat. On a apprécié que les paramètres analysés sont conformes aussi bien à la réglementation nationale qu'internationale en matière de potabilité de l'eau. De laquelle on a résolu de cette étude :

- Le PH de ces eaux analysées est proche à la neutralité, la température moyenne dans toutes les eaux prélevées et est acceptable.
- La valeur de la conductivité électrique à tous les échantillons d'eau analysée respecte les normes algériennes. Sauf, au niveau des forages **Lagh 01** et **BBCH 05** où il dépasse les Normes OMS. Ce qui également à influencer sur leur minéralisation, salinité et TDS
- Les fortes teneurs les éléments de chlorure, calcium, de magnésien ont été remarquées au niveau des localités d'el Assafia et Ksar el Hirane. Selon la norme OMS, ces eaux sont nuisibles pour les enfants.
- Les concentrations des sulfates et en bicarbonates ne dépassent pas les normes algériennes.
- Les teneurs en phosphates, sodium, potassium, ammonium et nitrates sont réglementaires. Ils n'excèdent pas les normes algériennes.

La charge microbienne des eaux dénombrée par des méthodes normalisées dans des milieux de cultures sélectifs a révélé pour les échantillons de l'eau du forage la présence d'une germe totaux par quantité élevé au niveau de **BBCH 05** et **KH 04** et n'observe des spores de micro-organismes anaérobies sulfite-réducteurs dans les échantillons au niveau des forages **BBCH 04** et **KH 03**. Contraire que les coliformes fécaux, totaux et streptocoques fécaux elles sont nul d'une tous les prélèvements.

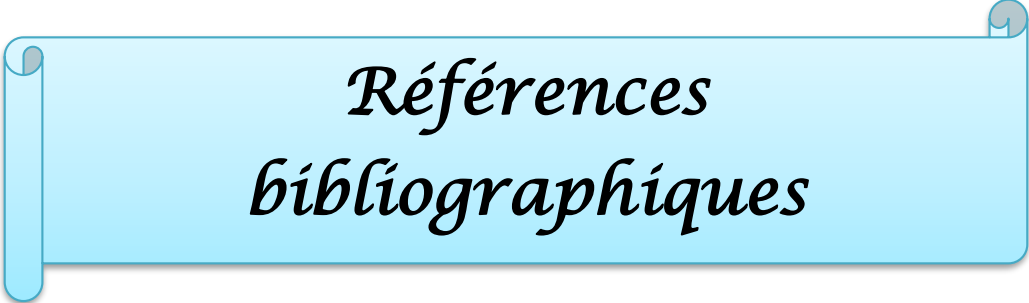
Pour assurer l'innocuité des eaux de distribution, nous recommandons dans un avenir très rapproché le respect des mesures suivantes :

- L'analyse d'eau au moins une fois par semaine pour dénombrer n'un porte quel germe à des fins de surveillance de l'efficacité opérationnelle du traitement.
- L'analyse d'eau tous les jours à la sortie des stations du traitement et du pompage pour déterminer la concentration des éléments de potabilités des eaux.
- Les surveillances des conduites.
- Nettoyage et entretiens périodiques des réservoirs destinés à l'alimentation en eau potable des agglomérations.

Conseils pour éviter les maladies à transmission hydrique :

Il y a quelques règles sanitaires à respecter Boire de l'eau non traitée, qui se présente par :

- ✓ Vérifiez l'apparence de l'eau, l'eau doit être propre et vide.
- ✓ D'écume de surface ou de débris en n'a pas d'odeur désagréable.
- ✓ Choisissez de l'eau qui coule librement plutôt que de l'eau stagnante la consomme.
- ✓ Eviter de puiser de l'eau dans les zones de camping, les zones où l'exploitation minière a eu lieu ou les zones agricoles.
- ✓ Traitez l'eau naturelle avant de la boire. La méthode de traitement la plus courante consiste à faire bouillir l'eau avant de la boire.



