

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

Université de Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
Faculté des sciences biologiques et sciences agronomiques
Département Ecologie et Environnement



Mémoire de fin de cycle d'étude

En vue l'obtention du diplôme de Master en Écologie et Environnement

Spécialité : Ecologie Animale

Thème

**Etude de la qualité physico-chimique et
bactériologique de la source d'eau Aidloul
située dans la commune d'Ait Ouacif wilaya
de Tizi Ouzou**

Présenté par :

M^{elle} AHMIM Sarah

M^{elle} LAZOUZI Chahira

Devant les membres de jury compose de :

| | Grade | lieu d'exercice |
|--|--------------|------------------------|
| Président : M ^{me} METNA F . | MCA | UMMTO |
| Promoteur : M ^r MEZANI S. | MCA | UMMTO |
| Examineur : M ^r ASLA T. | MAA | UMMTO |

Année universitaire : 2023 /2024

Remerciements

Nous tenons à remercier, en premier lieu, le bon Dieu de nous avoir donné la force, la patience et la volonté afin d'accomplir ce travail qui présente le fruit de plusieurs années de sacrifices.

*Nous avons l'honneur et le plaisir de présenter notre profonde gratitude et nos sincères remerciements à notre promoteur: **Mr MEZANI S**, pour son précieux aide, ces orientations et le temps qu'elle nous a accordé pour notre encadrement.*

*Nous remercions par ailleurs vivement les membres du jury: **Mme METINA F** pour avoir accepté de présider ce jury, et **Mr ASLA T**, d'avoir accepté d'examiner notre travail.*

*Nous adressons nos sincères remerciements à **Madame LADJEL** chef de laboratoire, de nous avoir bien accueilli dans son laboratoire et pour la confiance et l'aide qu'elle nous a accordé, ainsi que toute l'équipe du laboratoire de l'Algérienne des eaux. Nous n'aurions pas pu réaliser les expérimentations sans leurs collaborations.*

Arrivés au terme de la rédaction de ce mémoire, nous exprimons notre gratitude pour toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à notre réussite.

Dédicace

Je dédie ce travail

*A ma chère mère, pour son amour, ses encouragements et ses sacrifices ;
A mon cher père, pour son soutien, son affection et la confiance qu'il m'a
accordé ;*

*Je leur remercie de m'avoir épaulé pour que je puisse atteindre mes
objectifs, qu'Allah vous donne santé, bonheur et longue vie.*

*A mon cher frère, Nabil et m'adorable petite sœur Ikram à qui je
souhaite un avenir radieux plein de réussite.*

*A mon cher homme de ma vie : Khaled BOUDJEMAA pour son aide
moral et sa compréhension, je te souhaite tout le succès du monde, tu es
ma force et la lumière de ma vie.*

*A chère binôme Chahira, pour les vrais moments de plaisir et d'amitié et
de partage.*

A toute la promotion d'écologie animale.

MERCI !

Sarah

Dédicace

J'ai le grand plaisir de dédier ce modeste travail.

A ma très chère mère, qui me donne toujours l'espoir de vivre et qui n'a jamais cessé de prier pour moi.

A mon très cher père, pour ses encouragements, son soutien, surtout pour son amour et son sacrifice afin que rien n'entrave le déroulement de mes études.

A mes frères «Adel», «Hocine», «Aziz», «Nabil». Pour leurs appui et leurs encouragements, d'avoir été présent à mes coté dans les moments les plus difficile. Merci d'avoir été la source de mon sourire, puisse Dieu le tout puissant exhausser tous vos vœux.

A chère belle-sœur Kamelia, Aucune dédicace ne saurait exprimer tout l'amour que j'ai pour vous.

A mon très cher neveu Racim que j'aime énormément.

A Mon cher homme de ma vie Walid BOURAMA, Pour son soutien moral dans les moments difficiles. Que dieu le tout puissant nous accorde un avenir meilleur.

A chère binôme Sarah, pour son entente et sa sympathie, pour son indéfectible soutien et sa patience infinie.

MERCI !

Chahira

Liste des abréviations**Liste des figures****Liste des tableaux****Introduction** 1**Chapitre I : Généralités sur l'eau**

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 1 | Définition de l'eau | 3 |
| 2 | Répartition de l'eau sur la planète | 3 |
| 3 | Propriétés de l'eau | 3 |
| 4 | Le cycle de l'eau | 5 |
| 4.1 | Évapotranspiration..... | 5 |
| 4.2 | Précipitation..... | 6 |
| 4.3 | Ruissellement..... | 6 |
| 4.4 | Infiltration..... | 6 |
| 5 | Eau potable | 6 |
| 5.1 | Normes de potabilité..... | 7 |
| 5.1.1 | Selon le code Algérien des eaux..... | 7 |
| 5.1.2 | Selon l'OMS..... | 7 |
| 6 | Eaux de sources | 7 |
| 6.1 | Différents types de sources..... | 7 |
| 6.2 | Traitements de l'eau de source..... | 8 |
| 7 | Maladies à transmissions hydrique (MTH) | 9 |
| 8 | Législation et textes sur l'eau | 9 |
| 9 | Paramètres et la qualité d'une eau potable | 10 |
| 9.1 | Paramètres organoleptiques..... | 10 |
| 9.2 | Paramètres physico-chimiques..... | 11 |
| 9.2.1 | Paramètres physiques..... | 11 |
| 9.2.2 | Paramètres chimiques..... | 12 |
| 9.3 | Paramètres bactériologiques..... | 15 |
| 10 | Pollution de l'eau | 17 |
| 10.1 | Définition de la pollution de l'eau..... | 17 |
| 10.2 | Différents Origine de la pollution..... | 17 |
| 10.3 | Type de pollution de l'eau..... | 18 |
| 10.3.1 | Pollution physique..... | 18 |

| | | |
|--------|--------------------------------|----|
| 10.3.2 | Pollution chimique | 18 |
| 10.3.3 | Pollution organique | 19 |
| 10.3.4 | Pollution microbiologique..... | 19 |

Chapitre II:Site d'étude, Matériel et méthodes

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Présentation de la zone d'étude..... | 20 |
| 2 | Matériels et méthodes | 21 |
| 2.1 | Echantillonnage | 21 |
| 2.1.1 | Echantillonnage pour l'analyse physico-chimique | 21 |
| 2.1.2 | Echantillonnage pour analyse bactériologique..... | 22 |
| 2.1.3 | Transport et la conservation des échantillons | 23 |
| 2.2 | Analyses des échantillons | 23 |
| 2.2.1 | Analyses physico-chimiques | 23 |
| 2.2.2 | Analyses bactériologiques..... | 25 |
| 2.2.3 | Ensemencement en milieu liquide..... | 26 |
| 2.2.4 | Milieux de cultures..... | 26 |
| 2.3 | Dosage des paramètres physico-chimiques | 27 |
| 2.4 | Dosage des paramètres chimiques | 28 |
| 2.5 | Dosage des paramètres indésirables | 33 |
| 2.6 | Paramètres de pollution | 34 |
| 2.7 | Dénombrement des bactéries..... | 38 |

Chapitre III : Résultats et discussion

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Résultats des analyses organoleptiques..... | 46 |
| 2 | Résultats des analyses physicochimiques | 46 |
| 3 | Résultats des analyses chimiques | 50 |
| 3.1 | Résultats des paramètres de minéralisation globale | 50 |
| 3.2 | Résultats des paramètres indésirables..... | 58 |
| 3.3 | Résultats des paramètres de pollution | 59 |
| 4 | Résultats des analyses bactériologiques | 63 |
| | Conclusion | 66 |
| | Références bibliographiques | |
| | Résumé | |

ADE : Algérienne des eaux

AgNO₃ : Nitrate d'argent.

BCPL : Bouillon lactosé au pourpre de bromocresol.

BEA : Bile Esculine Azoture

BLBVB : bouillon lactosé bilié au vert brillant

CaCO₃ : carbonate de calcium.

CCA : Coliforme chromogenic Agar

CE : Conductivité électrique

DPD : Diethyl-p-phénylénédiamine

E. Coli : *Escherichia coli*

EDTA : Acide Ethylène Diamine Tétracétique.

GT : Germe totaux

HCO₃⁻ : Bicarbonate.

JOA : Journal officiel algérien

K₂CrO₄ : Chromate de potassium.

KCl : Chlorure de potassium.

KMnO₄ : Permanganate de potassium.

MO : Matière organique.

MES : Matière en suspension .

MTH : Maladies à transmission hydriques.

NaCl : Chlorure de sodium.

NaOH : Hydroxyde de sodium.

NPP : Nombre le Plus Probable.

NTU : Unité de Turbidité Néphélométrique.

O.M.S : Organisation mondiale de la santé.

pH : Potentiel d'hydrogène.

TA : Titre Alcalimétrique.

TAC : Titre Alcalimétrique Complet.

TSD : Total des solides dissous

UE : Union européenne

UV : Ultra-violet.

VF : Viande de foie

| | |
|---|----|
| Figure 1: répartition de l'eau sur le globe (Anonyme, 2014)..... | 3 |
| Figure 2: cycle biogéochimique de l'eau (Anonyme, 2017)..... | 7 |
| Figure 3: Source d'eau Aidloul (photographie originelle ,2024)..... | 22 |
| Figure 4: Situation géographique de la zone d'étude (Google earth ,2024). | 22 |
| Figure 5: flacon utilisée pour les prélèvements physico-chimiques (photographie originelle ,2024)..... | 24 |
| Figure 6: Stérilisation de robinet de la source et l'ouverture du flacon et son bouchon (photographie originelle ,2024)..... | 24 |
| Figure 7: Flacon utilise pour les prélèvements bactériologique (photographie originelle, 2024)..... | 25 |
| Figure 8: Denombrement des coliformes et <i>E.coli</i> par la méthode solide (photographie originelle ,2024) | 28 |
| Figure 9: pH mètre (photographie originelle, 2024)..... | 29 |
| Figure 10: conductimètre (photographie originelle ,2024)..... | 30 |
| Figure 11: Turbidimètre (photographie originelle ,2024)..... | 30 |
| Figure 12: Dosage de la dureté totale par titrimétrie a l'EDTA (photographie originelle, 2024)..... | 31 |
| Figure 13: Dosage de calcium par titrimétrie a l'EDTA (photographie originelle ,2024)..... | 32 |
| Figure 14: Spectrophotomètre a flamme (photographie originelle ,2024)..... | 33 |
| Figure 15: Dosage de l'alcalinité (photographie originelle ,2024)..... | 34 |
| Figure16: Dosage des chlorures (photographie originelle ,2024)..... | 35 |
| Figure 17: Dosage de l'aluminium (photographie originelle ,2024)..... | 36 |
| Figure 18: Dosage de fer (photographie originelle ,2024)..... | 36 |
| Figure 19: Dosage de l'ammonium (photographie originelle, 2024)..... | 37 |
| Figure 20: Dosage de nitrates (photographie originelle, 2024)..... | 38 |
| Figure 21: Dosage des nitrites (photographie originelle, 2024)..... | 38 |

| | |
|---|----|
| Figure 22: Dosage de matière organique (photographie originelle, 2024)..... | 40 |
| Figure 23: coliforme fécaux (photographie originelle, 2024)..... | 41 |
| Figure 24: confirmation de coliforme fécaux sur disque d'oxydase (photographie originelle, 2024)..... | 41 |
| Figure 25: Milieu BCPL pour la recherche des coliformes fécaux et E. Coli (Photographie originelle, 2024)..... | 42 |
| Figure 26: Milieu BCPL en présence des coliformes fécaux et thermo tolérants (Photographie originelle, 2024). | 43 |
| Figure 27: Confirmation de la présence des <i>E. Coli</i> par le réactif Kovac dans un milieu Tryptophane (Photographie originelle, 2024)..... | 43 |
| Figure 28: Milieu BLBVB (Photographie originelle, 2024)..... | 44 |
| Figure 29: Streptocoques sur un milieu SLANETZ (photographie originelle ,2024)..... | 45 |
| Figure 30: Confirmation de streptocoques sur un milieu BEA (photographie originelle ,2024)..... | 46 |
| Figure 31: Recherche des streptocoques dans le bouillon Roth (Photographie originelle, 2024)..... | 47 |
| Figure 32: Confirmation de la présence des streptocoques dans le milieu EVA Litsky (Photographie originelle, 2024)..... | 48 |
| Figure 33: variation de la température au niveau de la source d'eau Aidloul durant l'hiver des deux années 2023 et 2024)..... | 50 |
| Figure 34: Variation du pH au niveau de la source d'eau Aidloul durant l'hiver des deux années 2023 et 2024..... | 51 |
| Figure 35: Variation de CE au niveau de la source d'eau Aidloul durant l'hiver des deux années 2023 et 2024..... | 52 |
| Figure 36: Variation de Turbidité au niveau de la source d'eau Aidloul durant l'hiver des deux années 2023 et 2024..... | 53 |
| Figure 37: Variation de TH au niveau de la source d'eau Aidloul durant l'hiver des deux années 2023 et 2024..... | 54 |

| | |
|--|----|
| Figure 38: Variation de Ca au niveau de la source d'eau Aidloul durant l'hiver des deux années 2023 et 2024..... | 55 |
| Figure 39: Variation de magnésium au niveau de la source d'eau Aidloul durant l'hiver des deux années 2023 et 2024..... | 56 |
| Figure 40: Variation de potassium au niveau de la source d'eau Aidloul durant l'hiver des deux années 2023 et 2024..... | 57 |
| Figure 41: Variation de sodium au niveau de la source d'eau Aidloul durant l'hiver des deux années 2023 et 2024..... | 58 |
| Figure 42: Variation des Chlorures au niveau de la source d'eau Aidloul durant l'hiver des deux années 2023 et 2024..... | 59 |
| Figure 43: Variation de TA au niveau de la source d'eau Aidloul durant l'hiver des deux années 2023 et 2024..... | 60 |
| Figure 44: Variation de TAC au niveau de la source d'eau Aidloul durant l'hiver des deux années 2023 et 2024..... | 61 |
| Figure 45: Variation de fer au niveau de la source d'eau Aidloul durant l'hiver des deux années 2023 et 2024..... | 62 |
| Figure 46: Variation d'ammonium au niveau de la source d'eau Aidloul durant l'hiver des deux années 2023 et 2024..... | 63 |
| Figure 47: Variation des nitrates au niveau de la source d'eau Aidloul durant l'hiver des deux années 2023 et 2024..... | 63 |
| Figure 48: Variation des nitrites au niveau de la source d'eau Aidloul durant l'hiver des deux années 2023 et 2024..... | 64 |
| Figure 49: Variation de phosphore au niveau de la source d'eau Aidloul durant l'hiver des deux années 2023 et 2024..... | 65 |
| Figure 50: Variation de matière organique au niveau de la source d'eau Aidloul durant l'hiver des deux années 2023 et 2024..... | 65 |

Tableau 1: Qualité de l'eau en fonction de la conductivité électrique (TOUHARI, 2015).....13

Tableau 2: Classification des eaux en fonction de la dureté totale (MELLAH et *al*, 2022).....14

Tableau 3: Potabilité de l'eau en fonction des résidus secs (RODIER et *al*, 2009).....15

Tableau 4: les paramètres bactériologiques selon l'OMS et le Journal officiel Algérien (OMS, 2006) ;(JOA, 2011).....19

Tableau 5: Matériels et méthodes, utilisées pour les différents paramètres physico-chimiques.....26

Tableau 6: Résultats des analyses bactériologiques de la source Aidloul pour les deux années 2023 et 2024 pour la période hivernale.....66

Introduction

Au même titre que l'air, l'eau est un élément naturel, d'une importance primordiale à la vie biologique, à commencer par l'unité fondamentale de l'être vivant. Sans cette matière simple et complexe en même temps, la vie sur Terre n'aurait jamais existé. Cette ressource précieuse et indispensable à toutes formes de vie, composante majeure du monde minéral et organique, est impliquée dans de nombreuses fonctions physiologiques essentielles telles que la digestion et l'absorption, la thermorégulation, et l'élimination des déchets. Elle participe notamment à toutes les activités humaines quotidiennes, domestiques, industrielles et agricoles. De ce fait, l'eau est un élément noble qu'on doit protéger pour les générations futures (AYACHI *et al.*, 2019).

L'Algérie est l'un des pays les plus pauvres en termes de potentiel hydrique à cause de sa situation géographique. Les ressources en eau sont inégalement réparties et limitées, la principale source pour répondre aux besoins en eau est les eaux souterraines au sud, tandis qu'au nord elles sont mixtes (eaux souterraines et eaux de surface) (HAMADOUCHE *et al.*, 2018).

La Kabylie est connue par ses ressources en eau, notamment ses rivières et ses sources d'eau. Les eaux souterraines des aquifères représentent une ressource importante en eau potable, mais sont particulièrement vulnérables à la contamination. De plus, les activités humaines au cours du siècle dernier ont eu des impacts importants sur les eaux de surface et souterraines, entraînant le rejet de divers types de polluants (DIARY *et al.*, 2019).

La surveillance de la qualité de l'eau est utilisée pour l'identification d'une eau potable. L'analyse de l'eau joue un rôle important dans la vérification de sa sécurité ainsi des investigations sur les épidémies et la validation des processus et mesures préventives. L'OMS a fixé des normes de qualité de l'eau, qui varient considérablement en raison des différentes conditions environnementales et des écosystèmes, ainsi que des droits d'utilisation prévus.

Dans la wilaya de Tizi-Ouzou, plusieurs communes utilisent les eaux de source pour l'approvisionnement de la population, plusieurs études ont été menées pour le suivi physicochimique et bactériologique de ces eaux à savoir Ait Abdelaziz et Ben Hamlat (2016) dans les trois communes Abi Yousef, Yakourene et Bouzeguene, Bessalem et Hassani (2017) dans les deux communes Ouacif et Ouadhias, Bidi et Djidja (2020) dans la commune de Mizrana, Amichi et Amiri (2020) dans la commune des Ouadhias.

Notre étude s'intéresse à l'évaluation des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'eau de la source Aidloul sur la période hivernale de l'année 2024, en le comparant avec les résultats de l'année 2023 au niveau de la commune d'Ait Ouacif, dans la

wilaya de Tizi-Ouzou. Nous avons effectués un stage pratique d'une semaine au sein de laboratoire de l'établissement public de la distribution des eaux (Algérienne des eaux) unité de Boukhalfa, wilaya de Tizi Ouzou, ou nous avons réalisé l'analyse de nos échantillons.

L'objectif de notre travail est d'évaluer la potabilité des eaux issues de cette source en se basant sur la réglementation algérienne en vigueur pour les eaux de consommation, sachant que ces eaux sont consommées par la majorité de la population locale et environnante et considérées comme eau « potable ».

Afin de mener à bien notre étude, nous avons structuré notre document en trois chapitre, le premier est consacré à une partie bibliographique qui comporte des généralités sur les eaux naturelles, les maladies à transmission hydrique, les paramètres d'une eau potable et ainsi que les différents types de pollution de ces eaux. Dans le deuxième chapitre nous présentons la région d'étude, matériels et la méthodologie adoptées. Dans le troisième chapitre nous traitons les résultats obtenus et leurs interprétations

Et enfin nous terminons notre travail par une conclusion et quelques perspectives sur la source d'eau étudiée .

Premier chapitre

Généralités sur l'eau

1 Définition de l'eau

L'eau est une substance liquide, transparente, insipide et inodore, qui réfléchit la lumière et possède la capacité de disperser un grand nombre de corps. Chimiquement, elle est constituée de deux molécules ; l'hydrogène(H) et l'oxygène(O). Dans la nature, l'eau se présente sous trois états : solide, liquide et gazeux (BOUZIDI et CHELIHI, 2017).

La formule chimique de l'eau est H_2O et son poids moléculaire est de 18 g /mol .ses propriétés incluent le fait qu'il s'agit d'un fluide corporel incolore, inodore et insipide à température et pression normales (DERRAGUI et LARIBI, 2019).l'eau est le substrat fondamental des activités biologiques et la composante la plus importante des organismes vivants (70 % de leur masse moyenne) (DERROUAZ et BELMADI., 2018).

2 Répartition de l'eau sur la planète

L'eau recouvre les 2/3 de la surface de notre planète (figure 1). Son volume total est estimé à 1385 millions de kilomètres cubes. On peut identifier cinq « réservoirs » qui sont en communication les uns avec les autres : Les océans ; Les glaces ; Les eaux douces terrestres ; l'eau atmosphérique ; Le vivant (GUERRAICHE, 2017).



Figure 1 : Répartition de l'eau sur le globe (Anonyme, 2014).

3 Propriétés de l'eau

Nous rappelons que la molécule est la plus petite quantité d'un corps pur qui puisse exister à l'état libre. C'est un assemblage d'atomes. La molécule conserve toutes les propriétés physiques et chimiques de ce corps.

3.1 Propriétés physiques de l'eau

Selon AOUISSI et MERABTI (2019), l'eau sur Terre a une phase liquide particulièrement importante et possède les propriétés physiques principales suivantes :

3.1.1 Point d'ébullition

Dans les phases liquide et solide de l'eau, les liaisons hydrogène lient les molécules fortement entre elles. C'est parce qu'il faut briser ces liaisons que l'eau a une température d'ébullition particulièrement élevée pour une molécule de cette masse molaire. Cette caractéristique de l'eau permet à une importante phase liquide d'exister aux températures que nous connaissons sur terre. Cette phase liquide est nécessaire à l'apparition et au maintien de la vie telle que nous la connaissons sur cette planète.

3.1.2 Viscosité

La viscosité de l'eau varie considérablement en fonction de la composition chimique et de la température, de sorte que deux eaux ne peuvent pas se mélanger. C'est un phénomène particulièrement important pour la continuité des principaux courants océaniques qui régulent le climat de la planète.

3.1.3 Solvant

L'eau est le plus important solvant de la surface de la planète. Elle se charge donc des minéraux et substances organiques qu'elle croise et dissout. .

3.1.4 Tension

La tension superficielle de l'eau est très élevée. Cette propriété permet la formation de gouttes et favorise l'ascension capillaire. .

3.1.5 Chaleur spécifique

L'eau est l'élément naturel dont la chaleur spécifique est la plus élevée: $4185 \text{ Jkg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$. Elle demande donc beaucoup d'énergie pour être réchauffée et pour être refroidie.

3.1.6 Chaleur latente

Les chaleurs latentes de fusion et de vaporisation de l'eau sont élevées. Comme l'énergie est prélevée sur le substrat on comprend que le phénomène d'évaporation de l'eau vers l'atmosphère refroidisse continuellement les océans. Ces caractéristiques expliquent que l'hydrosphère liquide agisse comme un tampon thermique qui régularise la température terrestre.

3.1.7 Capacité thermique

L'eau possède une capacité thermique exceptionnellement élevée par rapport à tous les autres liquides. Cette caractéristique lui permet d'agir comme un tampon ou un régulateur contre les changements brusques de température.

3.1.8 Transparence

L'eau est transparente dans la plage visible du spectre lumineux, cependant elle absorbe le rayonnement infrarouge dès les premiers mètres de profondeur, ce qui explique que seules les couches d'eau en surface se réchauffent. .

