

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

Université de Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
Faculté des Sciences Biologiques et Sciences Agronomiques
Département de Biologie



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master
Filière : Ecologie et environnement
Spécialité : Biodiversité Environnement

Thème

**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**

Présenté par :

M^{elle} ATEK Fouzia

M^{elle} TOUABI Hamida

Évalué par le jury

Présidente : M^{me} CHAOUCHI-TALMAT N.

M.C.A

UMMTO

Promoteur : M^r MEZANI S.

M.C.A

UMMTO

Co-promotrice : M^{me} LARDJANE N.

Professeure

UMMTO

Examineur: M^{me} YAKOUBI S.

M.A.B

UMMTO

Année universitaire : 2021/2022

Remerciements

Au terme de notre travail, nos remerciements vont à tous ceux qui ont collaboré à sa réalisation, ainsi que ceux qui ont accepté de le juger.

M. MEZANI S. Maîtres de conférences classe A à L'U.M.M.T.O, et à notre Co-promotrice Madame **LARDJANE N.** Professeure à l'université Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou, qui ont assuré la direction scientifique de notre travail et à qui nous adressons toute notre reconnaissance pour nous avoir généreusement transmis leur expérience et connaissances avec tant d'enthousiasme tout au long du travail, et qu'ils soient assurés de notre plus grande considération pour nous avoir fidèlement encadré au quotidien.

Nous remercions vivement le membre de jury pour avoir fait l'honneur d'accepter de juger notre travail et de siéger dans le jury de soutenance :

M^{me} CHAOUCHI-TALMAT N. Maitre Assistante classe A à l'U.M.M.T.O présidente de jury.

M^{me} YAKOUBI S. Maitre Assistante classe B à l'U.M.M.T.O. Examinatrice.

Mme LADJEL S. Directrice du laboratoire de l'Algérienne Des Eaux, unité de Boukhalfa de Tizi-Ouzou, d'avoir accepté de nous accueillir au sein de son établissement et d'avoir mis à notre disposition tout les moyens possibles pour réaliser notre étude, ainsi que tout le personnel du laboratoire qui nous ont transmis leurs expériences et connaissances pour nous aider à bien mené les expérimentations et pour leur bonne humeur quotidienne.

Que les personnes que nous avons oubliées par écrit seulement, nous pardonnent.

Dédicace

Je dédie ce travail

A ma chère mère ;

A mon cher père ;

*Qui m'ont soutenu et encouragé dans toute ma vie, je leur remercie de m'avoir
épauler pour que je puisse atteindre mes objectifs.*

Qu'ils trouvent ici le témoignage de ma profonde reconnaissance.

*A mes deux frères : Oussama et Oualid , ma sœur : Manel, qui m'ont
chaleureusement supporté et encouragé tout au long de mon parcours ;*

A mes copines Lynda, Mélissa, Aldjia, Ania.

*A ma famille, mes proches et à ceux qui me donnent de l'amour et de la
vivacité.*

*A ma chère binôme Hamida, pour son entente et sa sympathie, pour son
indéfectible soutien et sa patience infinie.*

*A toute la promotion de Biodiversité et Environnement et à tous mes amis(es)
qui m'ont toujours encouragé, et à qui je souhaite plus de succès.*

Merci !

Fouzia

Dédicace

Il me tient à Cœur de dédier ce travail à :

Mon cher fils Iliane, je te souhaite tout le succès du monde et une longue vie pleine de bonheur, tu es ma force et la lumière de ma vie, grâce à toi que je surpasse toutes les difficultés, dieu te garde pour moi ;

A ma famille ;

A mes collègues de travail, notamment M^{me} Malika Cherbi pour sa patience, encouragement et soutien pour moi ;

A ma chère binôme pour son entente, patience et soutien ;

A la mémoire de ceux qui nous ont quittés trop tôt :

Ma mère et mon père ;

Ferhat, Hocine et Madjid ;

Que dieu vous accueillent dans son vaste paradis

A toute la promotion de Biodiversité et Environnement, à tous ceux et celles qui m'ont accordé leur amitié et à qui je souhaite beaucoup de succès.