*Références
bibliographiques*

Références et Bibliographies

1. **ADE, 2023. Algérienne des eaux de la wilaya de Laghouat.**
2. **AISSAOUI A., 2016**, Hydrologie et Hydrogéologie du Bassin Versant de L'oued M'Zi (LAGHOUT, ALGERIE), Pour l'obtention du diplôme de Magister, Sciences de la Terre, Université d'Oran 2, p 3-4.
3. **ALLOUNE M, GOUADER Y., 2013**, Contrôle de qualité physico-chimique et microbiologique des eaux de la région de Bordj Bou Arreridj, En vue de l'obtention du diplôme de Master2, Option : Analyse et contrôle de qualité des denrées alimentaires, Université de Bordj Bou Arreridj, p 30.
4. **AUBRY P., GAUZERE B-A., 2022**, Choléra, Actualités 2022, Centre René Labusquière, Institut de Médecine Tropicale, Université de Bordeaux, 33076 Bordeaux (France), p11.
5. **BELALOUI M., 2020**, Etude de la qualité physico chimiques des eaux de consommation de la ville de Djamaa, Mémoire Master Hydraulique Urbaine, Université Biskra, p 42.
6. **BOUTI N, BRIK F., 2017**, Etude de la qualité des eaux de la nappe du Mio-pliocène destinée à l'EAP (Cas de la cuvette d' Ouargla), Mémoire master académique, Génie chimique, Université Kamdi Mer bah Ouargla, p 29.
7. **BOUTI N-E., BRIK F., 2017**, ETUDE D'EVOLUTION DE LA QUALITE DES EAUX DE LA NAPPE DU MIO-PLIOCENE DESTINEE A L'AEP (CAS DE LA CUVETTE DE OUARGLA), Mémoire Master Génie Chimique, Université Ouargla, p47.
8. **Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, 2007**, Méthodes de prélèvement, de conservation et d'analyse des échantillons relatifs à l'évaluation de la qualité de l'eau des piscines et autres bassins artificiels. DR-09-05, Édition 2007-06-20, Révision : 2009-09-10, p 8-11.
9. **CHARENTES P., 2013**, PRÉCONISATIONS D'UTILISATION DES EAUX DE PLUIE, PUIITS ET FORAGES PRIVÉS DANS LES HABITATIONS, GUIDE PRATIQUE RÉGIONAL À L'ATTENTION DES PARTICULIERS ET ÉLUS, 2eme plan régional Santé Environnement 2011-2014, ars, Edition 2013, 31p.
10. **CHENAH, W., 2019**, Analyses physico-chimiques et bactériologiques de l'eau traitée par la station de potabilisation des eaux de barrage Tilesdit (Bechloul W. Bouira), Département de Génie de l'eau, Université de Bouira, p 17-29.

Références et Bibliographies

11. **CHEROUAL E. A., 2020**, Les paramètres physiques de l'eau, Laboratoire d'Hydrologie-Bromatologie, Département de pharmacie, Uni Sétif 1, Année universitaire 2020-2021, 8p.
12. **CHOCAT B., 2015**, L'eau du robinet est-elle différente de l'eau en bouteille ?, Méli-Mélo – Démêlons les fils de l'eau, France, Janvier 2015, 14 p.
13. **COUTURE I., 2004**, ANALYSE D'EAU POUR FIN D'IRRIGATION, MAPAQ Montérégie-Est, AGRI-VISION 2003-2004
14. Directive Cadre européenne sur l'Eau - décembre 2000
15. **DJEBBER, I et CHETTI, T. 2021**. Etude de la qualité bactériologique et Parasitologique des eaux de consommation des forages de Boukhalfa (Tizi-Ouzou, Mémoire de fin de cycle En vue de l'obtention du diplôme de Master en sciences biologiques, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.
16. **DOUIS D., 2017**, Etude DE LA Qualité des eaux souterraines (région sud-ouest) du plateau de Mostaganem, Mémoire Master Agronomie, Université Mostaganem, p 55.
17. **DR.HADJI, A., 2020**, Analyse Microbiologique des Eaux, p 5-6-8.
18. **FESTY B., HARTEMANN P., LEDRANS M., LEVALLOIS P., PAYMENT P., TICARD D., 2003**, Qualité de l'eau, chapitre 13, Environnement et santé publique, P-p 334-368.
19. **Fiche a été rédigée par l'équipe technique du RéFEA**, Analyse physico-chimique.
20. **HADDAR, M., GUETTEL A., 2022**, Evaluation de la qualité bactériologique et physico-chimique des eaux potables des communes de la partie aval d'Oued M'Zi. Wilaya de Laghouat, Mémoire de Master, Sciences Agronomiques, Université Amar Thelidji- Laghouat, p 33-34.
21. **HUGONIN P., 2011**, Eau Introduction aux thématiques, UNIGE, p 31.
22. **JORA dz 2014** (Journal officiel N°13 du 09/03/2014).
23. **KHADRAOUI, A. et TALEB, S. 2008**. Qualité des eaux dans le sud algérien (Potabilité – Pollution et impact sur le milieu). Éditions khyam : Constantine.
24. **KHERIFI W., BEKIRI F., 2017**, Les maladies à transmission hydrique en Algérie, Journal Algérien des Régions Arides (JARA), CRSTRA, N°14, P-p 74-83.
25. **KOUIDRI NEE BELALA Z., 2006**, Etude et Traitement de l'eau du Barrage DJORF-El TORBA de la wilaya de BECHAR par Filtration Sur Sables, Mémoire de