3.2 Propriétés chimiques

L'eau est un excellent solvant pour dissoudre de grandes quantités de sels, de gaz et de molécules organiques, et les réactions chimiques du vivant se produisent dans un milieu aqueux où l'eau est abondante. On a longtemps pensé que l'eau était un solvant neutre qui n'était pas impliqué dans les réactions chimiques, mais elle peut en réalité être très agressive, pouvant même attaquer les parois des récipients dans lesquels elle est stockée. Du point de vue réglementaire, une eau pure peut exister, sans bactéries ni contaminants chimiques, mais du point de vue chimique, elle n'est pas réellement pure, même l'eau distillée contient des traces d'ions ou de molécules organiques provenant des tuyaux et des conteneurs (DAHRAOUI et *al.*, 2022).

3.3 Propriétés biologiques

Selon (DAHRAOUI et *al.*, 2022), l'eau, l'oxygène et le dioxyde de carbone sont essentiels pour favoriser la vie des êtres vivants. Les échanges d'eau sont importants dans le cycle biologique, étant le principal composant des organismes vivants en volume, et notamment du protoplasme des cellules. De plus, l'eau représente la majorité de notre alimentation, constituante de 70 à 95% de la plupart de nos aliments, tels que viandes, fruits et légumes. En bref, l'eau est fondamentale pour la vie.

4 Le cycle de l'eau

La connaissance de l'origine de l'eau, de son cycle, de sa dynamique dans la nature et sa répartition dans l'espace et dans le temps est une donnée fondamentale. L'eau fait partie d'un cycle naturel en perpétuel mouvement entre la terre et l'atmosphère (AYAD, 2017).

Le cycle de l'eau (figure 2) se décompose en plusieurs étapes et résumé comme suites:

4.1 Évapotranspiration

C'est la somme des pertes qui se produisent lorsque l'eau est transformée en vapeur. Sous l'influence du soleil. L'eau des mers, des lacs et des rivières s'évapore. Les plantes transpirent également et libèrent de la vapeur d'eau (DRISSI, 2008).

4.2 Précipitation

La vapeur d'eau atmosphérique se condense en nuages, produisant des précipitations sous forme de pluie, de neige ou de grêle. Les précipitations, qui sont la source de presque toutes nos ressources en eau douce, varient d'une région à l'autre, et le climat et la topographie sont des facteurs importants (BOEGLIN, 2006).

4.3 Ruissellement

Une fois qu'une partie des précipitations atteint le sol, elles s'écoulent vers la surface vers le réseau hydrographique et les bassins d'eau libres (lacs, mers). Il s'agit du ruissellement de surface. (BOEGLIN, 2006).

4.4 Infiltration

Ce phénomène joue un rôle essentiel dans les écosystèmes terrestres puisqu'elle permet la réhydratation des sols. Elle assure aussi l'alimentation des nappes phréatiques et des rivières souterraines (CHIBANI, 2009).

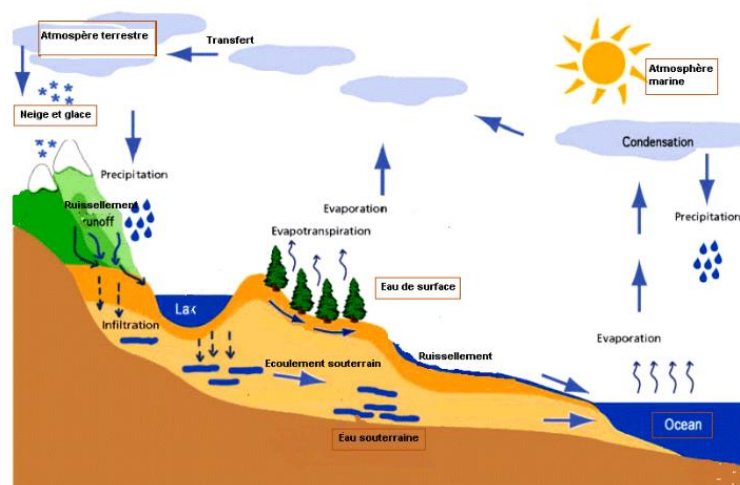


Figure 2 : cycle biogéochimique de l'eau (Anonyme, 2017).

5 Eau potable

L'organisation mondiale de la santé (OMS), définit l'eau potable comme étant celle dont la consommation est sans danger pour la santé. Pour que l'eau soit qualifiée de potable, elle doit satisfaire à des normes relatives aux paramètres organoleptiques (couleur, turbidité, odeur, saveur), physico-chimiques (température, pH, etc.), microbiologiques (coliformes fécaux et totaux, streptocoques fécaux, etc.) et à des substances indésirables et toxiques (Nitrates, nitrites, arsenic, plomb, hydrocarbures, etc.). Ces normes établies, par l'OMS, l'union européenne (UE), ou par chaque pays, fixent les teneurs limites, à ne pas dépasser pour les paramètres

préalablement cités. Le fait qu'une eau soit conforme aux normes, ne signifie pas qu'elle soit exempte de matières polluantes, mais que leur concentration est suffisamment faible pour ne pas mettre en danger la santé du consommateur (NGUENGAR, 2011).

5.1 Normes de potabilité

Les normes de potabilités d'une eau sont fixées selon le code Algérien des eaux et selon l'OMS.

5.1.1 Selon le code Algérien des eaux

Dans son article en 1983 une eau est qualifiée comme potable lorsqu'elle n'est pas susceptible de porter atteinte à la santé du consommateur, elle doit être exempte de toute couleur, odeur ou substance chimique nuisible à la santé humaine.

5.1.2 Selon l'OMS

Les critères les plus utilisés et adoptés par l'OMS sont les critères physico-chimiques et toxicologiques où une eau dite potable doit répondre aux normes fixes et aux valeurs guides. Ces critères sont définis par l'arrêté ministériel du 11 /01/2007 du le ministère de la santé.

Ces normes de potabilités ont été adoptées par des différentes directions de l'hydraulique des wilayas du Nord et qui concernent 41 paramètres de qualité classés en 04 catégories : Paramètres organiques, physico-chimiques, substances indésirables et substances toxiques (ALOUANE, 2012).

6 Eaux de sources

L'eau de source doit répondre aux normes de consommation au moment de sa production et ne doit subir aucun traitement. Ce sont des eaux d'origine souterraines microbiologiquement saines, protégées de la pollution et propres à la consommation (ROUSTAN, 2014). Cette eau doit respecter dans son état naturel les caractéristiques de qualité microbiologique des eaux minérales et de qualité physico-chimique des eaux potables, elle est principalement rencontrée dans les régions montagneuses (BOUZIANI, 2000).

6.1 Différents types de sources

Selon PHOK (2015), il existe différentes formes de sources d'eaux, qui sont classées en fonction de la structure, du débit, de la température et de la volatilité de la roche mère. Les principaux types de sources sont les suivants :

6.1.1 Sources de pression ou de déversement

Les sources de déversement formées à l'intersection de la surface du sol avec la surface de l'eau souterraine.

6.1.2 Sources de contact

Les sources de contact sont formées sur une couche peu perméable qui croise la surface de l'eau souterraine avec la surface du sol.

6.1.3 Sources artésiennes ou d'émergences

Les sources d'émergences proviennent des libérations d'eau sous la pression d'aquifères confinés, soit à un affleurement de l'aquifère, soit par une ouverture dans le lit confiné.

6.1.4 Sources en roches imperméables ou d'affleurements

Les sources d'affleurements se produisent dans les canaux tubulaires ou dans les fractures de la roche imperméable.

6.2 Traitements de l'eau de source

Les eaux de sources sont naturellement propres à la consommation humaine. Les seuls traitements qui sont permis d'être appliqués, afin d'éliminer les éléments instables (gaz, fer, Manganèse,) sont l'altération, la décantation et la filtration (LUC et LAGARDETTE, 2004).

6.2.1 Filtration

La filtration est le processus d'élimination des particules en suspension dans l'eau tels que les particules qui produisent la turbidité (ANONYME, 2011).

6.2.2 Désinfection

La désinfection vise à tuer les micro-organismes présents dans l'eau. Elle améliore seulement sa qualité microbiologique (DESILLE, 2012).

6.2.3 Décantation

Lors de la décantation, l'eau est libérée des matières en suspension qui se déposent en raison de leur propre poids (DESILLE, 2012).

6.2.4 Aération

L'aération permet d'augmenter la surface de contact entre l'eau et l'air par des méthodes naturelles ou par des dispositifs mécaniques. En d'autres termes, c'est une méthode pour augmenter la saturation en oxygène de l'eau. Elle élimine physiquement les gaz dissous de la solution et leur permet de s'échapper dans l'air ambiant (AKHLAQUE et *al.*, 2017).

7 Maladies à transmissions hydrique (MTH)

Le mot MTH recouvre un large spectre de pathologie d'origine bactérienne, fongique, parasitaire ou virale dont l'élément commun est le mode de contamination : l'eau.

Ce sont des maladies fécales dangereuses à allure épidémique comme la peste, dont les symptômes sont principalement des symptômes gastro-intestinaux (diarrhée, vomissements, etc.) (BENHALIMA, 2019).

Selon l'OMS 2020, La dégradation de l'environnement est souvent responsable de l'apparition d'épidémies, de maladies à transmission hydrique ou alimentaire, (10.000 cas annuels en moyenne). L'organisation estime que l'eau sale est responsable de 9,1 % des maladies enregistrées et de 6% des décès dans le monde chaque année. Au moins 2 milliards de personnes dans le monde utilisent des sources d'eau potable contaminées par des matières fécales. En 2019, seuls 50 % des établissements de santé des pays les moins avancés avaient accès aux services d'eau de base, 37 % avaient accès à l'assainissement de base et 30 % avaient accès à la gestion des déchets de base.

Les maladies d'origine hydrique sont des maladies causées par la consommation d'eau contaminée par des matières fécales animales ou humaines, qui contiennent des microorganismes pathogènes. Les maladies d'origine hydrique se propagent par la contamination des systèmes de distribution d'eau potable par l'urine et les excréments de personnes ou d'animaux infectés (AYED, 2016). En général, la dose requise est plus faible pour les virus et les protozoaires que pour les bactéries. Ainsi, l'ingestion de 1 à 10 particules virales ou de quelques kystes de protozoaires peut déclencher une maladie, mais certaines bactéries nécessitent des concentrations de 10^3 à 10^6 bactéries (MADIGAN et *al.*, 2007).

8 Législation et textes sur l'eau

L'eau doit répondre à des normes préétablies qui fixent les concentrations "seuils" à ne pas dépasser pour un certain nombre de substances dangereuses et pouvant y être présentes. Cependant, bien qu'une eau potable soit conforme aux normes, cela ne signifie pas pour autant qu'elle soit indemne de ces substances, mais que leur teneur est assez faible pour ne pas mettre en danger la santé du consommateur (HOUMEL, 2017).

La norme est représentée par une valeur chiffrée, qui fixe une limite supérieure à ne pas dépasser pour une substance, ou une limite inférieure à respecter ou encore une fourchette comprise entre un minimum et un maximum (OMS, 2006). Nous citons :

- La Loi n° 05-12 du 28 Joumada Ethania 1426 correspondant au 04 Août 2005 relative à l'eau.
- Article 69 : les ressources en eau souterraines et superficielles sont soumises à des contrôles de leurs caractéristiques physiques, chimiques, biologiques et bactériologiques.
- Article 111 : au sens de la présente loi, on entend par eau de consommation humaine toute eau destinée à :

- La boisson et aux usages domestiques ;
- La fabrication des boissons gazeuses et de la glace ;
- La préparation au conditionnement et à la conservation de toutes denrées alimentaires.

9 Paramètres et la qualité d'une eau potable

9.1 Paramètres organoleptiques

9.1.1 Couleur

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 (0.45µm). Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration (RODIER, 2009).

9.1.2 Odeur

L'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 (RODIER, 2009).

9.1.3 Goût et saveur

Le goût peut être défini comme étant l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçue lorsque la boisson est dans la bouche. Tandis que la saveur est définie comme étant l'ensemble des sensations perçues à la suite de la stimulation par certaines substances solubles des bourgeons gustatifs (RODIER, 2009).

9.2 Paramètres physico-chimiques

9.2.1 Paramètres physiques

9.2.1.1 Température

La Température de l'eau est un facteur important dans l'environnement aquatique du fait qu'elle régit la presque totalité des réactions physiques, chimiques et biologiques. Toute variation brusque de ce paramètre entraîne une perturbation de l'équilibre de l'écosystème aquatique (BERRADIA et SERISSERR, 2019).

9.2.1.2 Potentiel d'hydrogène (pH)

Le potentiel d'hydrogène est un paramètre d'évaluation d'acidité et d'alcalinité d'une eau. L'OMS fixe une valeur comprise dans l'intervalle de 6,5 et 8,5 pour l'eau de boisson. Pour l'eau de source, le pH varie naturellement en fonction de l'origine des eaux et de la nature géologique du substrat (HANE et *al.*, 2020).

9.2.1.3 Conductivité électrique

La conductivité électrique (CE) désigne la capacité de l'eau à conduire un courant électrique, et elle est en corrélation directe avec la salinité de l'eau (tableau 1). Ainsi, plus l'eau contient des sels minéraux ionisés, plus sa conductivité est élevée. En outre, la température de l'eau a également une incidence sur sa conductivité (BEKHOUCHE et *al.*, 2022).

L'unité de mesure de la conductivité est le siemens par mètre (S/m), mais dans le cas de l'eau, on utilise couramment le micro siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$) (DERRADJI et MECHEHOUD, 2021).

Tableau 1 : Qualité de l'eau en fonction de la conductivité électrique (TOUHARI, 2015).

| CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$) | Qualité de l'eau |
|--------------------------------|--------------------------|
| 50 à 400 | Excellente |
| 400 à 750 | Bonne |
| 750 à 1500 | Médiocre mais utilisable |
| >à 1500 | Minéralisation excessive |

9.2.1.4 Turbidité

La turbidité d'une eau est due à la présence de particules en suspension notamment colloïdales de l'argile, les limons, les grains de silice, les matières organiques, etc....). L'appréciation de l'abondance de ces particules mesure son degré de turbidité. La turbidité peut être évaluée par

un certain nombre de méthodes qui sont pratiquées suivant les nécessités sur le terrain ou au laboratoire (RODIER, 2009).

9.2.1.5 Salinité

La concentration en sel (NaCl) et autres sels dissous dans l'eau est un élément écologique spécifique aux habitats aquatiques (et également aux sols) qui est appelé salinité. Tout changement imprévu de la salinité résultant de l'activité humaine peut avoir des conséquences graves sur les habitats aquatiques correspondants (RAMADE, 2011).

9.2.2 Paramètres chimiques

9.2.2.1 Dureté d'une eau ou Titre Hydrométrique (TH)

La dureté d'une eau s'exprime par la teneur en ions du calcium (Ca) et de magnésium (Mg). Elle dépend de la nature et de la structure géologique des sols traversés (HANE *et al.*, 2020). MELLAH *et al.*, (2022) ont classé les eaux en fonction de la dureté totale selon le tableau 2.

Tableau 2: Classification des eaux en fonction de la dureté totale (MELLAH *et al.*, 2022).

| Dureté totale (mg/l en CaCO ₃) | Qualité de l'eau |
|--|------------------|
| 0 à 75 | Très douce |
| 75 à 150 | Douce |
| 150 à 300 | Moyenne |
| 300 à 500 | Dure |
| >500 | Très dure |

9.2.2.2 Titre Alcalimétrique Complet (TAC)

Le TAC donnant l'alcalinité totale d'eau, il mesure les espaces basique dans l'eau (ions hydroxydes (OH), ions carbonates (Cos) et ions bicarbonate (HCO₃). Le TAC est un indicateur de pouvoir tampon de l'eau face aux substances acides. Il existe une relation entre le pH et le TAC, En pratique pour une eau dont le pH est inférieur à 8,3, le TAC correspond à la concentration des ions bicarbonates HCO₃. Pour la consommation humaine l'optimum se situe entre 10 et 20°F soit entre 2 et 5 meq/l (BENGAIBONA, 2010).

9.2.2.3 Taux des Tels Dissous (TDS)

Les sels destructeurs les plus courants sont les chlorures. Les eaux salées contiennent des quantités variables de cette substance, tandis que les eaux de surface et les nappes phréatiques sont de plus en plus contaminées par des déversements. En règle générale, une concentration

de chlorures allant jusqu'à 100 mg par litre n'affecte pas la corrosion des métaux dans les eaux à dureté moyenne. Cependant, au-delà de cette concentration, la corrosion s'intensifie rapidement, atteignant 1g/l de chlorures, entraînant la destruction des métaux tels que le fer et l'acier inoxydable en moins de six mois dans l'eau contenant 1g de NaCl par litre (GASMI et REFICE, 2020).

9.2.2.4 Oxygène dissous

L'oxygène dissous conserve ses propriétés oxydantes soit pour une réaction purement chimique, soit par des phénomènes de corrosion. La teneur en oxygène des eaux de surface est quasiment saturée, sous une température de 20°C et sous une pression normale, contient 9,1 mg/l d'oxygène (RODIER, 2005).

9.2.2.5 Résidus secs (matières sèches)

Les résidus secs permettent d'évaluer les caractéristiques des eaux .ils désignent la quantité des minéraux contenues dans l'eau après son évaporation (BONTEMPS, 2020).RODIER et *al.*, (2009) a déterminé la potabilité de l'eau en fonction des résidus secs (Tableau 3).

Tableau 3: Potabilité de l'eau en fonction des résidus secs (RODIER et *al.*, 2009).

| RS (mg / l) | Potabilité |
|--------------------|------------|
| RS<500 mg/l | Bonne |
| 500< RS< 1000mg/l | Passable |
| 3000< RS< 4000mg/L | Mauvaise |

9.2.2.6 Matières en suspension (MES)

Les MES comprennent toutes les matières inorganiques ou organiques insolubles dans l'eau. Ceux-ci comprennent les argiles, les sables, les limons, la matière organique et les minéraux de petite dimension, le plancton et d'autres microorganismes aquatiques (MANACEUR et SAIDJK, 2013). Leur quantité dépend de la saison, des précipitations, de l'approvisionnement en eau et du type d'eaux usées... Cette substance affecte la clarté de l'eau, réduit l'incidence de la lumière et réduit la production de biomasse (METAHRI, 2012).

9.2.2.7 Calcium (Ca²)

Le calcium est un métal alcalin terreux, il est généralement l'élément dominant des eaux potables et sa teneur varie essentiellement suivant la nature des terrains traversés. Le calcium

est retrouvé dans les eaux qui ont traversé des roches calcaires. Avec le magnésium, il est responsable de la dureté de l'eau (NOUAYTI et *al.*, 2015 ; AYAD et KAHOUL, 2016).

9.2.2.8 Magnésium (Mg)

La majorité des eaux naturelles contiennent généralement une petite quantité de magnésium qui est un élément significatif de la dureté de l'eau, il donne un goût désagréable à l'eau, sa teneur dépend de la composition des roches sédimentaires rencontrées (NOUAYTI et *al.*, 2015 ; AYAD et KAHOUL, 2016).

9.2.2.9 Chlorure (Cl)

Les chlorures sont des anions inorganiques importants contenus en concentrations variables dans les eaux naturelles, généralement sous forme de sels de sodium (NaCl) et de potassium (KCl), ces anions ne se combine pas facilement avec les éléments chimiques et reste très mobile. Il constitue un bon indicateur de la pollution. (NOUAYTI et *al.*, 2015 ; AYAD et KAHOUL, 2016).

9.2.2.10 Nitrates (NO₃)

Les nitrates sont des ions naturels présents dans l'environnement. Ils proviennent de la décomposition des matières organiques (DINEPA et *al.*, 2013). Ils font partie des contaminants chimiques les plus omniprésents dans les masses d'eau dans le monde. La contamination de l'eau potable par les nitrates est plus fréquemment associée à une certaine forme de pollution anthropique. Les nitrates sont très solubles dans l'eau et peuvent facilement se déplacer dans le sol. Au fil du temps, les nitrates peuvent s'accumuler dans les eaux souterraines qui peuvent ensuite être utilisées comme source d'eau potable (HAILU, 2017).

9.2.2.11 Nitrites (NO₂)

Les nitrites sont également assez largement présents, mais à des niveaux bien moindres que les Nitrates. Les nitrites proviennent d'une oxydation incomplète des matières organiques. Se retrouvent dans la plupart des produits alimentaires, dans l'atmosphère et dans une grande partie des eaux (BELGHITI et *al.*, 2013). Les nitrites peuvent provoquer dans certains cas des phénomènes de méthémoglobinémie pouvant aller parfois jusqu'à l'asphyxie chez les bébés nourris au biberon (SAMAKE, 2002).

9.2.2.12 Ammonium (NH₄)

L'azote ammoniacal se trouve sous la forme toxique NH₃. Sa présence dans les eaux explique un processus de dégradation incomplète de la matière organique, l'azote ammoniacal se transforme assez rapidement en nitrites et nitrates par oxydation. L'ammoniaque présente

l'inconvénient de nécessiter une augmentation de la consommation en chlore lors de la désinfection (CHADEN, 2014).

9.3 Paramètres bactériologiques

9.3.1 Germes Totaux (GT)

Ce terme inclut toutes les bactéries aérobies, mésophiles et hétérotrophes capables de se développer à 22°C et à 37 °C (LEGUBE, 2015). Le dénombrement des germes totaux, vise à estimer la densité de la population bactérienne dans l'eau potable (LEVALLOIS, 2003). Généralement, ils sont utilisés comme indicateur de pollution dans les milieux naturels de très bonne qualité microbiologique pour contrôler une possible contamination bactérienne. et également comme indicateur d'efficacité de certains traitements (EL HAISSOUFI et *al.*, 2011).

9.3.2 Coliformes totaux

Les coliformes totaux sont définis comme des bactéries non sporulées aérobies et anaérobies facultatives qui appartiennent à la famille des Entérobactéries et comprennent *Escherichia coli* ainsi que divers membres de la génération des nitrobactéries (AMENU, 2013). Étant largement répartis dans la nature, ils n'indiquent pas nécessairement qu'il y a contamination et l'absence de ces derniers ne signifie pas nécessairement que l'eau ne présente pas un risque pathogène. De préférence on utilise les coliformes totaux comme indicateur de l'efficacité du traitement de l'eau potable. Leur présence dans l'eau traitée révèle que le traitement a été inefficace ou qu'il y a eu contamination après traitement (DESJARDINS, 1990 ; SAVARY, 2010); VERHILLE, 2013).

9.3.3 *Escherichia coli*

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

9.3.4 Streptocoques fécaux

Les streptocoques fécaux sont en grande partie d'origine humaine. Cependant, certaines bactéries classées dans ce groupe peuvent être trouvées également dans les fèces animales, ou se rencontrent sur les végétaux. Ils sont néanmoins considérés comme indicateurs d'une pollution fécale. Et leur principal intérêt réside dans le fait qu'ils sont résistants à la dessiccation.