Hamida

ADE : Algérienne des eaux

AgNO₃ : Nitrate d'argent.

APC : Assemblée populaire communale

BCPL : Bouillon lactosé au pourpre de bromocresol.

CaCO₃ : carbonate de calcium..

E. Coli : *Escherichia coli*

EDTA : Acide Ethylène Diamine Tétra-acétique.

HCO₃⁻: Bicarbonate.

K₂CrO₄ : Chromate de potassium.

KCl : Chlorure de potassium.

KMnO₄ : Permanganate de potassium.

MO : Matière organique.

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.

PO₄³⁻ : Phosphates.

TA : Titre Alcalimétrique.

TAC : Titre Alcalimétrique Complet.

TIAC : Toxi-infections alimentaires collectives.

UV : Ultra-violet.

Figure 1 : Photo de la source Aghbalou (Photo originale, 2022).....	12
Figure 2 : Carte géographique de la région de Makouda (Google Earth, 2022).	12
Figure 3 : Echantillon du sol prélevé aux alentours de la source Aghbalou (Photos original, 2022)	13
Figure 4 : Glacière utilisé pour l'échantillonnage (Photo originale, 2022).....	14
Figure 5 :pH-mètre (Photos original, 2022).....	16
Figure 6 : Thermomètre (Photos original, 2022)	16
Figure 7 : Turbidimètre (Photos original, 2022)	17
Figure 8 : Conductivimètre (Photos original, 2022)	17
Figure 9 : Dosage de l'alcalinité (Photos original, 2022)	19
Figure 10 : Dosage de calcium magnésium et dureté total (Photos original, 2022)	20
Figure 11 : Dosage des chlorures (Photos original, 2022)	20
Figure 12 : Spectrophotomètre à flamme (Photos original, 2022).....	21
Figure 13 : Spectrophotomètre à UV (Photos original, 2022)	23
Figure 14 : Dosage de la matière organique (Photos original, 2022).....	23
Figure 15 : Milieu BCPL (Photos original, 2022).....	25
Figure 16 : Milieu ROTH (Photo originale 2022)	25
Figure 17 : Variation du PH entre les deux saisons hiver et été de la source Aghbalou pour l'année 2022.....	26
Figure18 : Variation de la conductivité entre les deux saisons hiver et été de la source Aghbalou pour l'année 2022.....	27
Figure 19 : Variation de la température entre les deux saisons hiver et été de la source Aghbalou pour l'année 2022.....	28
Figure 20 : Valeurs de la turbidité entre les deux saisons hiver et été de la source Aghbalou pour l'année 2022	28
Figure 21 : Variation de titre alcalimétrique entre les deux saisons hiver et été de la source Aghbalou pour l'année 2022	29
Figure 22 : Variation de titre alcalimétrique complet entre les deux saisons hiver et été de la source Aghbalou pour l'année 2022	30
Figure 23 : Variation de la dureté totale entre les deux saisons hiver et été de la source Aghbalou pour l'année 2022.....	30
Figure 24 : Variations de la dureté calcique sur les deux saisons hiver et été de la source Aghbalou pour l'année 2022.....	31

Figure 25 : Variations de la dureté magnésienne sur les deux saisons hiver et été de la source Aghbalou pour l'année 2022	32
Figure 26 : Les variations de sodium sur les deux saisons hiver et été de la source Aghbalou pour l'année 2022	32
Figure 27 : Variations de potassium sur les deux saisons hiver et été de la source Aghbalou pour l'année 2022	33
Figure 28 : Variations des chlorures sur les deux saisons hiver et été de la source Aghbalou pour l'année 2022	33
Figure 29 : Variations d'ammonium sur les deux saisons hiver et été de la source Aghbalou pour l'année 2022	34
Figure 30 : Variations des Nitrites sur les deux saisons hiver et été de la source Aghbalou pour l'année 2022	35
Figure 31 : Variations des Nitrates sur les deux saisons hiver et été de la source AGHBALOU pour l'année 2022	35
Figure 32 : Variation du phosphore sur les deux saisons hiver et été de la source Aghbalou pour l'année 2022	36
Figure 33 : Variations de M.O sur les deux saisons hiver et été de la source Aghbalou pour l'année 2022	36
Figure 34 : Variations du Fer total sur les deux saisons hiver et été de la source Aghbalou pour l'année 2022	37