Références et Bibliographies

- Magister, Département de génie procédés, Université HASSIBA BENBOUALI du CHLEF, p 52.
26. **Lexique technique de l'eau / Water Treatment Glossary.1995.** L'eau : Ses propriétés. Memento Technique De L'eau (TOME1). Degrémont. Dixième édition, Mai 2005.
27. **LIEVRE A., FERNEX J., ATUDOREI St-U et V., 1992,** Contamination bactérienne des eaux de boisson, Recherche de Vorigine (humaine ou animale) par l'identification des streptocoques fécaux, gwa 12/92, 72^e année, P-p 895-90.
28. **Lignes directrices pour l'évaluation des eaux minérales naturelles au regard de la sécurité sanitaire, Mai 2008,** afssa, p 23 et 24.
29. **LIMANI, M. 2016.** Contribution à l'évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de sources potables de la région de Makouda, Mémoire En vue de l'obtention du diplôme du Master Spécialité : Traitement et Valorisation des Ressources Hydriques, Université Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou.
30. **MEKHLOUFI A, OUANOUGHY R., 2017,** Etude des paramètres physico-chimiques et microbiologiques des eaux du barrage de BOUKOURDANE(Tipaza), Mémoire de master, Hydraulique : Sciences de l'eau, p 35-36.
31. **MESSIKH H-E., GUERRAICHI Y-N., 2020,** Etude de la qualité physico-chimique et organoleptique des eaux destinées à la consommation humaine du forage Ras El Ain (Boumer Zoug) Constantine, mémoire Master en Ecologie Fondamentale et appliquée, Université Constantine, p 44.
32. **Ministère de l'Environnement et des Gouvernements locaux, 2017,** Procédure normalisée de collecte d'échantillons d'eau de surface pour l'évaluation du bassin versant de la plage parle, Brunswick, Décharge : Le présent document peut faire l'objet de modification, Dernière mise à jour : 25juillet 2017, p 3-7.
33. **MOUSSA NOMAO I. 2017,** Évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux des forages a usage particulier et semi-industriel à Ouagadougou (Burkina Faso), Mémoire pour l'obtention du Diplôme D'ingénieur 2ie avec le grade de Master dans la spécialité eau assainissement, p 26.
34. **OMS, 1996,** Fiche descriptive, poliomyélite, N°114.
35. **RAMDANE E, TIGUERCHA M., 2015,** Étude des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'eau de source « Alma, Tamazirt, Ourabah » de la commune de Mizrana, wilaya de Tizi-Ouzou, Mémoire de fin de cycle en vue de l'obtention du