Ils apportent donc une information supplémentaire sur une pollution. L'identification de streptocoques fécaux donnera une confirmation importante du caractère fécal de pollution (MEHANNED et al., 2014).

9.3.5 Coliformes fécaux

Les coliformes fécaux, ou thermo tolérants sont en fait des coliformes qui poussent à des températures plus élevées, soit à partir de 44,5 °C. Ces coliformes fécaux sont des bactéries que l'on retrouve dans la flore intestinale des animaux à sang chaud. La bactérie *Escherichia coli* (*E. coli*) fait partie des coliformes fécaux. Comme la présence de ces bactéries dans une source d'eau ne peut pas être considérée comme normale, elle peut donc représenter une menace ou l'indication d'une éventuelle dégradation de la qualité microbiologique de l'eau, due à la présence d'une contamination fécale. Le mécanisme de transport de ces bactéries dans l'eau serait surtout le ruissellement des eaux de pluies sur le bassin versant, entraînant avec lui les microorganismes contenus dans la terre (BOUCHARD, 2008).

9.3.6 Clostridium sulfito-réducteur

En dehors des streptocoques fécaux et *E. coli* qui sont des indices de contamination fécale récente, du fait que leur survie dans l'eau peut être très courte, les clostridiiums sulfito-réducteurs représentent l'indice d'une contamination fécale ancienne, ils sont résistants aux conditions défavorables grâce à la sporulation, ils sont des bactéries anaérobies strictes, sporulés, Gram positif réduisent les sulfites en sulfures et dont la plupart des espèces sont mobiles (GREGORIO et al., 2007).

Tableau 04 : les paramètres bactériologiques selon l'OMS et le Journal officiel Algérien (OMS, 2006) ;(JOA, 2011).

| Paramètres de pollution microbiologiques | Selon l'OMS | Selon le journal officiel algérien |
|--|-----------------|------------------------------------|
| Coliforme fécaux | 0 colonie/100ml | Non mentionnés |
| Coliforme totaux | 0 colonie/100ml | Non mentionnés |
| <i>E. coli</i> | Non mentionnés | 0 colonie/100ml |
| Streptocoque fécaux | 0 colonie/100ml | Non mentionnés |

10 Pollution de l'eau

Les micropolluants de l'eau est l'un de problèmes d'actualité dont la gravité augmente avec le développement industriel. La sécurité des aliments en particulier l'eau constitue aujourd'hui une préoccupation majeure, à différents niveaux, des responsables de la santé publique, des producteurs, des consommateurs qui font de l'eau l'un des critères importants dans leurs choix. (MAKHLOUFI et ABDELOUAHID, 2011).

10.1 Définition de la pollution de l'eau

Une pollution peut se définir comme une dégradation ou une perturbation du milieu, qui résulte en général de l'apport de matières ou de substances exogènes. Ses effets peuvent être modificateurs ou destructeurs vis-à-vis du fonctionnement du milieu, selon la nature ou la quantité de polluants (ATTALLAH et GHENNAI, 2018).

10.2 Différents Origine de la pollution

On distingue quatre types de pollution selon leur origine :

10.2.1 Pollution domestique

La pollution domestique est généralement véhiculée par un réseau d'assainissement, qui collecte les rejets de foyer ou centre d'activité, vers une station de traitement des eaux usées, elle se caractérise par de fortes teneurs en matières organiques ; en sels minéraux dont l'azote et le phosphore ; en détergents et en germes fécaux (ATTALLAH et GHENNAI, 2018).

10.2.2 Pollution par les eaux pluviales urbaines

Cette pollution est apparue depuis qu'il existe des réseaux de collecte spécifiques, avec des points de concentration des rejets, elle engendre de graves perturbations, surtout lorsqu'elle prend une importance relative plus grande (rejets domestiques mieux traités) (HAIJOUBI et *al.*, 2017 ; ATTALLAH et GHENNAI, 2018). Ces rejets sont caractérisés par :

- Une teneur importante en matières minérales en suspension sables, graviers, poussières) ;
- La présence de nombreux détritiques solides ou flottants de petite taille ;
- Une concentration forte en matières toxiques et hydrocarbures (lessivage de parking, résidus de corrosion des équipements métallique, etc.).

10.2.3 Pollution industrielle

La pollution industrielle est caractérisée par une très grande diversité suivant l'utilisation de l'eau dans les processus (refroidissement, lavage, extraction, mise en solution,...etc.) et l'activité de l'usine (chimie, traitement de surface,...etc.). On peut donc retrouver dans l'eau,

qui est un bon solvant, tous les sous-produits possibles de l'activité humaine (ATTALLAH et GHENNAI, 2018), tels que :

- Matières organiques et graisses (industries agroalimentaires, abattoirs et équarrissages) ;
- Hydrocarbures (raffineries) ;
- Acides, bases, produits chimiques (industries chimiques et pharmaceutiques)
- Eau chaude (centrales thermiques) ;
- Matières radioactives (centrales nucléaires, centres de recherche, hôpitaux).

10.2.4 Pollution agricole

La pollution agricole comporte une composante domestique, issue des sièges d'exploitation souvent non raccordés à un réseau (habitat rural dispersé), et une composante plus spécifique mais complexe, qui se caractérise principalement par : (GENIN, 2003)

- De fortes teneurs en sels minéraux (azote, phosphore, potassium), provenant des engrais et des effluents d'élevage (fumiers, lisiers) ;
- Des substances oxydables issues de sous-produits d'élevage et des lavages d'aires (matières organiques, ammoniacque) ;
- La présence de produits chimiques de traitement des cultures (produits phytosanitaires) ;
- La présence épisodique dans les effluents d'élevage de produits sanitaires (bactéricides, antibiotiques).

10.3 Type de pollution de l'eau

10.3.1 Pollution physique

Les éléments radioactifs rejetés dans l'atmosphère peuvent provoquer des rejets en surface et atteindre les eaux souterraines via les eaux pluviales (pollution radioactive). Plus l'eau est utilisée comme liquide de refroidissement dans les centrales nucléaires et thermiques, plus elle change à mesure que la température augmente (SCHRIVER MAZZUOLI, 2012).

10.3.2 Pollution chimique

La pollution minérale des eaux résulte de la libération dans ces dernières de divers métaux toxiques et de substances inorganiques telles que les nitrates, les phosphates et autres sels

minéraux nutritifs utilisés en agriculture comme fertilisants et enfin, de divers résidus rejetés par la métallurgie et d'autres activités (RAMADE, 2005).

10.3.3 Pollution organique

La pollution organiques est représentée par des substances plus ou moins biodégradables (sucres, protéines) rejetées par certaines industries agroalimentaires et de conditionnement. Elle comprend aussi des substances toxiques plus ou moins remuantes (phénols, tensioactifs, hydrocarbures pétroliers, pesticides) et apparentés (ALAIN, 2005).

10.3.4 Pollution microbiologique

La pollution microbiologique des eaux se traduit par une forte contamination par de nombreux agents pathogènes ; bactéries, et virus. Elle soulève, dans bien des cas, de redoutables problèmes d'hygiène publiques qui ne sont pas limités aux seuls pays du tiers monde (RAMADE, 2005).

Deuxième chapitre

Site d'étude, Matériels et
méthodes

1 Présentation de la zone d'étude

1.1 Situation géographique de la source d'eau Aidloul

La source Aidloul (figure 3 et 4) est localisée dans la commune d'Ait Ouacif, au sud de la wilaya de Tizi Ouzou, à proximité d'habitations, proche de la route, elle est facilement accessible et bénéficie d'un aménagement adapté aux visiteurs. Entourée des maisons en pierre et d'une végétation méditerranéenne composée d'oliviers et de figuiers. Elle est limitrophe de la wilaya de Bouira. Nichée sur les pentes de la montagne du Djurdjura, avec son point culminant à 2308 mètres nommé « la main du juif », la commune d'Ait Ouacif abrite environ 26741 habitants répartis dans 28 villages. Elle se trouve à 35 km au sud du chef-lieu de la wilaya de Tizi Ouzou.

La région est divisée en trois communes : Ait Toudert, Ait Boumehdi et Ouacif, elle est entourée par Iboudraren à l'est, les Ouadhias à l'ouest, Beni Yenni au nord, et le massif de Djurdjura au sud.



Figure 3 : Source d'eau Aidloul (photographie originale ,2024).



Figure 4 : Situation géographique de la zone d'étude (Google earth ,2024).

1.2 Situation climatique

Le climat de la région est méditerranéen subhumide, avec des étés chauds, des hivers pluvieux et humides, et une abondance de neige en hiver à partir de 800 mètres d'altitude.

1.3 Situation topographique

La région d'Ouacif est située dans une zone montagneuse avec un relief difficile, boisée, au pied du massif du Djurdjura, en aval de la ville d'Ait Boumehdi. Le site urbain de Larbaa des Ouacifs est situé le long de la vallée de l'Oued Assif Larbaa, entouré par les montagnes abruptes qui descendent vers le nord, formant une continuité avec les massifs de Lalla Khedidja.

2 Matériels et méthodes

2.1 Echantillonnage

Les caractéristiques physiques, chimiques et microbiologiques des eaux souterraines sont influencées par plusieurs facteurs, comme la composition des sols, la géologie, les conditions de circulation et l'environnement. Les pollutions diverses peuvent également altérer la qualité de l'eau, qui est évaluée à partir d'échantillons représentatifs de l'aquifère.

L'échantillonnage est essentiel dans l'analyse scientifique, que ce soit en physico-chimie ou en bactériologie. Il est crucial de prélever un échantillon d'eau avec soin, car cela influence les résultats analytiques et leur interprétation. L'échantillon doit être homogène, représentatif et ne pas altérer les caractéristiques de l'eau. Nous avons effectué on prise d'échantillon d'eau de la source mois de Mars , environ de 10h45min.

2.1.1 Echantillonnage pour l'analyse physico-chimique

Avant d'effectuer le prélèvement, nous avons laissé l'eau couler pendant 2 minutes afin d'éviter les substances présentes dans l'eau stagnante, puis nous avons passé au test de chlore en utilisant le DPD (diéthyl-p-phénylènediamine) ; un réactif coloré servant à mesurer la quantité de chlore dans l'eau.

Les échantillons sont recueillis dans des bouteilles en verre de 1000 ml, (figure 5) rincées préalablement avec l'eau distillée, et qui sont de nouveau rincées trois fois avec de l'eau à analyser au moment du prélèvement. Puis remplis jusqu'au bord pour empêcher toute pénétration de l'air.



Figure 5 : Flacon utilisée pour les prélèvements physico-chimiques (photographie originelle ,2024).

2.1.2 Echantillonnage pour analyse bactériologique

Les prélèvements sont effectués dans des conditions aseptiques. Nous sommes d'abord stérilisés les flacons au laboratoire ; nous avons lavé et rincé préalablement avec l'eau du robinet puis avec l'eau distillée. Une fois le flacon est séché à l'air ambiant, nous avons versé 0.5 ml de thiosulfate de sodium ; ce produit agit comme agent neutralisant du chlore résiduel qui pourrait être présent dans l'eau, il empêche ainsi le chlore d'agir entre le moment du prélèvement et celui de l'analyse et permet donc d'obtenir une estimation juste du nombre de microorganismes présents dans l'eau au moment du prélèvement. Nous avons mis le flacon dans un autoclave à 121 °C pendant 20 minutes pour finaliser le processus de la stérilisation.

Pour effectuer le prélèvement sur site, nous avons stérilisé le robinet de la source en passant tout autour de ce dernier ainsi que sur l'ouverture du flacon et son bouchon une baguette en acier couverte à moitié avec du coton et émergée dans l'alcool puis enflammée (figure 6).

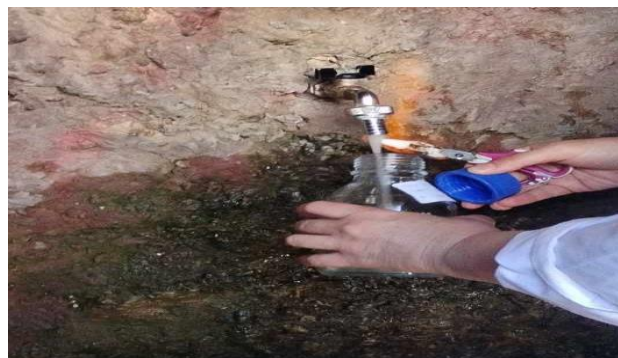


Figure 6 : Stérilisation de robinet de la source et l'ouverture du flacon et son bouchon (photographie originelle ,2024).

Les flacons utilisés sont en verre de 500 ml, sont remplis au 3/4 de leurs volumes pour maintenir en vie les bactéries aérobies. Pour chaque prélèvement, tous les flacons et toutes les bouteilles portent une étiquette où sont mentionnées les indications suivantes : le nom de la source ; la date et l'heure du prélèvement (figure 7).



Figure 7 : Flacon utilisés pour les prélèvements bactériologique (photographie originelle, 2024).

2.1.3 Transport et la conservation des échantillons

Le transport des échantillons s'est fait dans une glacière à une température d'environ 4°C afin de maintenir la composition initiale de l'échantillon d'eau, et empêcher la multiplication des germes.

Afin d'éviter toute modification de la population bactérienne, il est impératif de débiter l'analyse bactériologique dans un délai maximal de 8 heures après le prélèvement de l'échantillon.

2.2 Analyses des échantillons

2.2.1 Analyses physico-chimiques

La caractérisation des eaux souterraines se concentre principalement sur l'analyse des paramètres de base (pH, température, conductivité), des ions majeurs et d'éventuels éléments traces. La conductivité, la température et le pH sont des critères importants pour déterminer les caractéristiques fondamentales d'une eau et pour objectif de connaître les propriétés intrinsèques des molécules ainsi leur aptitude à réagir avec des réactifs particuliers.

Les matériels et les méthodes utilisés pour doser les paramètres physico-chimique sont représentés dans le tableau 5 :

Tableau5 : Matériels et méthodes utilisés pour les différents paramètres physico-chimique.

| Paramètres mesurés | Méthodes | Appareillages |
|---------------------------|---|---|
| PH | Potentiométrique | PH-metre WTW PH 7110 ino Lab |
| Turbidité | // | Turbidimètre HACH TL 2300 |
| Conductivité | // | Conductimètre WTW cond7100 ino Lab |
| Alcalinité | Volumétrie | // |
| Dureté | Titrimétrie à l'EDTA | // |
| Calcium | Titrimétrie à l'EDTA | // |
| Magnésium | // | // |
| Chlorure | Mor | // |
| Ammonium | Spectrophotométrie d'absorption | Spectrophotomètre (HACH) |
| Nitrates | // | // |
| Nitrites | // | // |
| Phosphates | // | // |
| Potassium | Spectrophotométrie d'émission à flamme | Spectrophotomètre d'émission à flamme (Sherwood flamme photomètre 410) |
| Sodium | Spectrophotométrie d'émission à flamme | // |
| Fer | Spectrophotométrie d'absorption | Spectrophotomètre (HACH) |
| Matière organique | Méthode à chaud en milieu acide | // |

2.2.2 Analyses bactériologiques

Pour évaluer la qualité de l'eau, il est indispensable de réaliser des analyses bactériologiques, qui visent à repérer des indicateurs de contamination fécale, ce qui en fait la contamination bactérienne la plus répandue. Nous avons recherchons les germes à l'aide de la technique de filtration sur membrane (utilisant de la gélose) ou en les ensemençant dans un milieu liquide (bouillon). Ces méthodes sont utilisées pour rechercher diverses bactéries, telles que les coliformes fécaux, *Escherichia coli*, les entérocoques intestinaux, les streptocoques du groupe D et les spores des anaérobies sulfito-réductrices. Chaque type de bactérie ciblée nécessite un milieu de culture spécifique. Nous identifions les microorganismes présents dans l'eau prélevée grâce à la filtration sur membrane (méthode quantitative) ou à la fermentation en tubes (méthode semi-quantitative).

2.2.2.1 Filtration sur membrane

La filtration sur membrane est la plus utilisée au laboratoire, elle est applicable à toutes les eaux et en particulier à celles contenant une faible quantité de matières en suspension et un nombre relativement faible de germes (RODIER, 2009). Cette méthode permet de dénombrement et recherche des coliformes totaux et fécaux (*Escherichia coli*) éventuellement présentes dans l'échantillon d'eau à analyser (figure 8), tout d'abord nous doit stérilisé l'entonnoir et les membranes poreuses à l'aide d'un bec bunsen, ensuite nous l'avons refroidi immédiatement avec de l'eau à analyser, puis à l'aide d'une pince stérile, nous avons mis en place une membrane de porosité de $0.45\mu\text{m}$ qui se place entre la membrane poreuse et l'entonnoir. Nous avons déposé aseptiquement 100ml de l'eau à analyser en actionnant la pompe à vide pour faire absorber l'eau à travers la membrane. Enfin nous avons relié l'entonnoir et transférer la membrane d'une façon immédiate et aseptique à l'aide d'une pince sur la surface d'une boîte de pétri qui contient une plaque de gélose (CCA) préalablement préparée et incubée à 37°C pendant 24h voire 48h.

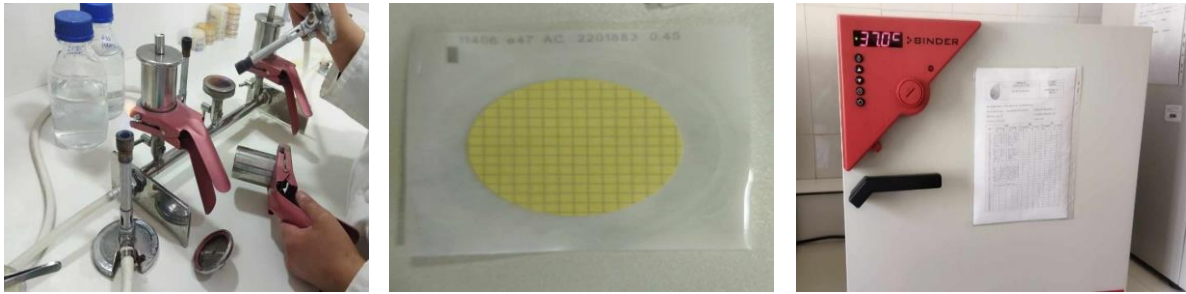


Figure 8 : Denombrement des coliformes et *E. coli* par la méthode solide (photographie originale, 2024).

2.2.3 Ensemencement en milieu liquide

En utilisant des bouillons et des réactifs spécifiques, cette méthode permet de repérer et de mesurer les coliformes fécaux et thermo tolérants, les streptocoques et les spores.

2.2.4 Milieux de cultures

Les milieux de culture qui sont servis pour l'isolement des germes sont :

- ✚ CCA (Coliforme chromogenic Agar) : Pour la recherche des coliformes fécaux et des coliformes thermo tolérants (*E. coli*).
- ✚ SLANETZ : Pour la recherche des streptocoques
- ✚ BEA (Bile Esculine Azoture) : Pour la confirmation de la présence des streptocoques.
- ✚ BLBVB (bouillon lactosé bilié au vert brillant) muni d'une cloche de Durham : Pour la confirmation des coliformes fécaux.
- ✚ VF (viande de foie) : Pour la recherche des spores des anaérobies sulfito-réductrices.
- ✚ Rothe : Pour la recherche des streptocoques.
- ✚ EVA Litsky : Pour la confirmation des streptocoques.
- ✚ BCPL (Bouillon lactosé au pourpre de bromocresol) muni d'une cloche de Durham : Pour la recherche des *E. coli* et des coliformes.
- ✚ Tryptophane : Pour la confirmation des *E. coli*.

2.3 Dosage des paramètres physico-chimiques

2.3.1 Température

Les échantillons ont été testés sur place pour leur température à l'aide d'un multi-paramètre portable ou d'un thermomètre. Nous avons collecté de l'eau, plongé le thermomètre et relevé la température après 10 minutes. Au laboratoire, nous l'avons également mesurée avec un conductimètre.

2.3.2 Potentiel d'hydrogène (pH)

La mesure du pH se fait selon l'instruction de pH mètre (figure 9) relié à une électrode en verre. Nous avons d'abord étalonné l'appareil avec une solution tampon puis nous avons rincé l'électrode avec l'eau distillée, introduit le dans l'échantillon et nous avons enregistré la valeur après la stabilisation du pH.



Figure 9: pH-mètre (photographie originelle, 2024)

2.3.3 Conductivité électrique

La conductivité électrique est mesurée avec un conductimètre liée à une électrode (figure 10). La conductivité électrique d'une eau est déterminée par la quantité de courant électrique que les ions présents dans l'eau peuvent conduire. Elle est affectée par la concentration et la nature des ions, la température et la viscosité de la solution. Avant de mesurer la conductivité d'une solution, il est nécessaire de étalonner l'appareil. Ensuite, il faut plonger l'électrode dans un récipient contenant l'eau à analyser. L'appareil de mesure effectue automatiquement une correction de la température. Les résultats sont directement affichés sur l'enregistreur électronique.

L'unité de la conductivité électrique est le siemens par mètre (S/m) mais est généralement exprimée en micro-siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$).



Figure 10 : Conductimètre (photographie originelle ,2024)

2.3.4 Turbidité

La turbidité est réalisée à l'aide d'un turbidimètre appelé néphélométrie (figure 11). Nous avons utilisé des cuves en verre bien nettoyées et séchées puis nous les avons remplies avec de l'eau distillée comme solution témoin puis avec de l'eau à analyser bien homogénéisé et il est nécessaire de vérifier l'absence de bulle d'air avant la mesure. La turbidité d'une eau est exprimée à une unité néphélométrie (NTU).



Figure11 : Turbidimètre (photographie originelle ,2024).

2.4 Dosage des paramètres chimiques

2.4.1 Paramètres de minéralisation globale

2.4.1.1 Dureté totale

Il s'agit d'un titrage complexométrie des ions calcium et magnésium en utilisant une solution aqueuse de sel disodique d'acide éthylène-diamine tétra acétique (EDTA) à un pH de 10 (figure12). L'indicateur utilisé est le noir ériochrome qui devient rose en présence des ions calcium et magnésium, puis vire au bleu lors du titrage avec l'EDTA.

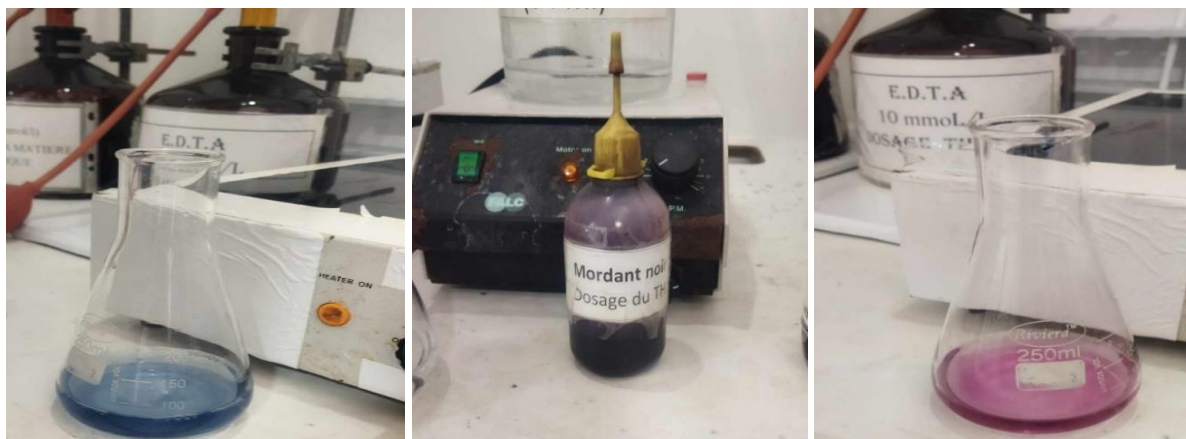


Figure 12 : Dosage de la dureté totale par titrimétrie à l'EDTA (photographie originale, 2024).