Tableau 1 : Minéralisation des eaux en fonction de la conductivité (Rodier et *al.*, 2009) 06

Tableau 2 : Classes de turbidité de l'eau (Rodier et *al.*, 2009)..... 07

Tableau 3 : Présentation des différentes maladies à transmission hydrique en Algérie (Kherifi et Bekiri, 2017)..... 11

Tableau 4 : Matériel et méthodes utilisés pour les différents paramètres physico-chimiques 15

Tableau 5 : Résultats des analyses bactériologiques de la source Aghbalou pour les deux saisons hiver, été, 2020 37

Sommaire

Liste des abréviations**Liste des figures****Liste des tableaux****Introduction 1****Chapitre I : Synthèse bibliographique****1. Définition de l'eau 3**

1.1. Eau potable 3

1.2. Eaux destinées à la consommation humaine 3

1.3. Eaux brutes 3

1.4. Eaux de surface 3

1.5. Eaux souterraine..... 4

1.6. Eaux minérales naturelle 4

1.7. Eaux de sources..... 4

2. Pollution de l'eau 4

2.1. Origine de pollution..... 5

3. Paramètres et qualités d'une Eau Potable 5

3.1. Paramètres organoleptiques 5

3.2. Paramètre physico-chimique..... 6

3.3. Paramètres indésirables 7

3.4. Paramètre de pollution..... 7

3.5. Paramètre de minéralisation..... 8

4. Analyses bactériologiques..... 10

4.1. Coliformes totaux 10

4.2. Streptocoques fécaux..... 10

4.3. *Escherichia coli*..... 10**5. L'eau en Algérie..... 10**

5.1. Législations algérienne sur l'eau..... 11

5.2. Maladies à transmission hydriques en Algérie 11

Chapitre II : Matériels et méthodes**1. Présentation de la région d'étude..... 12**

1.1 Situation géographique 12

1.2 Relief 13

1.3 Climat 13

1.4 Couvert végétal 13

1.5 Sol..... 13

2. Méthodes d'échantillonnage..... 14

2.1. Echantillonnage..... 14

2.1.1. Echantillons destinées aux analyses physico-chimiques 14

2.1.2. Echantillons destinées aux analyses bactériologiques..... 14

2.1.3. Conservation et le transport des échantillons	14
3. Analyses physicochimiques	15
3.1. PH.....	15
3.2. Mesure de la température	16
3.3. Mesure de la turbidité.....	16
3.4. Mesure de la Conductivité.....	17
4. Analyse de la minéralisation globale	19
4.1. Dosage de l'alcalinité	18
4.2. Dosage de la dureté	19
4.3. Dosage des ions calcium et magnésium	19
4.4. Dosage des chlorures.....	20
4.5. Dosage du sodium potassium	21
5. Dosage des paramètres de pollution.....	22
5.1. Ammonium	22
5.2. Nitrites (NO ₂ ⁻)	22
5.3. Nitrate (NO ₃ ⁻).....	22
5.4. Phosphates (PO ₄ ³⁻)	22
5.5 Dosage de la Matière organique (MO à 105°C)	23
6. Dosage d'un paramètre indésirable	24
6.1. Fer.....	24
7. Dénombrement des bactéries	24
7.1. Dénombrement des coliformes et coliformes thermo tolérants (<i>Escherichia coli</i>) et les streptocoques fécaux.....	24
7.1.1. Méthode en milieu liquide par détermination du nombre le plus probable (NPP)	24
7.2. Test de présomption pour <i>E. Coli</i> et coliformes totaux.....	24
7.3. Test de présomption pour les streptocoques fécaux.....	25
Chapitre III : Résultats et discussions	
1. Résultats des analyses organoleptiques.....	26
1.1. Couleur	26
1.2. Odeur	26
2. Résultats des analyses physicochimiques	26
2.1. pH.....	26
2.2. Conductivité.....	27
2.3. Température.....	27
2.4. Turbidité	28
3 Résultats des paramètres de minéralisation globale	29
3.1. Alcalinité.....	29
3.2. Dureté total (TH).....	30