Références et Bibliographies

- Diplôme Master en Biologie, Spécialité : Microbiologie Appliquée, Université Mouloud MAMMARI de Tizi-Ouzou, p 39-46.
36. **Rodier J., Bazin C., Broutin J P., Chambon p., Champasur H., Rodi L., 2005**, L'analyse de l'eau, eau naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, chimie, physico-chimie, biologie, interprétation des résultats, Edition : Dunod, paris.
 37. **RODIER J., LEGUBE B., MERLET N., 2009**, L'Analyse de l'eau, 9^e édition, Entièrement mise à jour, Dunod, Paris, p 15-26.
 38. **ROUSTAN M., GRASMICK A., 2015**, Usages de l'eau pour l'industrie, L'eau à découvert, CNRS Edition, P-p 170-171.
 39. **SAMAKE, H., 2001**, Analyse physico-chimique et bactériologique au L.N.S. des eaux de contamination de la ville de BAMAKO durant la période 2000 et 2001, thèse pour obtenir le grade de Docteur en pharmacie (Diplôme d'Etat), Faculté de Médecine, de Pharmacie et d'odonto Stomatologie, Université de Bamako, p 41-47.
 40. **TEBIB F., 2020**, Evaluation des performances épuratoires de la STEP de Groupement Reggan Nord GRN, mémoire master, Génie de l'environnement, Université Adrar, p 104.
 41. **TOUATI L., 2020**, Dr HDR, Cours de pollution des eaux, Master 1 Ecologie fondamentale et appliquée, Université Constantine, année universitaire 2020-2021.
 42. **UNESCO, 2021**, LA VALEUR DE L'EAU, Faits et chiffres, Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau 2021, p 11.
 43. **Union Fédérale des Consommateurs, 2017**, DOSSIER : EAU DU ROBINET, EAU DE SOURCE, EAU MINÉRALE, COMMENT CHOISIR ?, Que choisir, France.
 44. **VAURETTE D., LE DUC F., 2016**, CONTROLE BACTERIOLOGIQUE DE LA POTABILITE DES EAUX, TREGOR SOLIDARITE NIGER.
 45. **YUAN C-W**, les états de l'eau, FONDATION, La main à la pâte, Pour l'éducation à la science, Primaire et collège, P-p 162-170.

Sites web

- 1- <https://www.techno-science.net/definition/5754.html>
- 2- https://edu1d.ac-toulouse.fr/blog31/elem-montaudran-toulouse/files/LECON_Cycle-de-l-eau-dans-la-nature.pdf
- 3- <http://leonardvinci.e-monsite.com/medias/files/00.eaux-minerales.pdf>
- 4- <https://www.aquaportail.com/definition-4444-eau-douce.html>
- 5- <https://www.cieau.com/connaître-leau/leau-dans-la-nature/eau-douce-tout-savoir/>
- 6- <https://www.universalis.fr/encyclopedie/eau-notions-de-base/2-les-usages-de-l-eau/>
- 7- https://energypedia.info/wiki/Utilisation_de_leau_dans_lagriculture
- 8- <https://www.who.int/fr/> Typhoïde.
- 9- <https://www.pasteur.fr/fr/centre-medical/fiches-maladies/shigellose>
- 10- <https://www.tlv.com/global/FR/steam-theory/what-is-steam.html> la vapeur d'eau.
- 11- <https://www.kartable.fr/ressources/questionner-le-monde/cours/> l'eau.
- 12- <https://www.cieau.com/> cycle de l'eau.
- 13- <https://www.osi-perception.org/> la pollution de l'eau.
- 14- <https://www.cieau.com/> définition d'eau potable.
- 15- https://lda.lozere.fr/sites/default/files/upload/analyses_physico_chimiques_des_eaux_ok.pdf
- 16- <https://www.doctissimo.fr/html/nutrition/dossiers/eau/articles/13251-bicarbonate.htm>
- 17- http://siaep.faye.free.fr/qualite_de_leau/normes_de_leau/normes_de_leau.html
- 18- <https://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/potable/> Règlement sur la qualité de l'eau potable.

Références et Bibliographies

- 19- <https://www.inbw.be/parametres-et-normes>
- 20- <https://www.cnrs.fr/cw/dossiers/doseau/decouv/potable/sourceMin.html>
- 21- <https://bretagne-environnement.fr/matieres-azotees-hors-nitrates-cours-eau-bretons-datavisualisation>
- 22- <https://www.inspq.qc.ca/eau-potable/coliformes-totaux>
- 23- <https://wikiwand.com> Communes de la wilaya du Laghouat.
- 24- <https://www.persee.fr/doc/ecmed-0153-8756-1988-num-14-3-1226>
- 25- <https://blog.hannaaservice.eu/fr/leffet-de-la-salinite-et-de-la-concentration-de-chlorure-sur-leau-utilisable-en-culture/>
- 26- www.environnement.gouv.qc.ca
- 27- [odeur de l'eau potable - Search \(bing.com\)](#)
- 28- [La définition et les caractéristiques de l'eau potable \(uae.fr\)](#)