❖ Mode opératoire

Nous avons introduit 50 ml d'eau à analyser ensuite nous avons ajouté 4 ml de solution tampon ammoniacal (pH=10) et 2 à 3 gouttes de Noir Eriochrome T ; et noter le changement de la couleur en violet effectuer un titrage avec la solution E.D.T.A tout en continuant d'agiter constamment, jusqu'au virage de la coloration violâtre au bleu. Le virage est atteint lorsque la couleur ne doit plus changer avec l'ajout d'une goutte supplémentaire de la solution d'EDTA puis nous avons noté le volume V_1 d'E.D.T.A nécessaire pour ce titrage.

La teneur globale en calcium et magnésium est donnée par l'équation :

$$TH \text{ (mg/l)} = C_1 * V_1 / V_0$$

Avec:

TH : teneur globale en calcium et en magnésium (mg/l) ;

C₁ : concentration de la solution de l'EDTA ;

V₁ : volume de la solution de l'EDTA utilisé pour le titrage (ml) ;

V₀ : volume de l'échantillon (ml)

2.4.1.2 Dosage de calcium

Il consiste à un titrage des ions calcium avec une solution aqueuse de l'EDTA à un pH compris entre 12 et 13. L'indicateur utilisé est le murexide (HSN), qui forme un complexe rose avec le calcium. Lors du dosage, L'EDTA réagit tout d'abord avec les ions calcium libres, puis avec les ions combinés avec l'indicateur qui vire alors de la couleur rose à la couleur bleu claire.

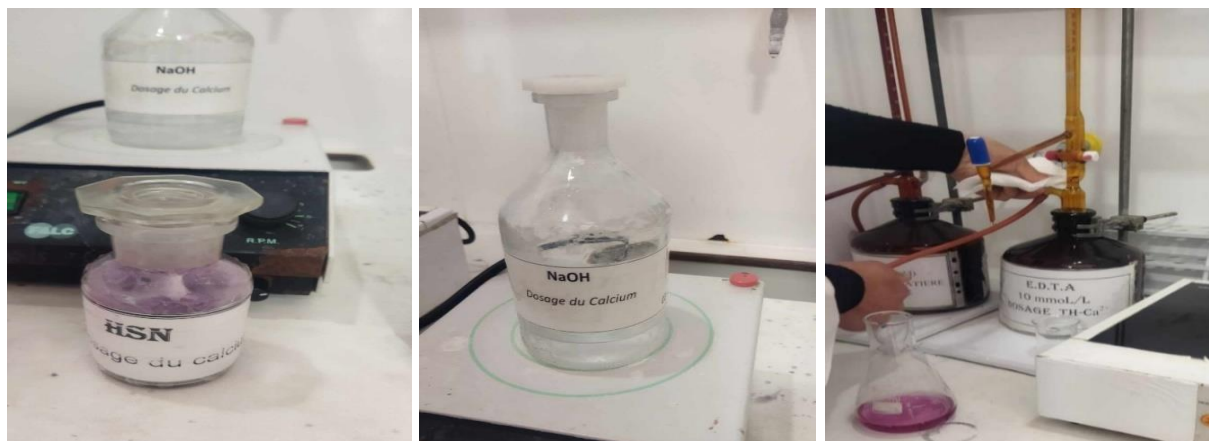


figure13 : Dosage de calcium par titrimétrie a l'EDTA (photographie originelle ,2024)

❖ Mode opératoire

Nous avons prélevé une prise d'essai de 50 ml de l'échantillon d'eau à analyser, puis nous avons ajouté 2 ml de la solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) et 0,2 g d'indicateur HSN (Murexide) et nous avons noté le changement de la couleur en rose. Nous avons mélangé bien le tout. Nous avons titré avec la solution d'EDTA en versant lentement jusqu'à virage de la couleur rose au bleu (Figure 13). La teneur en calcium, exprimée en mg/l, est donnée par l'équation suivante :

$$C_{ca} \text{ (mg/l)} = C_1 \times V_1 \times A/V_0$$

Avec :

C_{ca} : teneur en calcium mg/l ;

C_1 : la concentration en EDTA (mM) ;

V_0 : le volume de la prise d'essai (ml) ;

V_1 : le volume de la solution de l'EDTA utilisé pour le dosage (ml) ;

A : masse atomique relative du calcium.

2.4.1.3 Dosage de Magnésium

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

$$Mg = (Ca + Mg) - Ca$$

Où :

Mg : Teneur en magnésium en mg/l ;

$Ca+Mg$: Teneur globale en calcium et en magnésium ;

Ca : Teneur en calcium en mg/l.

2.4.1.4 Dosage de potassium et sodium

❖ Mode opératoire

Nous avons effectué une dissociation de 1,907 g de KCl (pour le potassium) et 2,54g de NaCl (pour le sodium) dans un litre d'eau distillée pour chacun. Cette solution a ainsi une concentration égale à 1000 mg/l pour chaque élément. Ensuite nous avons préparé une solution de 10 mg/l. puis nous avons passé au photomètre à flamme la solution de 10 mg/l trois fois, et ça doit afficher « 10 », à la fin nous avons passés notre échantillon au spectrophotomètre à flamme. Si la concentration dépasse 10 mg/l donc nous procédons à la dilution de l'échantillon (Figure 14).



Figure 14 : Spectrophotomètre a flamme (photographie originelle ,2024).

2.4.1.5 Dosage d'alcalinité

La méthode consiste à déterminer l'alcalinité (figure 15) de l'eau prélevée en évaluant la présence d'hydrogencarbonates et carbonates. Les deux déterminations sont :

Le titre alcalimétrique ou TA qui mesure la teneur de l'eau en carbonates (CO_3^{2-}) et Le titre alcalimétrique complet ou TAC qui correspond à la teneur de l'eau en bicarbonates (HCO_3^-)

Ces déterminations sont basées sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué (acide sulfurique) en présence de phynol-phtaléine.

❖ Modes opératoires

• Détermination de TA

Nous avons versé 100 ml de l'échantillon dans un erlenmeyer de 250 ml puis nous avons ajouté 3 gouttes de phynol-phtaléine qui a donné une couleur rose à notre échantillon (Le pH doit être supérieur à 8.3. Dans le cas contraire, la couleur rose n'apparaîtra pas donc le TA est nul). Nous avons ensuite titré notre solution avec l'acide sulfurique à l'aide d'une burette tout

en agitant constamment et ceci jusqu'à décoloration complète de la solution (pH=8.3). La concentration des carbonates est l'équivalent du volume versé de l'acide sulfurique en mg/l.

- **Détermination de TAC**

Nous avons utilisé l'échantillon traité précédemment auquel nous avons ajouté 2 gouttes de solution méthyle orange, puis nous l'avons titré de nouveau avec le même acide jusqu'au virage de jaune au jaune orangé où le pH de la solution est de 4.3. La concentration des bicarbonates est l'équivalent du volume versé de l'acide sulfurique en mg/l.

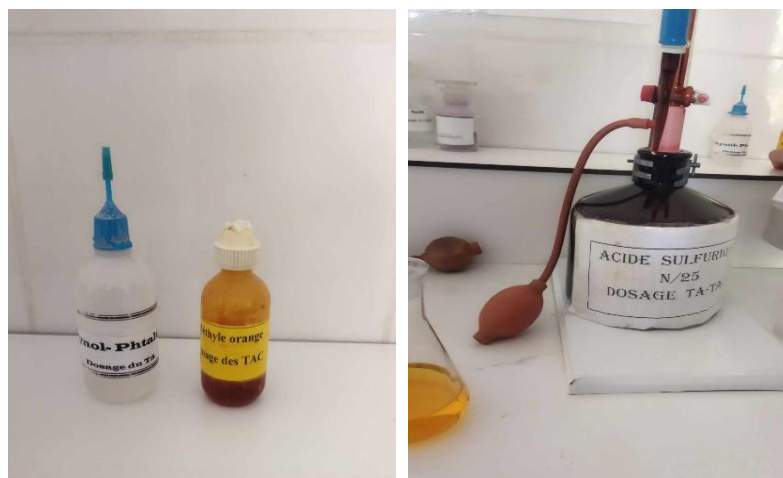


Figure 15 : Dosage de l'alcalinité (photographie originelle ,2024).

2.4.1.6 Dosage des chlorures (méthode de Mohr)

Les ions chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium. Durant le titrage, le pH est maintenu entre 5 et 9.5 afin de permettre la précipitation. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la couleur rouge caractéristique du chromate d'argent (RODIER et *al*, 2009).

❖ Mode opératoire

Nous avons introduit 100 ml de l'échantillon, puis nous avons ajouté 1 ml d'indicateur de chromate de potassium K_2CrO_4 (coloration jaunâtre). Ensuite nous avons titré la solution par addition goutte à goutte de solution de nitrate d'Argent $AgNO_3$ jusqu'à ce que la solution prenne une couleur rougeâtre (Figure 16).



Figure 16 : Dosage des chlorures (photographie originelle ,2024).

2.5 Dosage des paramètres indésirables

2.5.1 Aluminium

Réaction de l'aluminium avec l'ériochrome cyanine à un pH de 5.9 en présence de l'acétate d'ammonium (figure 17).

❖ Mode opératoire

Nous avons introduit 25ml d'eau à analyser dans une fiole jaugé, puis à l'aide d'une pipette nous avons injecté successivement 0.5 ml de thiosulfate de sodium avec agitation pour éliminer le chlore présent dans cette eau, 1ml d'acide ascorbique et 1ml d'acide sulfurique qui neutralise le chlorure, puis 10ml de solution tampon (pH 6.2) et 5ml de solution fille d'ériochrome cyanine qui donne une coloration orange. L'absorption de cette solution a été mesurée à l'aide d'un spectrophotomètre UV visible avec une longueur d'onde de 540nm étalonné avec de l'eau distillée.



Figure 17 : Dosage de l'aluminium (photographie originelle ,2024).

2.5.2 Dosage de fer

Le fer réagit avec la phénantroline-1.10 (indicateur) du réactif pour développer une coloration orange proportionnelle à la concentration de fer.

❖ Mode opératoire

Dans une fiole de 100 ml nous avons transvasé 50 ml de la prise d'essai, nous avons ajouté 1 ml de la solution chlorhydrate hydroxylamine et mélanger soigneusement, ensuite nous avons ajouté 2 ml de tampon acétate pour obtenir un pH entre 3.5 et 5.5 et 2ml de la solution phénantroline et conserver pendant 15 min à l'obscurité, puis nous avons mesuré l'absorbance à l'aide d'un spectrophotomètre UV visible à 510 nm (Figure 18).

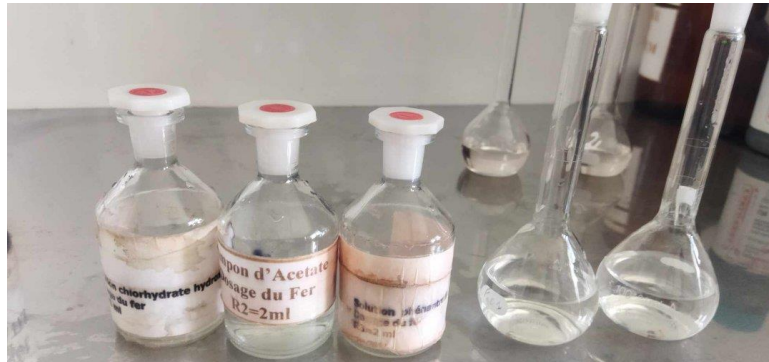


Figure18 : Dosage de fer (photographie originelle ,2024).

2.6 Paramètres de pollution

2.6.1 Dosage d'Ammonium

Ce dosage consiste à la détermination spectrométrique du composé bleu résultant de la réaction de l'ammonium avec les composés salicylate et hypochlorite de sodium (NaClO) en présence de nitrosopentacyanoferate de sodium (nitroprussiate de sodium).

❖ Mode opératoire

Nous avons versé 40 ml de l'échantillon d'eau de source à analyser dans une fiole de 50 ml (figure19). Ensuite, nous avons ajouté 4 ml du réactif coloré préalablement préparé, qui donne une couleur jaune, ainsi que 4 ml de dichloroisocyanurate de sodium. Si de l'ammonium est présent, la couleur jaune devient verte pendant une période de contact de 2 heures (plus la teneur en matière organique est élevée, plus la couleur verte devient foncée). Nous avons ensuite placé la cuve contenant l'échantillon contenant l'ammonium dans le spectrophotomètre UV visible,

qui avait déjà été étalonné avec de l'eau distillée, et nous avons enregistré la valeur affichée en mg/l sur l'écran de l'appareil.



Figure19 : Dosage de l'ammonium (photographie originelle, 2024).

2.6.2 Dosage de Nitrates

Cette technique implique la création du nitro 4 diméthyl 2,6-phénol en combinant du nitrate avec du diméthyl 2,6-phénol en présence d'acide sulfurique et d'acide phosphorique. La réaction devrait durer environ 5 minutes (figure 20).

❖ Mode opératoire

Dans un récipient conique sec d'une capacité de 100 ml, nous avons transféré à l'aide d'une pipette munie d'une poire 35 ml du mélange acide auquel nous avons ajouté 5 ml de diméthyl 2,6-phénol. Ensuite, nous avons agité la solution de manière circulaire et l'avons laissée reposer pendant une durée allant de 10 à 60 minutes. À l'aide d'une pipette, nous avons ajouté 5 ml de l'échantillon à tester. Après avoir étalonné le spectrophotomètre, nous avons placé la cuve en verre contenant la solution à analyser et avons obtenu la concentration en nitrates d'azote (N-NO_3) à une longueur d'onde de 324 nm. Quant à la concentration en nitrates, nous l'avons obtenue en multipliant la valeur trouvée par 4,427, ce qui donne la valeur finale en mg/l.



Figure20 : Dosage de nitrates (photographie originelle, 2024).

2.6.3 Dosage de Nitrites

Les ions nitrites subissent une réaction en milieu acide ($\text{pH} = 1.9$) avec le réactif amino-4 benzène sulfonamide en présence d'acide ortho phosphorique afin de produire un sel diazoïque qui forme un complexe coloré rose avec le dichlorhydrate de N-(naphtyl-1)-diamino-1,2 éthane.

❖ Mode opératoire

Dans un flacon jaugé de 50 ml (figure21), nous avons versé 40 ml d'eau de source à analyser. Par la suite, nous avons ajouté 1 ml du réactif de mélange pour le dosage des nitrites à l'aide d'une pipette. L'apparition immédiate d'une teinte rose après le temps de contact indique la présence de nitrites polluants dans l'eau. Nous avons ensuite inséré l'échantillon dans une cuve et l'avons placée dans le spectrophotomètre UV visible, que nous avons préalablement étalonné avec de l'eau distillée. Ensuite, nous avons enregistré la valeur affichée sur l'écran de l'appareil en mg/l.

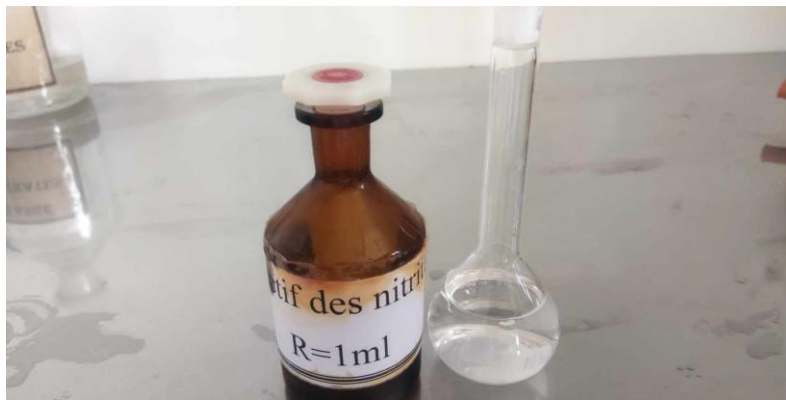


Figure21 : Dosage des nitrites (photographie originelle, 2024).

2.6.4 Dosage de Phosphate

Le concept implique la formation d'un complexe phosphomolybdique dans un environnement acide en utilisant du molybdate d'ammonium, du tartrate double d'antimoine et du potassium. Ce complexe est ensuite réduit par l'acide ascorbique pour former un complexe coloré en bleu, qui peut être dosé par spectrométrie et qui présente deux pics d'absorption maximale (l'un autour de 700 nm et l'autre plus important à 880 nm).

❖ Mode opératoire

Nous avons introduit 40 ml de l'échantillon d'eau de source à analyser dans une fiole de 50 ml. Par la suite, nous avons ajouté 1 ml d'acide ascorbique et 2 ml du réactif mélange. Après un mélange minutieux, nous avons incubé la solution pendant une période de 10 minutes. L'apparition d'une couleur bleue après ce temps de contact indique la présence de phosphate.

Pour l'interprétation des résultats, nous avons utilisé un spectrophotomètre UV visible préalablement étalonné avec une solution d'orthophosphates. Nous avons placé une cuve en verre contenant la solution à analyser dans l'appareil, puis nous avons enregistré la valeur affichée en mg/l sur l'écran de l'instrument.

2.6.5 Dosage de Matière organique

L'objectif de cette épreuve est d'évaluer la concentration de matières organiques dans l'eau de source en quantifiant la consommation d'oxygène lors de la réduction du permanganate de potassium (KMnO_4) par les composés organiques présents dans l'échantillon à analyser. Il s'agit d'une méthode de dosage réciproque (figure 22).

❖ Mode opératoire

Dans un récipient conique, nous avons introduit 100 ml de l'échantillon d'eau de source, puis nous avons ajouté 20 ml de l'acide sulfurique préalablement réchauffé. Ensuite, nous avons ajouté 20 ml de permanganate de potassium, qui a donné une coloration violette à la solution. Nous avons placé le récipient sur une plaque chauffante et porté la solution à ébullition (nous avons chronométré 10 minutes à partir de la première ébullition). À l'aide d'une pipette, nous avons ajouté 20 ml d'oxalate de sodium ($\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$), ce qui a provoqué la décoloration de la solution. Nous avons ensuite titré la solution, encore chaude, avec la solution titrant de permanganate de potassium jusqu'à l'apparition d'une couleur rose pâle, indiquant l'oxydation complète de la matière organique. La quantité de KMnO_4 versée correspond au taux de matière organique en mg/l présent dans l'échantillon d'eau de source.



Figure22 : Dosage de matière organique (photographie originale, 2024).

2.7 Dénombrement des bactéries

2.7.1 Dénombrement des coliformes et coliformes thermo tolérants (*E. coli*)

2.7.1.1 Méthode par filtration sur membrane

Le concept de cette méthode repose sur la recherche et le comptage des coliformes, y compris les coliformes thermo tolérants (*E. coli*), sur une gélose chromogène (CCA) à l'aide d'une technique de filtration sur membrane utilisant une rampe de filtration.

❖ Mode opératoire :

Nous avons procédé à la stérilisation de la rampe de filtration, puis nous avons placé un filtre quadrillé de 45µm sur la plaque poreuse du dispositif de filtration. Nous avons soigneusement agité le flacon d'eau de source à analyser et avons versé stérilement (dans la zone de stérilité du bec Bunsen) 100ml de l'échantillon prélevé. Nous avons ensuite ouvert le robinet de la rampe pour permettre l'écoulement et l'aspiration de l'eau. Une fois l'eau filtrée, nous avons retiré le filtre à l'aide d'une pince stérile en le tenant par son bord, puis nous l'avons déposé dans une boîte de Pétri contenant le milieu de culture CCA préalablement préparé, en veillant à ne pas emprisonner de bulles d'air. Ensuite, nous avons incubé la boîte, le couvercle vers le bas, dans une étuve à une température de 36 ± 2 °C pendant une durée de 21 ± 3 heures.

Lecture

Après la période d'incubation, toutes les colonies qui présentent une réaction positive à la B-D-galactosidase (couleur rose à rouge) sont comptées en tant que bactéries coliformes présumées qui ne sont pas des *E. coli*. De plus, toutes les colonies qui présentent une réaction positive à la B-D-galactosidase et à la B-D-glucuronidase (couleur bleu foncé à violet) sont également comptées en tant qu'*E. Coli* (figure 23).

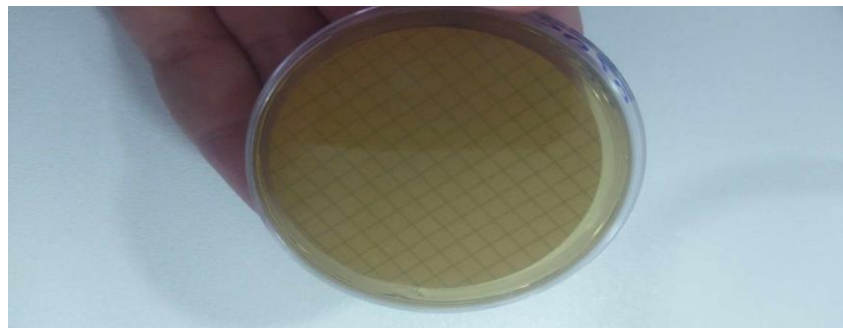


Figure23 : coliforme fécaux (photographie originelle, 2024).

- **Test de confirmation**

Afin de confirmer l'identification des colonies comme étant des coliformes, il est nécessaire de les prélever avec précaution à l'aide d'une pipette stérile et de les transférer sur un disque d'oxydase préalablement imbibé dans l'eau distillée (figure 24). Dans ce cas, toutes les colonies qui ne présentent pas de changement de couleur dans les trente secondes suivant l'application de l'oxydase (c'est-à-dire une réaction négative à l'oxydase) sont considérées comme des bactéries coliformes. En revanche, les colonies qui virent au bleu ne sont pas des coliformes (réaction positive à l'oxydase) (figure 24).



Figure 24 : confirmation de coliforme fécaux sur disque d'oxydase (photographie originelle, 2024).

2.7.1.2 Méthode en milieu liquide

Cette méthode implique la recherche et le comptage des bactéries coliformes, y compris les coliformes thermo tolérants (*E. Coli*), présentes dans l'eau de source à analyser. Cela se fait en utilisant la technique du Nombre le Plus Probable (NPP) dans un milieu liquide, soit un milieu BCPL simple concentré ou double concentré.