3.3. Dureté calcique et la dureté magnésique	31
3.4. Sodium Na ⁺	32
3.5. Potassium K ⁺	33
3.6. Chlorure Cl ⁻	33
4. Résultats des paramètres de pollution	34
4.1 Ammonium (NH ₄ ⁺)	34
4.2 Nitrites (NO ₂ ⁻)	34
4.3 Nitrates (NO ₃ ⁻)	35
4.4 Phosphate	35
4.5 Matière organique	36
5. Résultats du paramètre indésirable	36
5.1 Fer total.....	36
7 Résultats des analyses bactériologiques	37
7.2 Escherichia Coli	37
7.2 Coliformes totaux.....	38
7.3 Streptocoques fécaux.....	38
Conclusion et perspectives	39
Références bibliographiques	
Résumé	

Introduction

L'eau est une ressource naturelle unique. Elle peut être renouvelée mais pas remplacée, une fois partie ou dégradée, elle ne peut être remplacée par un autre élément (Timmerman et *al.*, 2020).

L'eau recouvre les trois quarts de la surface de notre planète. Ce précieux trésor est indispensable à la vie humaine, animale et végétale, elle répond aux besoins fondamentaux de l'homme dans divers domaines tels que l'agriculture, la production d'électricité, les industries, ainsi que les usages domestiques. En raison de l'augmentation de la population humaine, les besoins en eau sont en croissance progressive, ceci est aggravée par la diminution de la quantité d'eau potable disponible à cause de la réduction des précipitations (changements climatiques) d'une part, et de la pollution de l'eau d'autre part (Walaa, 2016).

L'accès à l'eau potable est un problème sérieux et permanent touchant le monde entier. Cet accès à l'eau dépend d'une série de facteurs, notamment la disponibilité de l'eau au niveau local, sa qualité et les moyens économiques nécessaires pour l'obtenir, environ 1,6 milliard de personnes n'ont qu'un accès limité à l'eau, même si celle-ci est disponible au niveau local (Timmerman et *al.*, 2020).

Les études actuelles prévoient que la pénurie d'eau continuera de s'aggraver dans le futur, et que près de 52 % de la population mondiale vivra dans des conditions de stress hydrique d'ici 2050 (Kolbel et *al.*, 2018). L'Algérie fait partie des pays qui souffrent du stress hydrique en raison des vulnérabilités de ces ressources en eau douce déjà rare, en conséquence des précipitations réduites (changement climatique), d'une augmentation de la demande provoquée par la croissance démographique et les pollutions diverses émanant des activités agricoles, industrielles ou domestiques (Kherifi et Bekiri, 2017).

Les eaux souterraines sont traditionnellement les ressources en eaux privilégiées pour les eaux potables. Ces eaux souterraines subissent des perturbations qui impliquent la détérioration de leur qualité hygiénique. Ainsi la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de consommation qui ont fait l'objet de plusieurs études, ont montré le risque sanitaire sur la santé humaine.

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 physicochimiques et bactériologiques 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 de Ouadhias.

Notre étude s'intéresse à l'évaluation des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'eau de la source Aghbalou sur deux périodes d'échantillonnage (hiver et été) de l'année 2022 au niveau de la commune de Makouda dans la wilaya de Tizi-Ouzou (source aménagée par les services de l'APC de Makouda en 2007 gérée et traitée par les services ADE agence Tizi-Ouzou),

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.

Nous avons effectué 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, où nous avons réalisé l'analyse de nos échantillons. Notre travail est scindé en trois parties :

- ✓ Premier chapitre : consacré à la synthèse bibliographique sur l'eau où nous avons évoqué les eaux de source ainsi que les paramètres d'une eau potable ;
- ✓ Deuxième chapitre : consacré à la région d'étude, le matériel utilisé ainsi que la méthodologie expérimentale adoptée pour l'analyse de la qualité des eaux de la source ;
- ✓ Troisième chapitre : Comporte les résultats obtenus et leurs discussions.