Annexes

Annexes :

Annexe 01 :

Tableau 01 : Récapitulatif des références des méthodes des normes Algérienne (paramètres Physico-chimiques). (ADE, Laghouat 2023)

Paramètres	Unités	Valeur indicatives	Référence des normes ISO
Température	°C	25	
pH	/	6,5 – 8,5	
Conductivité à 25 °C	µS/Cm	2800	
Dureté totale (TH)	mg/ l	500	ISO 6059
Turbidité	NTU	5	
Chlorure CL⁻	mg/ l	500	ISO 9297
Alcalinité HCO⁻³	mg/ l CaCO ₃	65pour les eaux des salées ou déminéralisées (valeur minimale)	
Nitrates NO₃⁻	mg/ l	50	ISO 7890/3
Nitrites NO₂⁻	mg/ l	0,1	ISO 6777
Sulfates SO₄⁻²	mg/ l	400	ISO 9280
Phosphates PO₄	mg/ l	0,5	ISO 6878
Sodium Na⁺	mg/ l	200	ISO 9964/3
Potassium K⁺	mg/ l	20	ISO 9964/3
Calcium Ca⁺²	mg/l	200	ISO 6058
Magnésium Mg⁺²	mg/ l	150	ISO 6059/6058
Ammonium NH₄⁺	mg/l	0,5	ISO 6778

Références et Bibliographies

Tableau 02 : Paramètres microbiologiques des eaux potables (Journal officiel de la republique algérienne N°18). (23 mars 2011)

Paramètres	Unités	Valeur limites
Escherichia Coli	n/100 ml	0
Entérocoques	n/100 ml	0
Bactéries sulfitoréductrices	n/20 ml	0

Annexe 02 :

Tableau 01 : Normes de l'OMS sur l'eau potable (31/07/2020)

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.

Paramètres	Unités	Valeur indicatives
Température	°C	25
pH	/	6,5 – 9,5
Conductivité à 25 °C	µS/Cm	2000
Salinité	%	2
TDS	mg/l	500/1500
Dureté totale (TH)	mg/l	500
Turbidité	NTU	5
Chlorure CL ⁻	mg/l	250
Alcalinité HCO ⁻³	mg/l	600
Nitrates NO ₃ ⁻	mg/l	50
Nitrites NO ₂ ⁻	mg/l	0,2
Sulfates SO ₄ ⁻²	mg/l	250
Phosphates PO ₄	mg/l	0,5
Sodium Na ⁺	mg/l	200

Références et Bibliographies

Potassium K⁺	mg/l	20
Calcium Ca⁺²	mg/l	100
Magnésium Mg⁺²	mg/l	50
Ammonium NH₄⁺	mg/l	0,5

Tableau 02 : Normes et recommandation pour la qualité bactériologique de l'eau potable (OMS 2006)

Paramètres	Unité	Recommandation(OMS)
Germe totaux	Germe/ml	100
Coliformes fécaux	Germe/100ml	0
Streptocoques fécaux	Germe/100ml	0
Clostridium sulfite réducteurs	Germe/20ml	0

Annexe 03 :

Préparation de l'eau physiologique (Na Cl)

- Suspendre **09 g** dans **1L** d'eau distillée ;
- Chauffer à ébullition pour dissoudre complètement le milieu ;
- Répartir le constituant dans des flacons (**250ml**) ;
- Stériliser par autoclave à une pression **1bar (20 à 30 °C)** pendant **20 minutes**.



Références et Bibliographies

Annexe 04 :

Les milieux de culture

1. Les milieux solides :

1.1. Gélose viande-foi

a. Composition :

Peptone viande-foi	:	20,0g
Glucose	:	0,75g
Amidon soluble	:	0,75g
Sulfite de sodium	:	1,2g
Agar agar bactériologique	:	11,0g
PH	:	7,6

b. Préparation :

- 34,2g → 1000 ml d'eau distillée;
- Agitation pour mélanger le milieu ;
- Dissoudre le milieu dans flacons de (250ml) ;
- Autoclavage à 121 °C pendant 15 min



Références et Bibliographies

1.2. Gélose Tryptone extrait de levure (TGEA)

a. Composition :

Extrait de levure :	1g
Peptone de caséine :	5g
Glucose :	1g
Extrait de viande :	18g
PH :	7

b. Préparation :

- 28g → 1000 ml d'eau distillée ;
- Agitation pour mélanger le milieu ;
- Dissoudre le milieu dans flacons de (250ml) ;
- Autoclavage à 120 °C pendant 20 min.