❖ Mode opératoire

Nous avons utilisé 7 tubes à essais contenant 10 ml du milieu BCPL coloré en violet et équipés d'une cloche de Durham. Parmi ces tubes, 5 étaient doublement concentrés (DC) et 2 étaient simplement concentrés (SC). Dans une zone stérile, nous avons aseptiquement ajouté 10 ml d'eau de source à analyser dans chaque tube DC, 1 ml dans l'un des tubes SC et 0.1 ml dans l'autre. Ensuite, nous avons soigneusement mélangé le milieu et l'inoculum en effectuant des mouvements de va-et-vient afin d'éliminer l'air présent dans la cloche. Une fois que tout l'air a été chassé, nous avons incubé les tubes à une température de 37°C pendant 24 heures (figure 25).



Figure25 : Milieu BCPL pour la recherche des coliformes fécaux et *E. Coli* (Photographie originelle, 2024).

Lecture

- **Test de présomption**

Après un processus d'incubation, les tubes sont considérés comme positifs si, simultanément, ils présentent un dégagement de gaz supérieur à 1/10 de la hauteur de la cloche et une turbidité microbienne accompagnée d'un changement de couleur du milieu vers le jaune (figure26). Cela indique uniquement la présence de bactéries, mais leur confirmation nécessite un test de confirmation réalisé dans un bouillon spécifique pour chaque type de bactérie (*E. Coli* et coliformes fécaux).

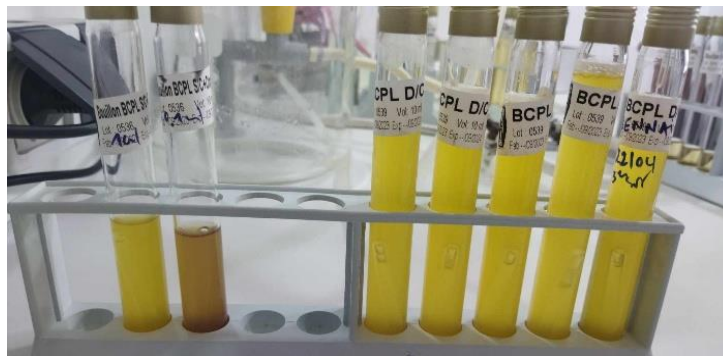


Figure26 : Milieu BCPL en présence des coliformes fécaux et thermo tolérants (Photographie originelle, 2024).

- **Test de confirmation**

- *E. Coli*

À partir des tubes BCPL identifiés comme positifs, nous avons prélevé quelques gouttes du mélange qui seront ultérieurement transférées dans le milieu Tryptophane de teinte nous avons ensuite, procédé à l'incubation dans une étuve à une température de 44 °C pendant une durée de 24 heures.

Lecture

Après l'incubation, nous avons rajouté 2 à 3 gouttes du réactif Kovac Les *E. Coli* est présentes si un anneau rouge cerise apparaîtra (figure27.).

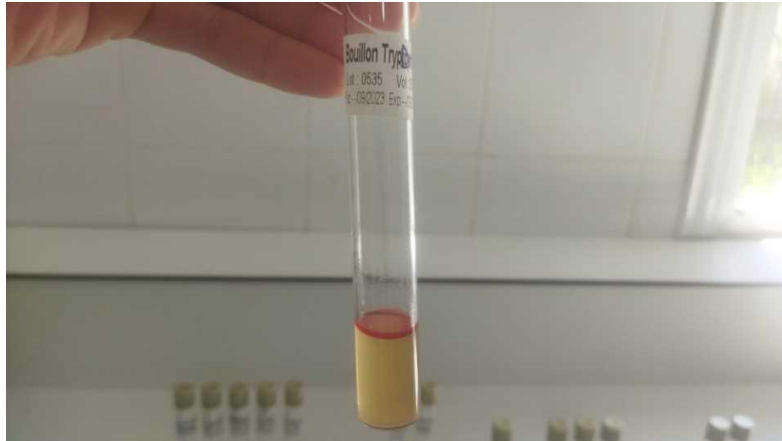


Figure27 : Confirmation de la présence des *E. Coli* par le réactif Kovac dans un milieu Tryptophane (Photographie originelle, 2024).

➤ Coliforme fécaux

À partir des tubes BCPL identifiés comme positifs, nous avons transposé dans un milieu BLBVB (figure28) équipé d'une cloche de Durham, quelques gouttes du mélange (milieu et inoculum) à l'aide d'une pipette, puis nous avons placé dans une étuve à une température de 37 °C pendant une durée de 24 heures.

Lecture

L'apparition d'un trouble microbien suivi d'un dégagement de gaz indique la présence des coliformes fécaux.

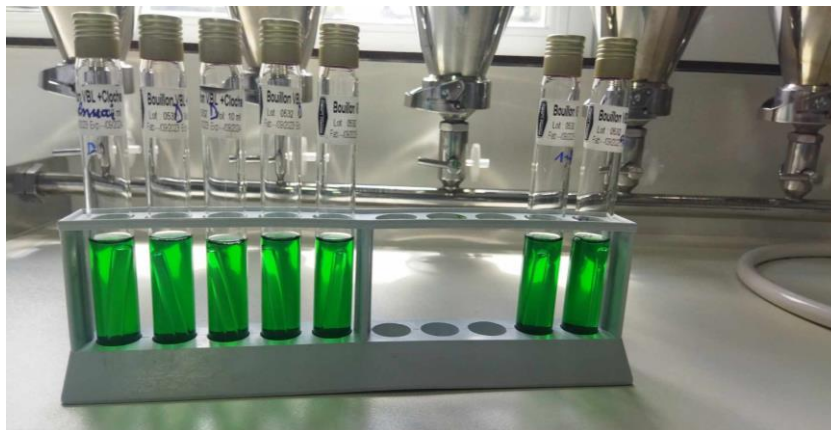


Figure28 : Milieu BLBVB (Photographie originelle, 2024).

2.7.2 Dénombrement des streptocoques

2.7.2.1 Méthode par filtration sur membrane

Cette méthode implique la recherche et le comptage des entérocoques intestinaux ou des streptocoques fécaux du groupe D dans l'échantillon d'eau de source à analyser par filtration sur une membrane poreuse. Cette méthode requiert une préparation préalable qui se déroule en deux étapes : un test présomptif utilisant le milieu SLANETZ pour indiquer la présence des streptocoques, suivi d'un test confirmatif utilisant le milieu BEA pour confirmer leur présence.

❖ Mode opératoire

Après avoir procédé à la stérilisation du dispositif de filtration, nous l'avons immédiatement refroidi en versant une quantité d'eau de source à analyser (ou d'eau distillée stérile si disponible en quantité suffisante) dans l'entonnoir. Simultanément, nous avons ouvert le robinet afin d'aspirer l'eau à travers la pompe. Ensuite, nous avons placé de manière aseptique un filtre d'une porosité nominale de $0,45\mu\text{m}$ entre la membrane poreuse et l'entonnoir à l'aide d'une pince stérile. Nous avons versé 100 ml de l'échantillon d'eau de source dans l'entonnoir, devant le bec Bunsen, puis nous avons activé la pompe à vide, permettant ainsi le passage de l'eau à travers le filtre et l'isolement des bactéries. Nous avons retiré l'entonnoir et transféré immédiatement et de manière aseptique le filtre sur la surface d'une plaque de gélose SLANETZ préalablement préparée et versée dans des boîtes de culture. Nous avons incubé ces boîtes, couvercle vers le bas, dans une étuve à une température de $36\pm 2\text{ }^\circ\text{C}$ pendant une durée de 44 ± 4 heures

Lecture

- **Test de présomption**

Après la période d'incubation, la manifestation de petites colonies lisses légèrement convexes avec des contours réguliers et une pigmentation rouge, marron ou rose, témoigne de la présence de streptocoques. Ces colonies seront soumises à un test de confirmation afin de valider leur présence (figure 29).

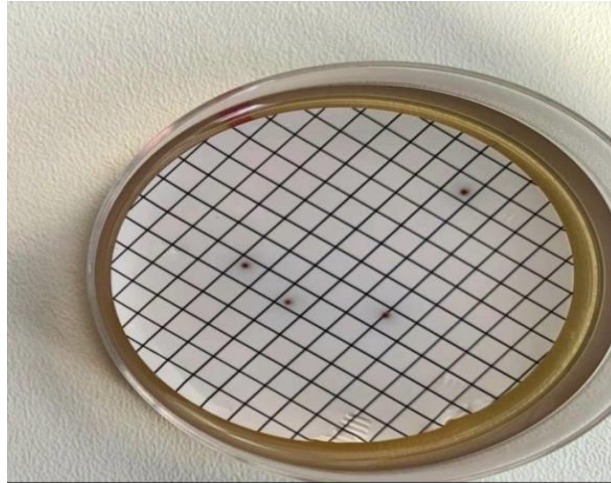


Figure 29 : Streptocoques sur un milieu SLANETZ (photographie originelle ,2024)

- **Test de confirmation**

Nous avons effectué un transfert stérile du filtre contenant le milieu SLANETZ sur un milieu de gélose (BEA) préalablement chauffé à 44 °C, puis nous avons l'incubé dans une étuve à une température de $44 \pm 0,5$ °C pendant une durée de 2 heures. Après cette période d'incubation, les colonies confirmées présenteront une coloration noire, indiquant ainsi l'hydrolyse de l'esculine présente dans le milieu BEA (figure 30).

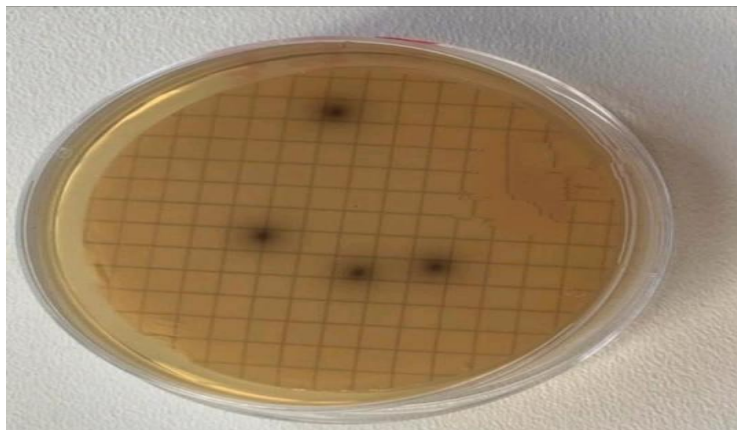


Figure 30 : Confirmation de streptocoques sur un milieu BEA (photographie originelle ,2024).

2.7.2.2 Méthode en milieu liquide

Cette méthode implique la recherche et le comptage des entérocoques intestinaux ou des streptocoques fécaux dans l'échantillon d'eau de source à analyser en utilisant la technique de l'ensemencement en milieux liquides (NPP). Cette méthode se déroule en deux étapes successives : un test préliminaire réservé à la recherche présumée des streptocoques sur un milieu sélectif contenant de l'azoture de sodium (milieu Rothe), suivi d'un test de confirmation

permettant la véritable confirmation des streptocoques sur un milieu nettement plus inhibiteur (EVA Litsky) contenant de l'éthyl violet et de l'acide de sodium.

❖ Mode opératoire

Nous avons utilisé 7 tubes contenant 10 ml de bouillon Roth coloré en jaune, dont 5 tubes étaient à double concentration (DC) et 2 autres tubes étaient à simple concentration (figure 31). Dans une zone stérile, nous avons aseptiquement ajouté 10 ml de l'échantillon prélevé dans chaque tube DC. Pour les deux tubes SC, nous avons ajouté 1 ml d'eau de source dans l'un et 0,1 ml dans l'autre. Les milieux et l'inoculum ont été soigneusement mélangés et incubés dans une étuve à 37 °C pendant 48 heures.

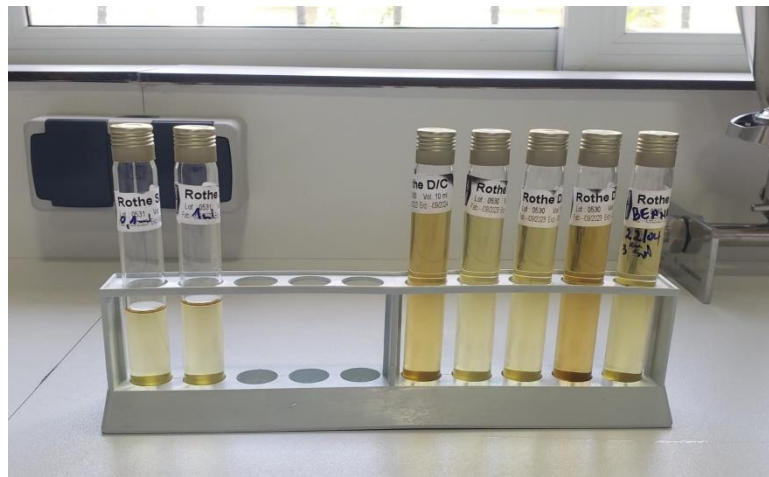


Figure31 : Recherche des streptocoques dans le bouillon Roth (Photographie originelle, 2024).

Lecture

- **Test de présomption**

Après la période d'incubation, les tubes présentant une turbidité microbienne sont considérés comme positifs. Cependant, dans cette situation, ils ne doivent pas être quantifiés, mais plutôt être transférés sur un milieu EVA Litsky afin d'être confirmés de manière précise.

- **Test de confirmation**

À partir des tubes Roth identifiés comme positifs, nous avons prélevé quelques gouttes à l'aide d'une pipette et nous les avons transférées dans des tubes contenant un milieu EVA Litsky coloré en jaune (figure32). Ensuite, nous avons bien mélangé le milieu et l'inoculum puis incubé le tout dans une étuve à une température de 37 °C pendant une durée de 24 heures.

Après la période d'incubation, les tubes qui présentent une altération microbienne et une formation de dépôt blanchâtre au fond sont considérés comme étant positifs. Enfin, il convient de procéder à la lecture finale et au comptage des bactéries conformément aux instructions de la table du Nombre le Plus Probable (NPP) (table du 3ème système).



Figure32 : Confirmation de la présence des streptocoques dans le milieu EVA Litsky
(Photographie originelle, 2024).

Troisième chapitre
Résultats et discussion

1 Résultats des analyses organoleptiques

1.1 Couleur

L'eau de la source Aidloul est limpide et incolore, ceci revient aux faibles teneurs des ions métalliques et le fer qui sont les principaux facteurs qui provoquent une coloration de l'eau.

2 Résultats des analyses physicochimiques

2.1 Température

La figure 33 représente les données des températures enregistrées (en °C) au niveau de la source d'eau Aidloul. Les mesures in-situ de la température de l'eau de cette source ont révélé des valeurs comprises entre 11,4 °C et 17,9 °C au cours des années 2023 et 2024 pendant la période d'échantillonnage hivernale. Selon nos résultats (hiver 2024), la température de l'eau de notre source étudiée présente une légère augmentation par rapport à celle de l'année 2023, ce phénomène peut être attribué à l'inégalité thermique des mois d'échantillonnage ; le mois de février pour l'échantillon de 2023 et le mois de mars pour 2024. Ainsi, nous constatons que la température extérieure influence la température de l'eau. Les valeurs enregistrées sont conformes aux normes algériennes de l'eau potable qui recommandent des températures ne dépassant pas 25 °C.

Nos résultats concordent avec ceux de TOUABI et ATEK (2022), qui ont réalisé une étude sur l'évaluation des paramètres physico-chimiques et bactériologiques des eaux de la source Aghbalou au niveau de la commune de Makouda dans la région de Tizi Ouzou (16°C pour l'hiver). Nos valeurs enregistrées sont aussi proches aux valeurs trouvées par AIT RAMDANE et BEN SAID (2022) qui ont réalisé une analyse comparative des paramètres physico-chimiques et bactériologiques des eaux de consommation dans la wilaya de Tizi-Ouzou, valeurs varient entre 15 °C et 20,7 °C. Nos résultats sont également proches à ceux obtenus par BOURREMA et BOUZETINE (2023) qui ont étudié les analyses physico-chimiques et bactériologiques de l'eau de la source Boudjafar sur deux périodes d'échantillonnage au niveau de la commune d'Iloulou Oumalou dans la région de Tizi-Ouzou (valeur 13°C en hiver). Cependant, nos résultats ne concordent pas avec ceux obtenus par AKKOUCHE et TIFAN (2021) dans leur étude sur les analyses physico-chimiques et bactériologiques de l'eau de deux sources au niveau de deux communes « Tizi Rached et Béni Douala » Wilaya de Tizi-Ouzou (Valeur 20,8°C).

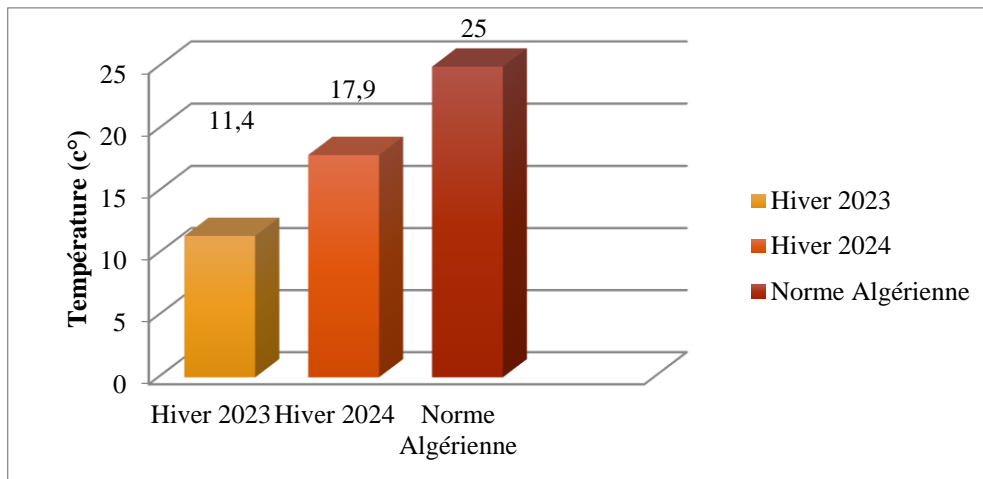


Figure33 : variation de la température au niveau de la source d'eau Aidloul durant l'hiver des deux années 2023 et 2024.

2.2 PH

Les valeurs enregistrées (figure 34) montrent que l'eau de notre source étudiée à pH basique, nous notons 8.33 pour l'hiver 2023 et 8.01 pour l'hiver 2024. Ces valeurs se situent dans les limites requises pour les eaux de consommation selon les normes algériennes (pH=9). Les valeurs de pH enregistrées aux 2023 sont relativement élevées par rapport à celle de 2024. Selon PUJEH JUNIOR(2021), la température a un lien direct avec le pH ; plus le pH est faible plus la température de l'eau est élevée.

Nos résultats concordent avec les travaux de BOURREMA et BOZETINE (2023) qui ont apprécié une valeur de 8,11 °c pour l'hiver et celle de STITI et AKLI(2022) qui ont effectué une étude sur l'évaluation des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de deux sources d'eau au niveau de deux communes de la wilaya de Tizi Ouzou << Tizirt et Ouadias », des valeurs varient entre 7,54 et 7,99 durant la période hivernale .

Nos résultats ne sont pas en accord avec ceux trouvés par LASSOUAOUI et KITOUS (2017), (Valeur de 6,06 °c pour l'hiver), ainsi ceux d'AMICHI et AMIRI (2020) qui ont apprécié une valeur de 7,2°c pour l'hiver.

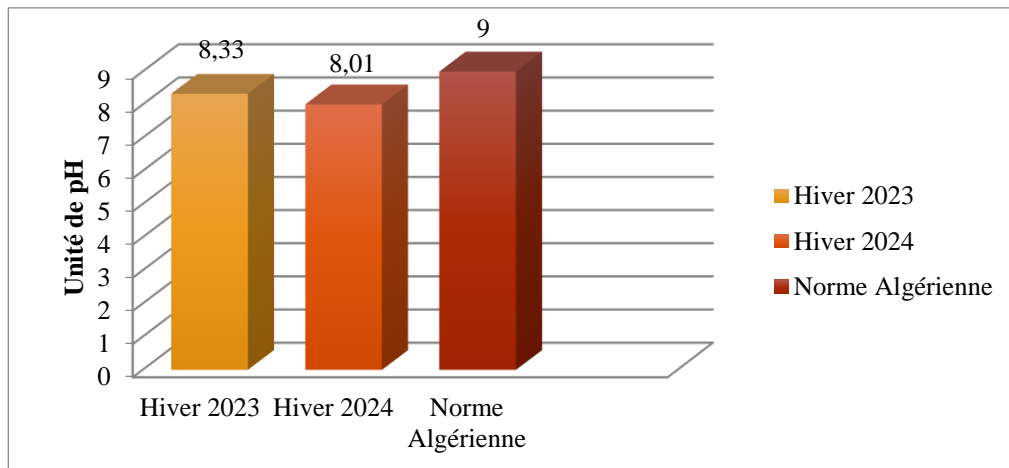


Figure34 : Variation du pH au niveau de la source d'eau Aidloul durant l'hiver des deux Années 2023 et 2024.

2.3 Conductivité électrique

La figure 35 montre que la conductivité de l'eau de la source analysée fluctue entre 218 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ durant l'hiver des deux années 2023 et 2024, cela confirme que cette eau est moyennement minéralisée. Nous avons enregistré une légère augmentation par rapport à l'année 2023, ce qui pourra être associé à la nature plus fraîche de l'eau au moment de la prise de la lecture au point de source. Selon PUJEH JUNIOR (2021), les valeurs de la conductivité sont influencées par la température (plus l'eau est froide plus y a diminution de la Conductivité, et plus l'eau est chaude, plus l'augmentation de ce paramètre). Néanmoins, les Valeurs notées restent conformes à la norme algérienne exigeant une valeur limite de 2800 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Nos résultats sont proches à ceux trouvés par BOURREMA et BOUZETINE (2023) qui ont enregistré une valeur de 243 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour l'hiver. Par contre, nos valeurs ne sont pas conformes à ceux obtenus par TOUABI et ATEK (2022), qui ont enregistré une valeur de 973 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour l'hiver), ainsi que ceux obtenus par AMICHI et AMIRI (2020), pour la saison hivernale une valeur de 354 $\mu\text{S}/\text{cm}$) aussi ceux de STITI et AKLI (2022), qui varient entre 368 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 1136 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour les deux sources Thebouth et Boukhira.

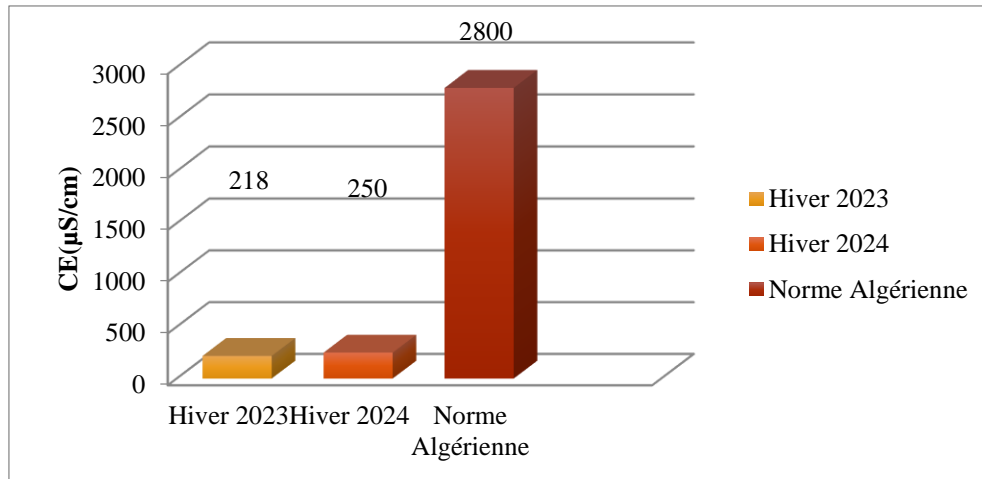


Figure35 : Variation de CE au niveau de la source d'eau Aidloul durant l'hiver des deux années 2023 et 2024.

2.4 Turbidité

Selon la norme algérienne qui fixe la turbidité à 5 NTU, l'eau de notre source Aidloul a une faible turbidité durant les deux années à une valeur de 0,37 NTU pour l'année 2023 et 0,51 NTU pour l'année 2024 (Figure 36). Une légère différence entre les deux années ce qui nous laisse déduire que cette différence due probablement à la décantation des matières en suspension des particules charriées par les pluies juste avant la période d'échantillonnage. Toutes ces valeurs sont largement en dessous de la norme maximale de 5 NTU fixée par l'OMS. Ceci nous permet de dire que cette eau est claire.

Les résultats de notre étude sont en accord avec ceux trouvés par AMICHI et AMIRI (2020) à une valeur de 0.44 NTU, ainsi ceux d'ATEK et TAOUBI (2022) à une valeur de 0.35 NTU dans la période hivernale. Par contre, nos résultats ne sont pas en accord avec ceux trouvés par LASSOUAOUI et KITOUS (2017) (0.16 NTU), ceux de BESSALEM et HASSANI (2017) qui ont enregistré des résultats qui varient entre 0,71 et 1,61 NTU pour les deux sources Kebout et Ainser en hiver.

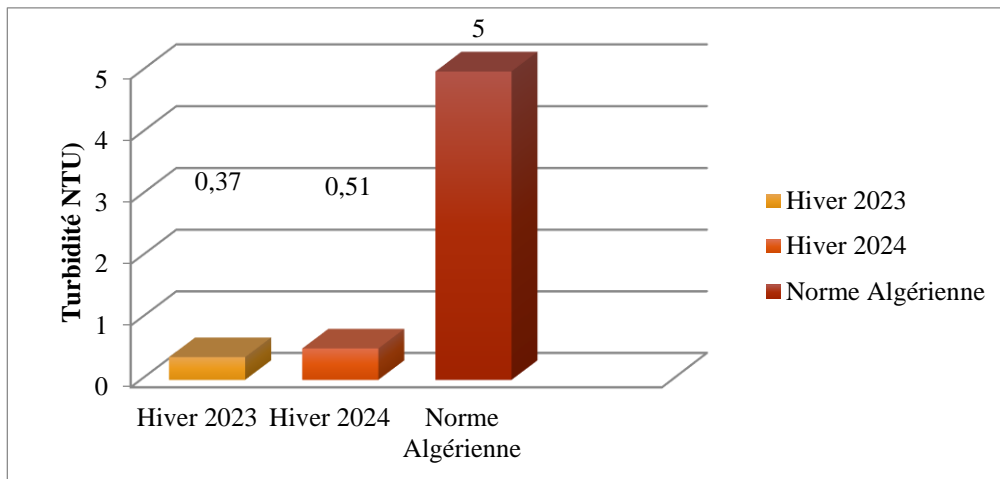


Figure 36 : Variation de Turbidité au niveau de la source d'eau Aidloul durant l'hiver des deux années 2023 et 2024.

3 Résultats des analyses chimiques

3.1 Résultats des paramètres de minéralisation globale

3.1.1 Dureté totale

A partir de la figure 37, les valeurs de la dureté totale enregistrées au niveau de notre Source varient entre (114 mg/l et 126 mg/l) durant les deux années 2023 et 2024, donc cette Eau est classée comme douce. Cependant, les valeurs que nous avons enregistrées restent conformes aux normes de potabilité exigées par la réglementation Algérienne de 500 mg/l.

Nos résultats concordent avec les travaux de BOURREMA et BOUZETINE (2023), 130 mg/l en hiver au niveau de la source Boudjafar. Nos résultats sont également proches aux résultats appréciés par BESSALEM et HASSANI (2017) au niveau de la source d'eau Thala Ainsar (128 mg/l). Cependant, nos résultats ne sont pas similaires à ceux trouvés par ATEK et TAOUBI (2022) (412 mg/l en hiver) et ceux de AMICHI et AMIRI (2020) (174 mg/l et 210 mg/l), et LASSOUAOUI et KITOUS (2017) (90 mg/l et 344 mg/l en hiver) pour les deux sources Thigounathine et Ain helouf mais restent conformes aux normes de potabilité algériennes.

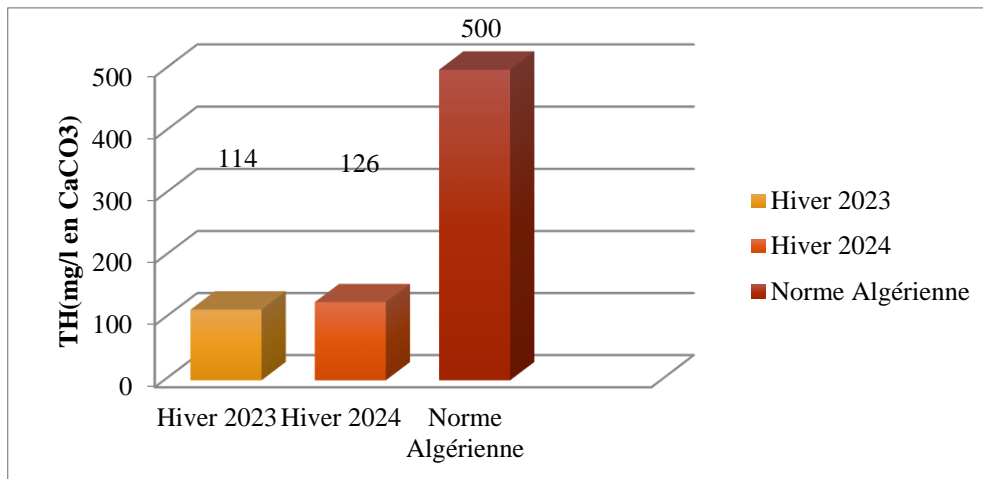


Figure37 : Variation de TH au niveau de la source d'eau Aidloul durant l'hiver des deux années 2023 et 2024.

3.1.2 Dureté calcique

Les résultats obtenus (figure 38) pour la concentration du calcium après le titrage de L'échantillon de l'eau analysée varient entre 38mg/l pour l'année2023 et 44 mg/l pour l'année2024. Nous remarquons que ces valeurs ne présentent pas une grande variation durant les deux années, ceci peut-être dû au conditionnement de la nature des roches et des terrains traversés. La concentration en calcium au niveau de notre source d'eau est inférieure à la concentration maximale fixée à 200 mg/l par la réglementation algérienne. De ce fait, Cette Eau peut être considérée comme douce en terme de la dureté calcique et ne présente aucun Risque pour la santé humaine.

Nos résultats concordent avec ceux de BOURREMA et BOUZETINE (2023) qui ont trouvé une valeur de 42 mg/l en hiver pour la source Boudjafar, ainsi ceux de RAMDANE et TIGUERCHA (2015) (valeurs comprises entre 28,06mg/l et 40,08mg/l de la source « Alma, Tamazirt Ourabah » de la commune de Mizrana, wilaya de Tizi-Ouzou et ceux de BESSALEM et HASSANI (2017) (43,29mg/l) en hiver pour la source Ainser.

Cependant, les valeurs enregistrées par TOUABI et ATEK (2022) (120mg/l pour la période hivernale) et ceux de HOUMEL (2017) les résultats varient entre 79,36mg/l et 124,25mg/l pour les deux sources Thala Toulmouts et Thala Oumazar, ne sont pas similaires aux nôtres, mais restent conforme à la norme fixée par la réglementation algérienne (<200 mg/l).

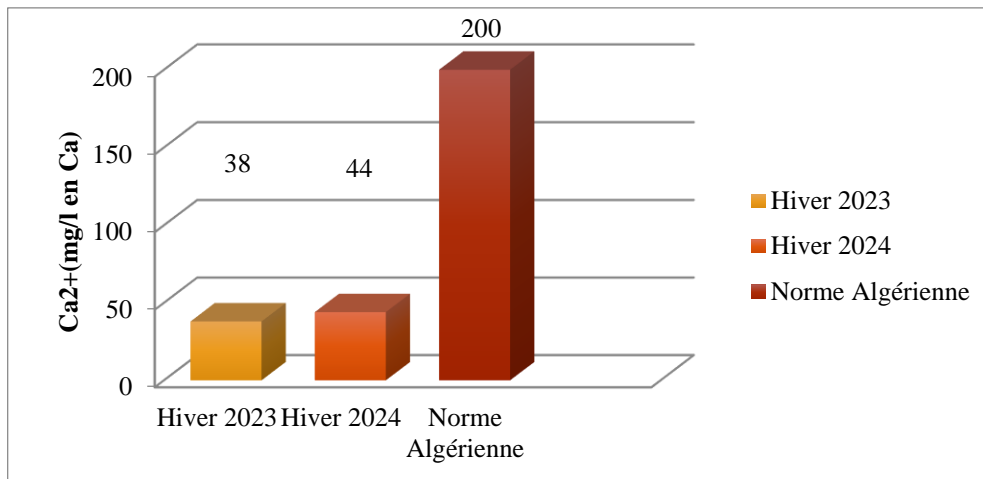


Figure38 : Variation de Ca au niveau de la source d'eau Aidloul durant l'hiver des deux années 2023 et 2024.

3.1.3 Dureté magnésienne

D'après la figure 39, les résultats montrent que les teneurs de magnésium enregistré durant les deux années 2023 et 2024 au niveau de notre source Aidloul sont équivalents (04mg/l) et cette concentration peut être dû à la nature géologique des terrains traversés. Ces valeurs sont inférieures aux concentrations recommandées par la réglementation algérienne (50 mg/l).

Nos résultats concordent avec ceux de BOURREMA et BOUZETINE (2023) (6mg/l pendant l'hiver) et ceux de STITI et AKLI (2022) ,6 mg/l pendant la période hivernale au niveau de la source Thebouth. Les résultats de TOUABI et ATEK (2022) ne concordent pas avec nos résultats à une valeur de 27 mg/l en hiver et ceux de RAMDANE et TIGUERCHA (2015) Les résultats varient entre 12,16 mg/l et 16,04 mg/l pour la source « Alma, Tamazirt Ourabah » de la commune de Mizrana, wilaya de Tizi-Ouzou mais répondent aux normes algériennes de portabilité des eaux.

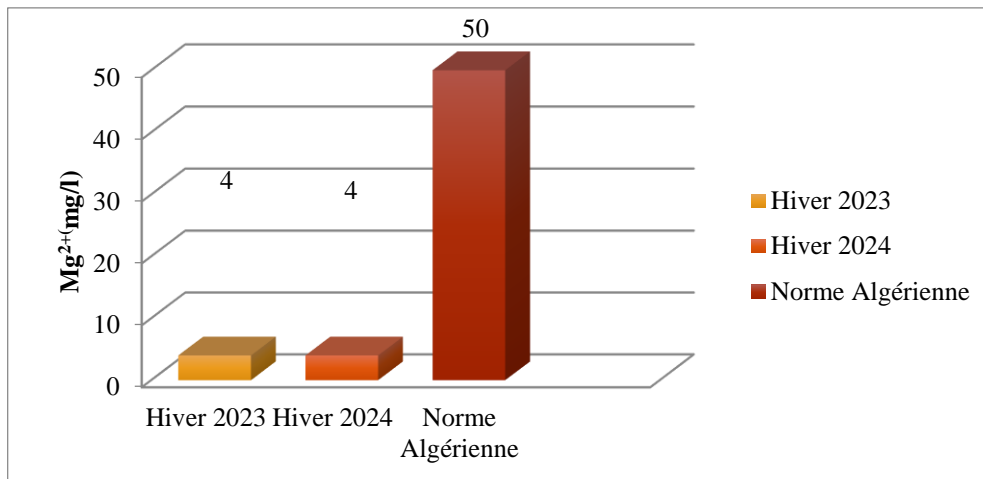


Figure39 : Variation de magnésium au niveau de la source d'eau Aidloul durant l'hiver des deux années 2023 et 2024.

3.1.4 Potassium

La figure 40 représente des variations de potassium de la source d'eau Aidloul durant l'hiver des deux années 2023 et 2024. Cette figure montre que la concentration enregistrées pour le potassium dans la source étudiée de 1mg/l pour les deux années (2023 et 2024). De point de vue normalité, la valeur obtenue est conforme aux normes algérienne qui exige une valeur maximale admissible de 12mg/l. Cette quantité faible en potassium et relativement stable, durant les deux années, peut s'expliquer par l'absence d'une pollution diffuse des engrais phosphatés des sites agricoles.

Nos résultats sont concordent avec ceux de STITI et AKLI (2022) dont leurs résultats varie entre 1mg/l et 3mg/l. Contrairement les résultats enregistrés par LASSAOUI et KITOUS (2017) varie entre 2mg /l et 13mg/l) dépasse nos résultats et la norme algérienne.

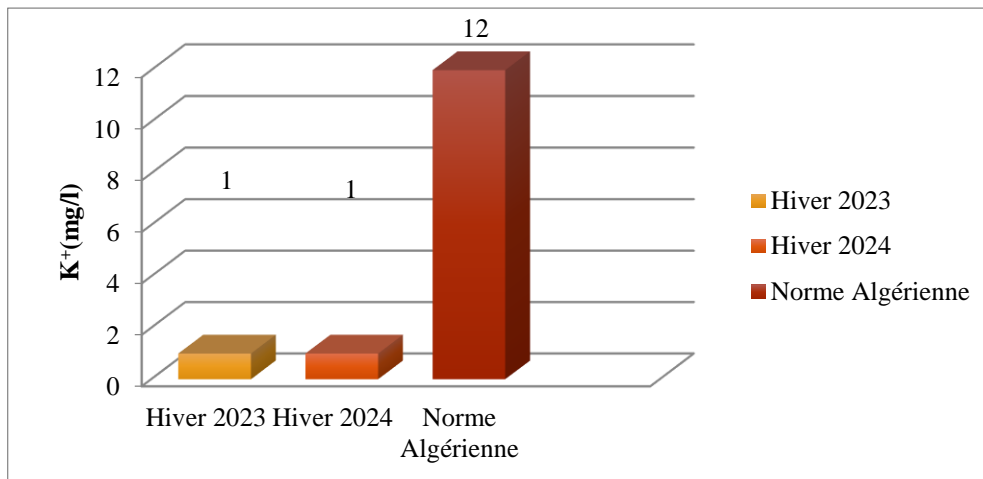


Figure40 : Variation de potassium au niveau de la source d'eau Aidloul durant l'hiver des deux années 2023 et 2024.

3.1.5 Sodium

Selon la figure 41, la valeur enregistrée pour le sodium est de 3 mg/l pour l'année 2023 et 4 mg/l pour l'année 2024. Ces valeurs très faible en sodium durant les deux années Sont probablement due à une faible altération des matériaux contenant des sels solubles (un faible lessivage des roches qui, par dissolution, est responsable de la libération des ions qui Constituent l'essentiel des sels trouvés dans le sol principalement les chlorures de sodium). Ces deux valeurs restent conformes à la norme algérienne fixée à 200 mg/l.

Nos résultats sont similaire avec ceux de BOURREMA et BOUZETINE (2023)(3mg/l pour l'hiver)et concord a ceux de STITI et AKLI (2022)(6mg/l durant la période hivernale au niveau de la source Thebouth) .Cependant ne concordent pas avec ceux de TAOUBI et ATEK (2022)(40mg/l pour l'hiver)et ceux de LASSAOUI et KITOUS (2017) qui varient entre 23mg/l et 54mg/l en hiver pour les deux sources Thigounathine et Ain helouf.

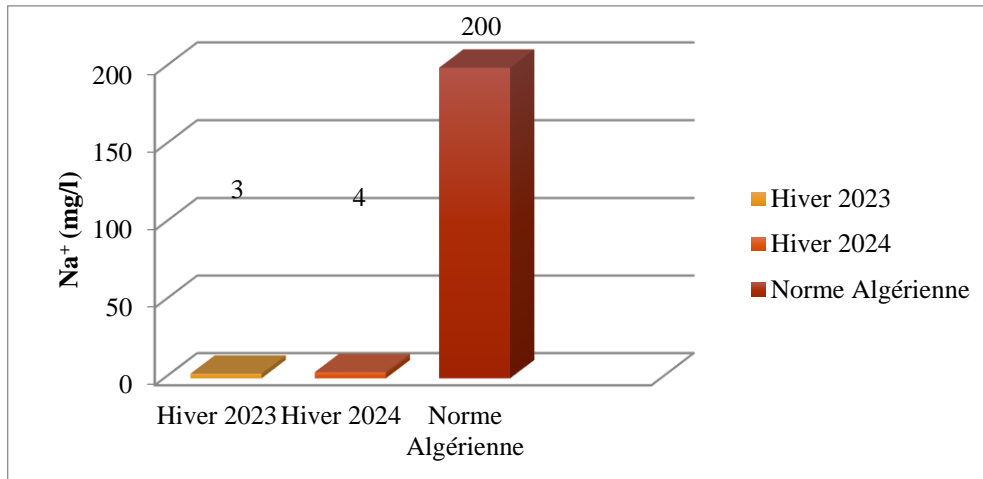


Figure41 : Variation de sodium au niveau de la source d'eau Aidloul durant l'hiver des deux années 2023 et 2024.

3.1.6 Chlorures

L'eau de notre source présente, d'après la figure 42, une faible teneur en chlorures qui est de 14 mg/l pour l'année 2023 et 11 mg/l pour l'année 2024. Ces faibles teneurs en chlorures peuvent être liées à la Nature des roches traversés, cette particularité pourrait rendre les eaux de notre source vulnérables au développement des microorganismes. Selon les normes algériennes relatives à La potabilité des eaux, la concentration maximale en chlorure recommandée est de 500mg/l, de Ce fait l'eau de source Aidloul est dans la valeur permise.

Nos résultats sont concordent à ceux de AMICHI et AMIRI (2020) (11 mg/l), à ceux de STITI et AKLI(2022) 12 mg/l à la source de Thebouth durant la période hivernale. Contrairement aux résultats obtenus par TAOUBI et ATEK (2022) ,79 mg/l en hiver au niveau de la source Aghbalou c'est valeur dépassent nos résultats.

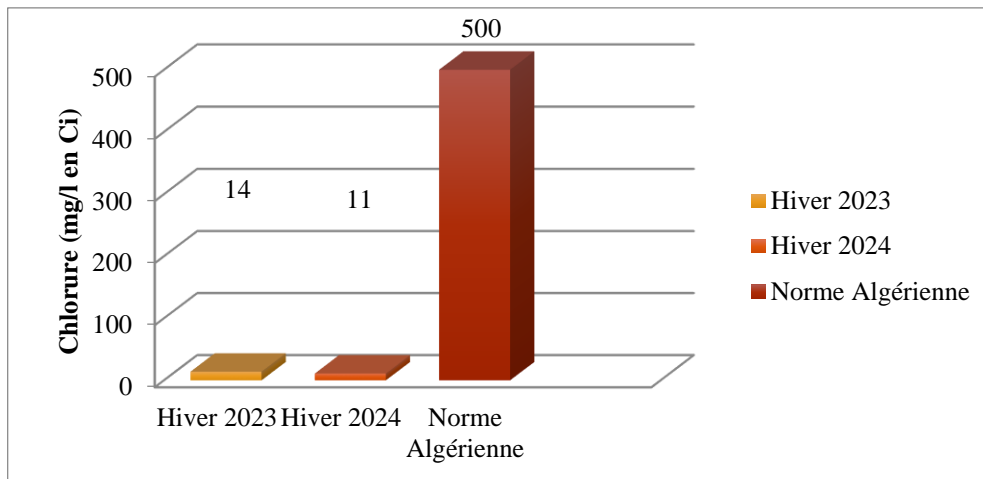


Figure42 : Variation des Chlorures au niveau de la source d'eau Aidloul durant l'hiver des deux années 2023 et 2024.

3.1.7 Titre alcalimétrique

Selon la figure 43, la concentration de bicarbonates enregistrée pendant la période hivernale de l'année 2024 est de 120 mg/l. Cette valeur montre une légère augmentation par rapport à celle de l'année 2023, qui était de 105 mg/l. Conformément à la réglementation algérienne, aucune valeur n'est exigée pour ce paramètre car quelle que soit sa concentration dans l'eau, cela n'affecte pas sa potabilité. Il convient de noter que des concentrations élevées de bicarbonates confèrent un goût salé à l'eau. L'abondance de bicarbonates dans les eaux de notre source peut être attribuée à l'altération des minéraux carbonatés présents dans les roches et les sols. Selon SOULLEY MOUSSA (2018), l'altération de certains minéraux feldspathiques sous l'action de l'eau météorique plus ou moins chargé en CO_2 peut être la cause de la prédominance des ions hydrogénocarbonates dans les eaux du sous-sol, ce qui est en faveur de notre hypothèse avancé ci haut.

Nos résultats sont proches aux valeurs enregistrées par BOURREMA et BOUZETINE (2023) (139mg/l) et ceux de BESSALEM et HASSANI (2017) qui comprise entre 129,26 mg/l et 175,68 mg/l dans la période hivernale. Contrairement les résultats de HOUMEL 2017 (304,51 mg/l et 403,09 mg/l en hiver pour les deux sources et ceux de TAOUABI et ATEK (2022) (350mg/l en hiver) ne sont pas en accord avec nos résultats.

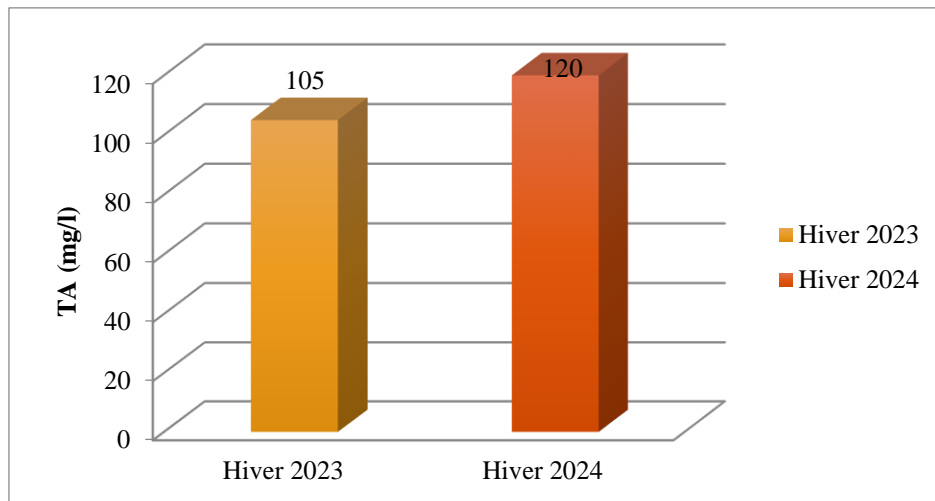


Figure 43 : Variation de TA au niveau de la source d'eau Aidloul durant l'hiver des deux années 2023 et 2024.