2. Les milieux liquides :

2.1. Bouillon lactose au pourpre de bromocrésol (BCPL)

Double concentration (D/C)		Simple concentration (S/C)	
L'extrait de viande de bœuf	2g	L'extrait de viande de bœuf	1g
Peptone	14g	Peptone	7g
Lactose	10g	Lactose	5g
Pourpre de bromocrésol 1%	0,06g	Pourpre de bromocrésol 1%	0,03g
Eau distillée	1000ml	Eau distillée	1000ml
PH	6,9	PH	6,9

Références et Bibliographies

2.2. Milieu de Roth

Double concentration (D/C)		Simple concentration (S/C)	
Peptone de caséine	40g	Peptone de caséine	20 ,0g
Extrait de viande	3g	Extrait de viande	5,0g
Glucose	8g	Glucose	5,0g
Chlorure de sodium	8g	Chlorure de sodium	2,7g
Phosphate di potassique	5,4g	Phosphate di potassique	2,7g
Phosphate mono potassique :	5,4g	Phosphate mono potassique	0,3g
Acide de sodium	0,4g	Acide de sodium	0,5mg
Eau distillée 1000ml		Eau distillée 1000ml	
PH	6,9	PH	6, 9

2.3 Milieu d'Eva Broth (Ethyl Violet Azide Litsky)

Tryptone	20,0g
Glucose	5,0g
Chlorure de sodium	5,0g
Phosphate di potassique	2,7g
Phosphate mono potassique	2,7g
Acide de sodium	0,3g
Solution d'Ethyl-violet	0,5g
Eau distillée	1000ml
PH	6,8
- Autoclavage à 121 °C pendant 15 min.	

Références et Bibliographies

2.4 Milieu 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
Mannite	7,5
Eau distillée	1000ml
PH	7,6
-- Autoclavage à 121 °C pendant 15 min.	

Annexe 05 :

Préparation de réactifs :

1. Détermination de l'azote ammoniacal (NH_4^+)

Réactif I	Réactif II (coloré)
Acide dichloroisocyanurique 2g	Tri citrate de sodium 130g.
Hydroxyde de sodium (NaOH) 32g.	Salicylate de sodium 130g.
H ₂ O distillée .q.s.P 1000 ml.	Nitropruciate de sodium 0,97g.
	H ₂ O distillée q.s.P 1000 ml.

2. Détermination de Phosphates (PO_4^{3-})

Références et Bibliographies

Réactifs Mixte		Acide ascorbique à 1 %
A	- Heptamolybdate d'ammonium 13g. - Eau distillée 100 ml.	- Acide ascorbique 10 g. - Eau distillée 100 ml.
B	- Tartrate d'antimoine 0,35 g. - Eau distillée 100 ml.	
C	- Acide sulfurique pur 150 ml. - Eau distillée 150 ml. (A+B) + C ⇒ 500 ml d'eau distillée.	

Annexe 06 :

Préparation des solutions (Laboratoire ADE) :

Réactif	Composition
Solution EDTA	<ul style="list-style-type: none"> • EDTA poudre séchée pendant 1H à 180 °C: 3,7264g. • Eau distillée : 1000 ml.
Solution NET	<ul style="list-style-type: none"> • Noir d'eriochrome T (NET) : 0,4g. • Alcool éthylique conservé à l'abri de la lumière : 1000ml.
Solution de Nitrate d'argent	<ul style="list-style-type: none"> • Nitrate argent (Ag NO séché): 1,6985g. • Eau distillée conservé à l'abri de la lumière : 500 ml.
Chromate de potassium K₂CrO₄	<ul style="list-style-type: none"> • Chromate de potassium K₂CrO₄ : 10 g. • Eau distillée : 1000 ml.