3.1.8 Titre alcalimétrique complet

Les valeurs relatives du titre alcalimétrique complet permettent d'évaluer les quantités de carbonates et d'hydrogénocarbonates alcalins présents dans l'eau. L'augmentation de ces derniers, et donc l'élévation du TAC, est causée par l'augmentation de la concentration des ions calcium et magnésium lorsqu'il y a une diminution du débit d'une source.

D'après la figure 44, la concentration en carbonate de l'eau analysée durant l'hiver 2024 est de 98 mg/l. Cette mesure est plus élevée que celle enregistrée durant l'hiver 2023 (86 mg/l), ce qui pourrait être attribué à la diminution des ions CO_3 , OH et CO_2 , ainsi qu'à l'altération des minéraux carbonatés. Ces valeurs restent inférieures à la norme algérienne établie à 350 mg/l pour l'eau potable.

Nos résultats concordent avec ceux trouvés par BOURREMA et BOUZETINE (2023) qui ont enregistré une valeur de 114 mg/l en hiver. Par contre, les résultats d'ATEK et TOUABI(2022) (valeur égale à 290mg/l en hiver) ne concordent pas avec nos résultats.

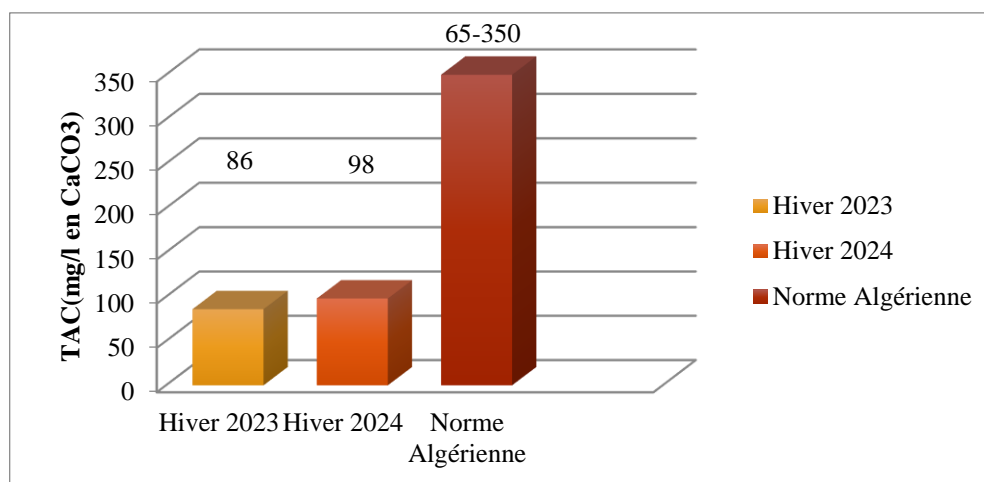


Figure44 : Variation de TAC au niveau de la source d'eau Aidloul durant l'hiver des deux années 2023 et 2024.

3.2 Résultats des paramètres indésirables

3.2.1 Fer

Selon la figure 45 les concentrations de fer enregistrées sont d'environ 0,02 mg/l et 0,05 mg/l pour les années 2023 et 2024 respectivement. Ces faibles concentrations d'ions ferreux peuvent être attribuées à la réduction des matières en suspension ainsi qu'à l'absence de rejets industriels dans la région étudiée. Les deux valeurs demeurent conformes à la norme de potabilité établie à 0,30 mg/l par la réglementation algérienne. Selon DIAB(2016), le fer se produit naturellement avec le manganèse dans les composants de la croûte terrestre, des roches cristallines et des roches sédimentaires. Ce métal est hautement concentré et neurotoxique, sa teneur élevée peut donc signaler un danger.

Nos résultats sont proches à ceux effectués par LASSOUAOUI et KITOUS(2017) qui ont étudié les paramètres physico- chimiques et bactériologiques de deux sources d'eau de deux stations Akerrou et Tizi Ouzou dans Wilaya de Tizi Ouzou (les résultats varient entre 0.04 mg/l et 0.05 mg/l en hiver).

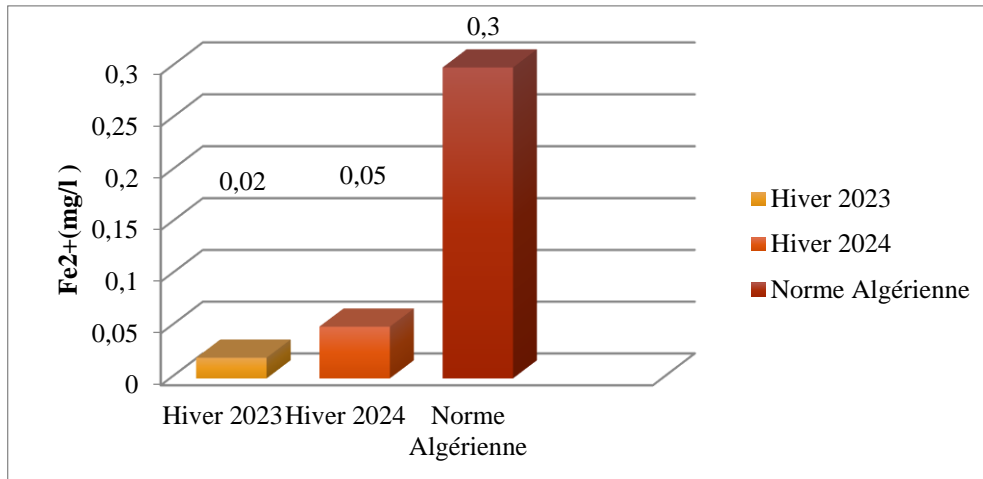


Figure 45 : Variation de fer au niveau de la source d'eau Aidoul durant l'hiver des deux années 2023 et 2024.

3.3 Résultats des paramètres de pollution

3.3.1 Ammonium

Selon les données présentées dans la figure 46, l'analyse de l'eau provenant de notre source pendant la période hivernale des années 2023 et 2024 n'a révélé aucune présence d'ammonium. Cette absence peut être attribuée à la dégradation complète de la matière organique et à l'absence de pollution par des rejets agricoles, domestiques ou industriels. Selon PUJEH JUNIOR (2021), l'absence de ce paramètre dans notre échantillon d'eau suggère l'absence de réactions entre les minéraux contenant du fer et les nitrates, qui sont l'une des principales sources d'ammonium. Nos résultats indiquent que cette eau est pure, saine et non polluée. Conformément à la réglementation algérienne qui fixe la limite de l'ammonium à 0,5 mg/l, cette eau est considérée comme potable et ne présente aucun risque pour la santé humaine.

Nos résultats sont similaires aux résultats de BESSALEM et HASSANI (2017), dans leur étude des paramètres physico-chimiques et bactériologiques sur deux périodes d'échantillonnage (mars et juin) de deux sources (Ainser et Kebout) au niveau de deux communes Ouacif et Ouadhia, Tizi-Ouzou (les résultats enregistrés 0~mg/l).

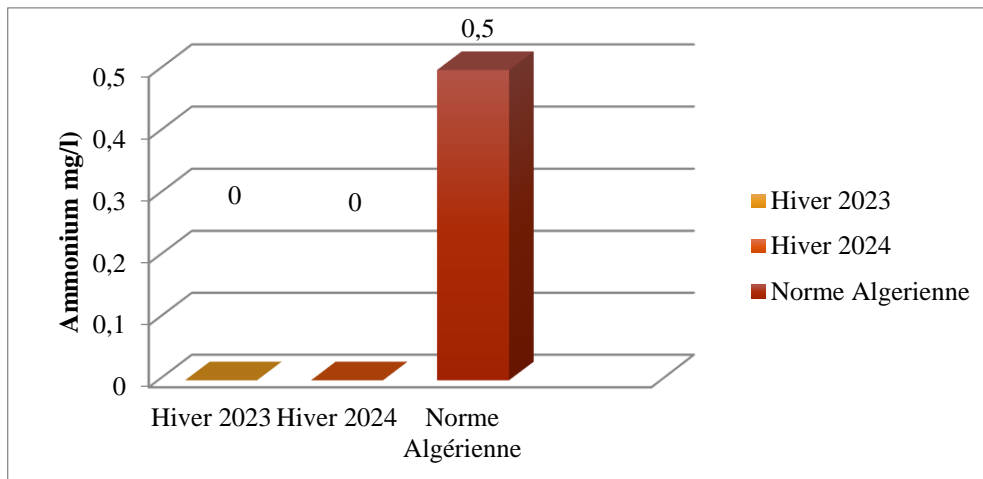


Figure 46 : Variation d'ammonium au niveau de la source d'eau Aidloul durant l'hiver des deux années 2023 et 2024.

3.3.2 Nitrates

Les nitrates sont des ions présents de manière intrinsèque dans l'écosystème. Toutes les formes d'azote sont susceptibles de se transformer en nitrates par le biais d'un processus d'oxydation biologique. Dans les eaux naturelles non contaminées, la concentration en nitrates varie considérablement en fonction de la saison et de la provenance des eaux, pouvant osciller entre 1 et 15 mg/l (RODIER et *al.*, 2009). Les résultats de nos analyses varient entre (9,38 mg/l et 7,96 mg/l), ce qui indique que la source Aidloul est conforme aux normes établies pour les années 2023 et 2024.

Nos résultats sont en accord avec ceux d'AMICHI et AMIRI (2020) qui oscillent entre 5.44 mg/l et 10.89 mg/l.

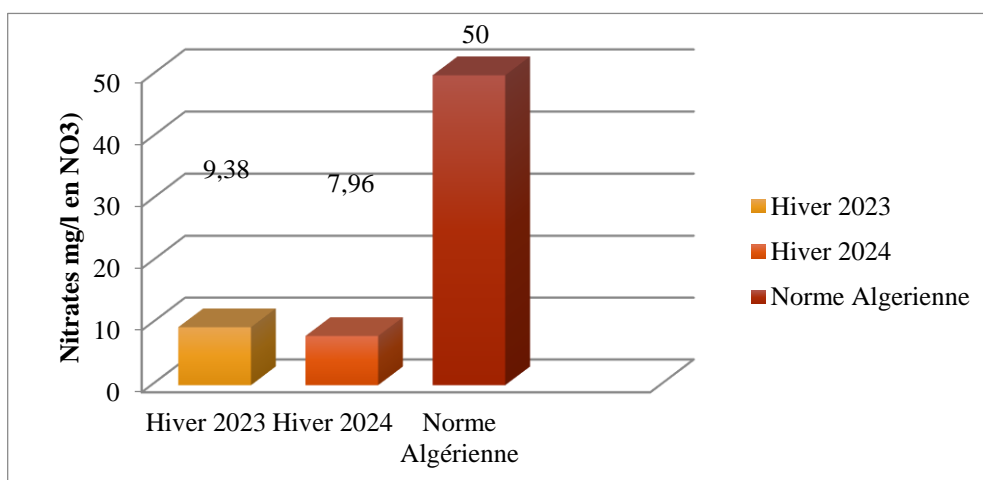


Figure 47 : Variation des nitrates au niveau de la source d'eau Aidloul durant l'hiver des deux années 2023 et 2024.

3.3.3 Nitrites

L'eau de notre source, selon la figure 48, présente une teneur nulle en nitrites pendant la période hivernale des deux années 2023 et 2024. Les nitrites sont des indicateurs de pollution. Elles constituent le stade intermédiaire entre les ions ammonium (NH_4) et les nitrates (NO_3) elles proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammonium soit, d'une réduction des nitrates.

Nos résultats sont similaires avec ceux trouvés par AMICHI et AMIRI (2020), LASSOUAOUI et KITOUS (2017), BESSALEM et HASSANI (2017) qui ont tous enregistré des valeurs nulles en nitrites.

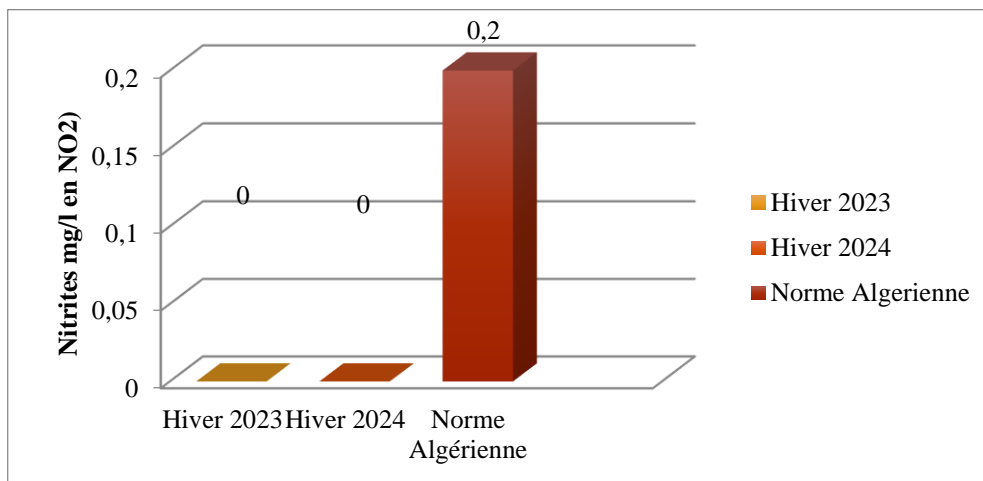


Figure 48 : Variation des nitrites au niveau de la source d'eau Aidloul durant l'hiver des deux années 2023 et 2024.

3.3.4 Phosphore

Les résultats des analyses réalisées sur les échantillons d'eau provenant de la source Aidloul au cours des années 2023 et 2024 (figure 49) ne révèlent aucune présence de phosphore, ce phénomène pouvant être attribué à la quantité et au type de roches traversées qui ne sont probablement pas phosphatées, ainsi qu'à l'absence d'érosion de ces roches et du sol, ainsi qu'à l'absence de pollution organique. Par conséquent, la qualité de l'eau dans la région d'étude est excellente. Les valeurs observées sont conformes à la norme algérienne, fixée à 0,5 mg/l.

Nos résultats sont similaires à ceux trouvés par ATEK et TOUABI (2022), qui ont trouvées des valeurs nulles en phosphore. Cependant, les résultats de HOUMEL (2017) (valeur 0.13 mg/l en hiver) ne sont pas en accord avec nos résultats.

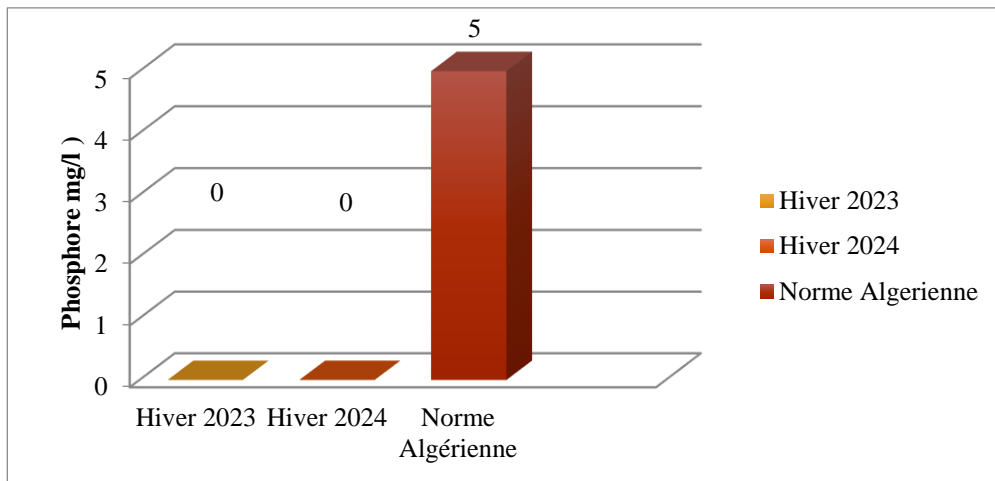


Figure 49 : Variation de phosphore au niveau de la source d’eau Aidloul durant l’hiver des deux années 2023 et 2024.

3.3.5 Matière organique

Selon la figure 50, les niveaux de matière organique (MO) dans l’eau de la source Aidloul varient entre 0,4 mg/l et 1,09 mg/l au cours des années 2023 et 2024, ce qui indique que cette source est considérée comme pure. Cette augmentation peut être attribuée aux rejets provenant des activités humaines ainsi qu’à l’augmentation de l’activité des microorganismes et de la croissance des plantes. Nos résultats sont en conformité avec la norme algérienne qui exige une valeur ne dépassant pas 10 mg/l.

Nos résultats concordent avec ceux d’AMICHI et AMIRI (2020) (résultats varient entre 0.25 mg/l et 1.28 mg/l), ainsi que les travaux d’AKLI et STITI (2022) qui fluctuent entre 0,24mg/l et 0.88 mg/l. Néanmoins, les résultats d’ATEK et TAOUABI(2022) qui varient entre 0,08mg /l et 0,32mg/l ne sont pas en accord avec nos résultats.

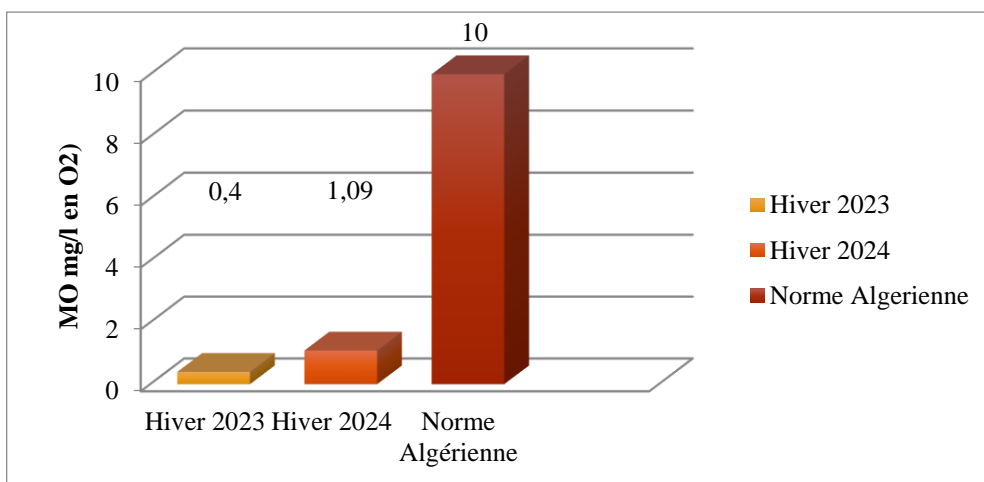


Figure 50 : Variation de matière organique au niveau de la source d’eau Aidloul durant l’hiver des deux années 2023 et 2024.

4 Résultats des analyses bactériologiques

Le tableau 6 représente les résultats des analyses bactériologiques de l'eau de notre source Aidloul et la norme algérienne.

Tableau 6 : Résultats des analyses bactériologiques de la source Aidloul pour les deux années 2023 et 2024 pour la période hivernale.

| Saison \ Germe | <i>Escherichia coli</i> (C /100 ml) | Coliformes totaux (C/100ml) | Streptocoques fécaux (C/100ml) |
|------------------|--|--------------------------------|--------------------------------------|
| Hiver 2024 | 0 | 0 | 0 |
| Hiver 2023 | 0 | 0 | 0 |
| Norme algérienne | <20/100ml | <50/100ml | <20/100ml |

C : Colonies

4.1 *Escherichia Coli*

Escherichia Coli est un indicateur d'une pollution fécale, sa présence dans l'eau provient essentiellement, de la matière fécale.

D'après nos résultats (Tableau 6), nous remarquons que le taux des *E. Coli* est nulle pour les deux années d'échantillonnage. Nos résultats concordent avec les travaux de TAOUBI et ATEK (2021) qui révèlent des valeurs nulles (0 C/100 ml) pour la source Aghbalou .Par contre ceux de CHEGRANI et HAMMOUDI (2022) qui ont enregistré une valeur de 14 C/ml et ceux de BESSALEM et HASSANI (2017) qui ont enregistré 12 C/ml et cela au niveau de la source d'eau Thala Kebout ,ainsi que ceux d' AMICHI et AMIRI(2020) qui ont détecté un nombre variant entre 21C/ml et 1100C/ml ne sont pas similaires avec ceux que nous avons trouvé .

4.2 Coliformes totaux

La présence des coliformes totaux dans l'eau de source est généralement considérée comme un indicateur de contamination d'origine fécale. Cependant, certaines souches identifiées peuvent altérer la qualité bactérienne de l'eau. Cette altération peut être attribuée, entre autres facteurs, à l'infiltration d'eau de surface dans la source. Ce paramètre revêt une importance cruciale pour évaluer la potabilité de l'eau.

D'après le tableau 6, nous constatons absence de bactéries coliformes (0 C/100 ml) pour nos deux années d'échantillonnage 2023 et 2024. Les travaux réalisés sur la même problématique par BOURREMA et BOUZETINE (2023) 0 C/ml en hiver. Contrairement ceux de BESSALEM et HASSANI (2017) résultats varient entre 2 et 1100 C/100 ml ne sont pas similaires aux nôtres.

4.3 Streptocoques fécaux

Nous avons enregistré (Tableau 6) une valeur nulle (0 C/100ml) de streptocoques fécaux pour les deux d'échantillonnage (2023) et (2024), nous induisons l'absence de contamination fécale. Les travaux réalisés sur la même problématique par HOUMEL (2017) pour la source Thala Toulmouts commune de Tizi-Rached (0 /100 ml) sont similaires à ceux que nous avons trouvés.

Conclusion

L'objectif de cette étude réalisée dans le cadre de notre travail consiste à évaluer la qualité organoleptique, physico-chimique et bactériologique de l'eau provenant de la source Aidloul, située dans la commune d'Ouacif, pendant la période hivernale de l'année 2024. Les résultats obtenus sont ensuite comparés à ceux de l'année 2023. Il ressort de ces résultats que tous les paramètres analysés sont conformes à la réglementation algérienne sur la potabilité de l'eau. L'analyse des échantillons de cette source a permis de faire les constatations suivantes :

Sur le plan organoleptique, l'échantillon prélevé se distingue par sa transparence et ne présente aucune altération de couleur, d'odeur ou de saveur indésirable.

D'un point de vue physico-chimique, l'ensemble des résultats obtenus a révélé que l'eau provenant de cette source présente une caractéristique basique, ce qui se manifeste par une Augmentation du pH (8,01). Le niveau de minéralisation de cette eau est considéré comme moyen, en se basant sur les valeurs de turbidité (0,51 NTU) et de conductivité électrique (250 $\mu\text{S}/\text{cm}$), qui ont légèrement augmenté par rapport à l'année 2023.

D'un point de vue chimique, il est observé que l'eau analysée est de qualité douce, ce qui est confirmé par la mesure de la dureté totale enregistrée (126 mg de CaCO_3). Une stabilité de la dureté du magnésium est constatée au cours des années 2023 et 2024 (4 mg/l), contrairement à la dureté du calcium qui présente une légère augmentation par rapport à l'année 2023 (44 mg/l), mais qui reste inférieure à la norme algérienne. Les valeurs enregistrées pour le sodium et le potassium (4 et 1 mg/l) ne dépassent pas les recommandations de la réglementation algérienne pour la période d'étude de l'année 2024. La faible teneur en chlore de notre source d'eau (11 mg/l) la rend vulnérable à la croissance et au développement de bactéries et de microorganismes pathogènes.

Sur le plan pollution organique, les eaux de la source marque une absence de la pollution ammoniacale, nitrique et organique.

D'après la classification bactériologique des eaux de l'Institut Pasteur d'Algérie et en se basant sur nos propres résultats, il a été constaté que l'eau provenant de la source de Aidloul ne présentait aucune détection de coliformes totaux, d'*Escherichia coli* ou de streptocoques.

Selon les résultats des analyses physicochimiques et bactériologiques de l'eau de la source Aidloul obtenus sur la période hivernale durant les deux années 2023 et 2024, nous déduisons que l'eau répond aux normes fixées par la législation algérienne ce qui nous permet de dire que cette eau est potable et ne présente aucun danger pour la santé publique.

Nous proposons quelques recommandations pour protéger et préserver une source d'eau située dans un environnement montagneux et a proximité d'habitations :

- Délimiter des zones de protection autour de la source pour interdire ou limiter les activités humaines susceptibles de polluer l'eau.
- Mettre en œuvre des pratiques de gestion des déchets pour éviter le rejet de substances nocives dans l'environnement.
- Promouvoir des systèmes d'assainissement adéquats pour gérer les eaux usées domestiques et agricoles.
- Encourager la reforestation et préservation de la végétation naturelle pour limiter l'érosion et maintenir la biodiversité locale.
- Etablir des réglementations strictes concernant les constructions et les activités industrielles a proximité de la source d'eau.

Ces perspectives visent à équilibrer les besoins humains avec la préservation des ressources naturelles, assurant ainsi la durabilité des sources d'eau à long terme.

1. **AKHLAQUE S., AAQUEB S., RAZA U., RAFIQUE S., Nadeem N., (2017).** Wastewater treatment by aeration method. IJCRT. 5 (4). pp 869-874.
2. **AKLI N et STITI M.,(2022).**Analyses physico-chimiques et bactériologiques de deux sources d'eau au niveau de deux communes de la wilaya de Tizi Ouzou « Tizirt et Ouadias ».Mémoire de Master . Faculté des sciences biologiques et sciences agronomiques. Département de biologie. Université Mouloud Mammeri de Tizi ouzou.55p
3. **AKOUCHE T et TIFOUN N., (2021).** Analyses physico-chimiques et bactériologiques de l'eau de deux Sources au niveau de deux communes « Tizi Rached et Béni Douala » Wilaya de Tizi-Ouzou. Mémoire de Master. Faculté des sciences biologiques et sciences Agronomiques. Département de biologie. Université Mouloud Mammeri de Tizi ouzou.52p.
4. **ALAIN V et ALAIN B., (2005).** Hydrologie des écosystèmes marins : paramètres et analyses QUAE, 336p.
5. **ALOUANE H., (2012).** Evaluation des teneurs en nitrates dans les sols et dans les eaux captées et émergentes en zones à vocation agricole; Impact des nitrates sur la qualité des eaux destinées à la consommation humaine. Mémoire de Magister. Université Mentouri Constantine, p49.
6. **AMENU D., (2013).** Drinking Water Quality, World Journal of Arts, Commerce and Sciences. 1(2). Available online at. <http://wjacs.com/.Pp> 01-08.
7. **AMICHI N et AMIRI K., (2020).** Contribution à l'étude des paramètres physicochimiques et bactériologiques de l'eau de la source Thabout « Ouadhias, wilaya de Tizi Ouzou ». Mémoire de master. Faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques département de Biologie. Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou. 90 p.
8. **ANONYME. (2014).** Répartition de l'eau sur Poitou-Charentes. France.
9. **ANONYME., (2011)** : Conseil Interministériel Fédéral de Formation sur la Qualité de l'Eau. Introduction aux microsystemes d'approvisionnement en eau potable. Manuel. 128p.
10. **AOUISSI A. et HOUHAMDI M. (2014).**Contributions à l'étude de la qualité de l'eau de quelques sources et puits dans les communes de Belkheir et Boumahra Ahmed

- (wilaya de Guelma, Nord-est Algérien). 1^{er} séminaire national sur la santé et bio-surveillance des écosystèmes aquatiques, 12p.
11. **AOUISSI L et MERABTI W., (2019).** Eau: Étude Physico-chimique et Bactériologique Et Développement d'un Système de Traitement (membrane à Base de Charbon Actif), Mémoire de projet fin d'études, génie des procédés: Université 8 Mai 1945 Guelma.
 12. **ATTALAH K et GHENNAI A., (2017).** Contribution à l'étude bactériologique de l'Oued El Kebir Skikda. Mémoire de Master. Université Larbi Ben M'hidi, Oum El Bouaghi. 46 p.
 13. **AYACHI I et YAMOUN N., (2019).** Contribution à l'étude et à l'évaluation de la qualité bactériologique des eaux de puits et de sources de la Wilaya de Constantine. Mémoire de master. Université des Frères Mentouri Constantine. 44p.
 14. **AYED W., (2016).** Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines cas des puits de la région d'El-Harrouche (Skikda). Thèse de doctorat Université Badji Mokhtar, Annaba. 156p.
 15. **BELGHITI M L., CHAHLAOUI A., BENGOUMI D., EL MOUSTAINE R., (2013).** Étude de la qualité physico -chimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappe plio-quaternaire dans la région de Meknès (Maroc). Larhyss Journal.n°14. Pp21-36.
 16. **BENGAIBONA B., (2010).** Analyse comparée des qualités microbiologique et physico-chimique des eaux de pluie stockées dans des citernes en Ferro ciment: Cas des impluviums de DORI. Mémoire de fin d'étude en master. spécialisé Génie Sanitaire et Environnement. Burkina Faso.
 17. **BENHALIMA L., (2019).** Polycopié pour le Master Microbiologie Appliquée Maladies à transmission hydrique P7.
 18. **BERRADIA N et SERISSERR H., (2019).** Effet de la lumière sur l'évolution de qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau minérale embouteillée. Mémoire de master. Université Abdelhamid Ibn Badis, Mostaganem. 61p.
 19. **BESSALEM Z et HASSANI S., (2017).** Contribution à l'étude des paramètres Physico-chimiques et bactériologiques sur deux périodes d'échantillonnage de deux Sources d'eau au niveau de deux communes « Ouacif et Ouadhias » wilaya de Tizi Ouzou. Mémoire de master. Faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques département de biologie. Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou. 62 p.
 20. **BONTEMPS M., (2021).** L'eau dans tous ses états : les minéraux et les oligo-éléments. 3p.

21. **BOUCHARD M., (2008).** Évolution temporelle et modélisation des coliformes dans une source d'eau potable. Mémoire (M. SC). Université de Laval. Québec. 98p.
22. **BOURREMA R et BOUZETINE I.,(2023).**Analyses physico-chimiques et bactériologiques de l'eau de la Source Boudjafar sur deux périodes d'échantillonnage au niveau de la commune d'Iloula Oumalou dans la région de Tizi-Ouzou. Mémoire de Master. Faculté des sciences biologiques et sciences Agronomiques. Département de biologie. Université Mouloud Mammeri de Tizi ousou.59p.
23. **BOUZIANI M., (2000).** L'eau et pénurie aux maladies. Edition Ibn Khaldoun.Tlemcen.247p.
24. **BOUZID S., CHELIHI Z., (2017).** Caractérisation physico-chimique et bactériologique avant et après traitement de l'eau du barrage de Hammam Debagh Guelma ; Mémoire de master, université de 08 Mai 1945 Guelma, Algérie. 87p.
25. **CEAEQ., (2000)** : Recherche et dénombrement des coliformes totales méthodes par filtration sur membrane, Centre d'expertise en analyse environnementale, Gouvernement du Québec, p. 25.
26. **CHADEN M H., (2014).** Evaluation de la qualité de l'eau du bassin supérieur de la rivière du Litani, Liban approche hydrogéochimique. Thèse de doctorat en géosciences. Université de Lorraine. p99.
27. **CHEGRANI T et HAMMOUDI S.,(2022).** Analyse physico-chimique et bactériologique de L'eau de la source Laïnsar Ouqarmoud au Niveau de la commune d'Iloula Oumalou dans La région de Tizi-Ouzou. Mémoire de Master. Faculté des sciences biologiques et sciences Agronomiques.Département de biologie.Université Mouloud Mammeri de Tizi ousou.75p.
28. **CHIBANI S., (2009).** Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux de surface et souterraine de la région de Ain Makhoulf (Wilaya de Guelma) Mémoire de Magister. Université 8 Mai 1945, Guelma. P 63, 64.
29. **DAHRAOUI N., DOUDOU N., KEDDAR H., (2022).** Evaluation de La Qualité Physico- Chimique Des Eaux Souterraines Et Superficielles Destinée A La Consommation Humaine, Mémoire De Master, Génie Chimique, Université Echahid Hamma Lakhdar- El oued, 79p.
30. **DEROUAZ S., BELMADI H., (2018).** Etude de la qualité bactériologique de l'eau provenant du barrage Tilesdit, traitée et distribuée dans deux communes de la Wilaya de Bouira. Mémoire de master, université akli Mohand oulhadj-Bouira, Algérie. 81p.

31. **DERRADJI S., MECHEHOUD N., (2021).** Evaluation de la qualité physico-chimique et organique des eaux souterraines de la commune de Hamma Bouziane approvisionnées à la consommation humaine, mémoire de Master, Ecologie fondamentale et Appliquée Université des Frères Mentouri Constantine 1.
32. **DERRAGUI I., LARIBI N., (2019).** Etude comparative de la qualité d'eau de consommation de barrage Tilesdite et de forage Ouadhia. Mémoire de master. Université akli Mohand oulhadj-Bouira, Algérie. 102p.
33. **DESILLE D., (2012).** Conservation et traitement de l'eau à domicile. Guide pratique : Programme Solidarité Eau. 37p.
34. **DESJARDINS R., (1990).** Le traitement des eaux. 2 Ed revue et enrichie. Canada. ISBN: 978-2- 553-00643-2. Pp 08-47-71-111.
35. **DIARY A., TWANA O., PISHAWA M., AL-ANSARI N., (2019).** Soil and groundwater pollution assessment and delineation of intensity risk map in Sulaymaniyah City, NE of Iraq. Water. 11(10). pp 1-24.
36. **DINEPA O. I. EAU, UNICEF., (2013).** Echantillonnage et analyse de l'eau potable pour laboratoires simplifiés. 1.3.1. FIT 1. ISBN 13-978-99970-51-24-0.Pp 27-28.
37. **DRISSI S., (2008).** Qualité des eaux de quelques sources dans la région de Souk-Ahras. Mémoire de Magister. Centre Universitaire de Souk Ahras. 69 p.
38. **EL HAISSOUFI H et al., (2011).** Pollution des eaux de puits de certains quartiers de la ville de Fès, Maroc. Rev. Microbiol. Ind. San et Environn, Vol 5, N°1, pp. 37-68.
39. **GASMI W et REFICE M., (2019).** Caractéristiques physico-chimiques de l'eau potable de la région de M'sila (Dréat, Souamaa, Newara), mémoire de Master, Ecologie Des Milieux Naturelles, Université Mohamed Boudiaf - M'SILA.
40. **GENIN B., (2003).** cours d'eau et indices biologiques, pollution, méthodes IBGN (Indice biologique global normalisé), édition Educagri.
41. **GREGORIO C et PIERRE-MARIE B., (2007).** Traitement et épuration des eaux industrielles polluées : Procédés, Presses Univ. Franche-Comté. 356p.
42. **HAIJOUBIE H., BENYAHYA F., BENDAHOU A., ESSADQUI F., EL BEHHARI M., EL MAMOUNE A., GHAILANI N., MECHITA M., BARAKAT A., (2017).** Etude de la qualité bactériologique de l'eau utilisée dans l'industrie agroalimentaire dans le Nord du Maroc. The Pan. African. Medical Journal 26(13).

43. **HAILU B., (2017)**. Physicochemical and microbial quality of drinking water from source to household taps: The case of Legedadi reservoir. A Thesis submitted to the Centre for Environmental Science. Addis Ababa University. Ethiopia. 14p.
44. **HAMADOUCHE S., TIFAOUI B., HENICHE S., (2018)**. Révision du PDAU Ait Bouaddou N012.711.115.Centre d'Etudes de Réalisation en Urbanisme : URBA.BLIDA, 85 p.
45. **HANE M., DIAGNE I., NDIAYE M., NDIAYE B., DIONE T., CISSE D., DIOP A., (2020)**. Etude comparative de la qualité physico-chimique des eaux de puits et de forage consommées dans la commune de Sinthiou Maléme dans la région de Tambacounda (Sénégal). IJBCS. 14(9). pp 3400-3412.
46. **HOUMEL T., (2017)**. Contribution à l'étude des paramètres physicochimiques et bactériologiques sur deux périodes d'échantillonnage de deux sources d'eau au niveau de deux communes « Tizi Rached et Ait Toudert Wilaya de Tizi Ouzou. Mémoire de Master. Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques. Département de Biologie Animale et Végétale. Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou. 77p.
47. **J.O.R.A., (2011):** JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 18. pp 6-9.
48. **LASSOUAOUI N et KITOUS L., (2017)**. Contribution à l'étude des paramètres Physico-chimiques et bactériologiques de deux sources d'eau de deux stations « Akerrou et Tizi Ouzou » wilaya de Tizi Ouzou. Mémoire de master. Faculté des Sciences biologiques et des sciences agronomiques. Département des sciences Biologiques. Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou. 75p.
49. **LUNC J. et LAGARDETTE M., (2004)**. L'eau potable et l'assainissement. Edition Johannes. Paris. 154p.
50. **MADIGAN M et MARTINKO J., (2007)**. Biologie des microorganismes, 11ème édition, pearson. Education, Paris, PP: 918-932.
51. **MAKHLOUFI A. et ABDELOUAHID Dj., (2011)**. «étude de la qualité physicochimique et microbiologique de l'eau potable dans la ville de Bechar sud-ouest Algérie : 1 er Séminaire International sur la Ressource en eau au sahara Evaluation, Economie et Protection, le 19 et 20 janvier 2011 (ouargla). 10p.
52. **MANACEUR R. et SAIDJK k., (2013)**. Caractéristiques des paramètres physico chimiques et quantification des nutriments des eaux usées de la STEP Est de la ville de Tizi Ouzou.
53. **MEHANNED S., ZAID A., CHAHLAOUI A., (2014)**. Caractérisation bactériologique du lac réservoir du barrage Sidi Chahed. Larhyss Journal. 17: 215-225.Microbiology, N°88, 106- 116p.

54. **MELLAH K., BEKIRI F., HECINI I., KHERIFI W., RECHACHI M., (2022).** Adoucissement par précipitation à la chaux couplée avec le sulfate d'aluminium des eaux de l'albien d'Ain Sahara (Touggourt, Algérie). JARA. 14(2).pp 6-17.
55. **NGUENGAR N., (2011).** Accès à l'eau potable et à l'assainissement: quels enjeux pour la santé dans les quartiers précaires. Etude appliquée au quartier Gamkallé de la commune IV de Niamey au Niger. Mém. Master. Univ. Abdou Moumouni de Niamey, Niger.
56. **NOUAYTIL N., KHATTACH D., HILALI M., (2015).** Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux souterraines des nappes du Jurassique du haut bassin de Ziz (Haut Atlas central, Maroc). J. Mater. Environ. Sci. 1068-1081. ISSN: 2028-2508. CODEN: JMESCN.
57. **O.M.S. (2006).** OMS. Directives de la qualité pour l'eau de boisson. (2006).
58. **OMS (2014).** Surveillance de la qualité de l'eau de boisson. Genève, 1977, 143p.
59. **OMS (2020).** Légionellose.
60. **PHOK R., (2015).** Spring water. Geological Engineering Department, Gadjah Mada University. 9p.
61. **PUJEH JUNIOR M .,Gogra A .,KAISAM P ., KUDUSHY.,(2021).**Physicochemical and bactériological analysis of the qualité of sachet water and their source npoint (spring box)consumed in Bo city,Sierra Leone .Jece.13(1).pp 14-22.
62. **RAMADE F., (2005).** Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'eau. Ed. Ediscienceinternational. Paris, 528 p.
63. **RAMADE F., (2011),** «Introduction à l'éco chimie, les substances chimique et l'écosphère a l'Homme Edition. Lavoisire. Paris, 791p.
64. **RAMDANE E et TIGUERCHA M., (2015).** Étude des paramètres physicochimiques et bactériologiques de l'eau de source « Alma, Tamazirt Ourabah » de la Commune de Mizrana, wilaya de Tizi-Ouzou. Mémoire de Master Faculté des Sciences Biologiques et Agronomiques Département Biochimie Microbiologie. Université Mouloud MAMMERI de Tizi–Ouzou. 82p.
65. **RODIER J., (2005).** L'analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux Résiduairees. Eaux de mers. 8ème édition. Edition Dunod. 1381p .

66. **RODIER J., 2009.** L'analyse de l'eau; Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 9ème édition, Dunod, Paris. 1579 p.
67. **ROUSTAN M., (2014).** Eau: Données et statistiques. Techniques de l'ingénieur TE. Edition T.I. 14p.
68. **SAVARY P., (2010).** Guide des analyses de la qualité de l'eau. 1" Ed: Territal à Bresson.
69. **SCHRIVER-MAZZUOLI L., (2012).** La gestion durable de l'eau. Ressources. Qualité. Organisation. Dunod. 256p.
70. **TAOUBI H et ATEK F., (2022).** Analyse physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source Aghbalou sur deux périodes d'échantillonnage au niveau de la commune de Makouda dans la région de Tizi-Ouzou. Mémoire de Master. Faculté des sciences biologiques et sciences agronomiques. Département de biologie. Université Mouloud Mammeri de Tizi ousou.39p.
71. **TOUHARI F., (2015).** Etude de la qualité des eaux de la vallée du haut Cheliff. Thèse de doctorat Es-Science. Ecole nationale supérieure d'hydraulique. 177p.
72. **VERHILLE S., (2013).** Les indicateurs microbiens dans l'évaluation de l'eau potable: interpréter les résultats de laboratoire et comprendre leur signification pour la santé publique. Centre de collaboration nationale en santé environnementale. Canada. 13p.

Résumé

L'eau est une ressource précieuse, qui possède des caractéristiques remarquables. Cependant, elle est parfois menacée par les activités humaines, ce qui entraîne une dégradation de sa qualité. L'objectif de notre étude est d'évaluer la potabilité d'une source d'eau appelée Aidloul, située dans la commune d'Ouacif, région de Tizi Ouzou. Pour ce faire, nous avons analysé les paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'eau pendant la période hivernale de l'année 2024, en le comparant avec les résultats de l'année 2023 et avec les normes de potabilité en vigueur en Algérie. Les résultats obtenus indiquent que l'eau analysée présente une minéralisation moyenne, avec une conductivité de 250µS/cm. Les paramètres physico-chimiques analysés respectent les normes de potabilité en vigueur en Algérie. En ce qui concerne les paramètres de pollution les plus préoccupants, tels que l'ammonium et les nitrates, aucune trace de ces substances n'a été détectée dans l'eau analysée. Les tests bactériologiques ont révélé l'absence totale de coliformes thermo tolérants, de streptocoques fécaux et de coliformes fécaux. Par conséquent, nous pouvons conclure que cette eau est potable, propre à la consommation humaine et de qualité excellente.

Mots clés :

Eau de source, Aidloul, Paramètres physicochimiques et bactériologiques, période hivernale, Norme algérienne de potabilité. Tizi ouzou

Abstract:

Water is a valuable resource with remarkable characteristics. However, human activities sometimes threaten it, leading to a degradation in its quality. The aim of our study is to assess the potability of a water source called Aidloul, located in the municipality of Ouacif, Tizi Ouzou region. To achieve this, we analyzed the physico-chemical and bacteriological parameters of the water during the winter period of 2024, comparing it with the results from 2023 and with the current drinking water standards in Algeria. The obtained results indicate that the analyzed water has an average mineralization, with a conductivity of 250µS/cm. The analyzed physico-chemical parameters comply with the current drinking water standards in Algeria. As for the most concerning pollution parameters, such as ammonium and nitrates, no traces of these substances were detected in the analyzed water. Bacteriological tests revealed the complete absence of thermo-tolerant coliforms, fecal streptococci, and fecal coliforms. Therefore, we can conclude that this water is potable, suitable for human consumption, and of excellent quality.

Keywords:

Water source, Aidloul, physico-chemical and bacteriological parameters, winter periode, drinking water standards in Algeria .Tizi ouzou

المخلص:

تعتبر المياه مورداً قيماً يتمتع بخصائص ملحوظة. ومع ذلك، فإنها في بعض الأحيان تتعرض للتهديد من قبل الأنشطة البشرية، مما يؤدي إلى تدهور جودتها. يهدف بحثنا إلى تقييم صلاحية مصدر مائي يسمى "ايدلول" والموجود في بلدية واسيف، منطقة تيزي وزو. لتحقيق ذلك، قمنا بتحليل المعايير الفيزيائية والكيميائية والبكتيريولوجية للماء خلال فترة الشتاء لعام 2024، وقمنا بمقارنتها مع نتائج عام 2023 ومع معايير صلاحية المياه السارية في الجزائر. أظهرت النتائج المستخلصة أن الماء المحلل يحتوي على تمعدن متوسط، مع توصيلية بلغت 250 ميكرو سيمنز/سم. تمتثل المعايير الفيزيائية والكيميائية المحللة لمعايير صلاحية المياه السارية في الجزائر. فيما يتعلق بالمعايير التلوث الأكثر قلقاً، مثل الأمونيوم والنترات، لم يتم اكتشاف أي آثار لهذه المواد في الماء المحلل. أظهرت الاختبارات البكتيريولوجية عدم وجود أي كوليفورم حراري التحمل، أو البكتيريا العنقودية القنوية الفضلة، أو الكوليفورم الفضلة. وبناءً على ذلك، يمكننا الاستنتاج بأن هذا الماء صالح للشرب، ونظيف للاستهلاك البشري، وذو جودة ممتازة.

الكلمات المفتاحية:

مصدر مائي، ايدلول، المعايير الفيزيائية والكيميائية والبكتيريولوجية، المعايير صلاحية المياه السارية في الجزائر. تيزي وزو.