Enfin, nous clôturons notre étude par une conclusion résumant les différents résultats obtenus et quelques perspectives.

Chapitre I
Synthèse bibliographique

1. Définition de l'eau

L'eau est une ressource naturelle renouvelable, elle est biologiquement très importante. L'eau est la molécule la plus courante sur la surface de la terre dont elle occupe environ 70%, il s'agit d'une substance chimique de formule H₂O (Al-Safady, 2010).

1.1. Eau potable

Par définition, l'eau potable doit être dépourvue de tout élément minéral ou organique nuisible à la santé ; elle doit répondre à certaines normes fixées par des textes législatifs et à certains critères qualitatifs : être incolore, fraîche, sans odeur ni goût ou avoir éventuellement une légère saveur due à des sels minéraux (O.M.S, 2017).

L'eau potable doit répondre à un certain nombre de normes physico-chimiques etc microbiologiques, elle ne doit pas contenir de fortes concentrations de micro-organismes, de parasites ou d'autres substances présentant un risque potentiel pour la santé humaine. Elle peut être utilisée non seulement pour l'alimentation mais aussi pour l'hygiène domestique et personnelle (Legube, 2018).

1.2. Eaux destinées à la consommation humaine

La Directive de l'union européenne (2020), dans son article 2, définit les eaux destinées à la consommation humaine comme toutes les eaux à l'état naturel ou après traitement, destinées à la boisson, cuisson, préparation d'aliments ou à d'autres usages domestiques ; ainsi que toutes les eaux utilisées dans les entreprises du secteur alimentaire pour la fabrication, la transformation, la conservation ou la commercialisation de produits ou de substances destinés à la consommation humaine.

Selon la loi Algérienne relative à l'eau (2005), dans son article 111, on entend par eau de consommation humaine toute eau destinée à la boisson et aux usages domestiques, à la fabrication des boissons gazeuses et de la glace, à la préparation au conditionnement et à la conservation de toutes denrées alimentaires.

1.3. Eaux brutes

Les eaux brutes sont des eaux extraites du milieu naturel, elles sont soumises à des normes de qualité lorsqu'elles servent à produire de l'eau potable (Barbier et Roussary, 2016). Ces normes doivent répondre à des paramètres organoleptiques, physicochimiques, microbiologiques, des substances indésirables et les substances toxiques (Delarras et *al.*, 2010).

1.4. Eaux de surface

Les eaux de surface ou superficielles regroupent les cours d'eau (rivières ou fleuves) et des retenues naturelles ou artificielles. Ces eaux de surface ont une qualité plus ou moins régulière selon les rejets qui s'y déversent ou encore selon le ruissellement des pluies. Elles ont l'avantage de la

quantité mais l'inconvénient majeur d'être fortement chargées en matières en suspension, voire en éléments pathogènes ; ce qui implique des traitements souvent complexes et onéreux pour rendre l'eau potable pour des usages domestiques (Hounsounou et *al.*, 2016).

1.5. Eaux souterraines

Les eaux souterraines sont les ressources en eau privilégiées pour l'eau potable, car elles sont plus à l'abri des polluants que les eaux de surface. Elles sont des eaux des nappes, couches de terrains perméables saturés d'eau (Hounsounou et *al.*, 2016).

1.6. Eaux minérales naturelles

Les eaux minérales naturelles sont des eaux microbiologiquement saines, elles se distinguent nettement des autres eaux destinées à la consommation humaine par leurs natures caractérisées par la pureté et par la teneur spécifique en sels minéraux, oligo-éléments ou autres constituants. Ces eaux minérales naturelles peuvent posséder des propriétés thérapeutiques favorables à la santé humaine (Hazzab, 2011).

1.7. Eaux de sources

Les eaux de source sont définies comme étant des eaux d'origine exclusivement souterraine, adaptées à la consommation humaine, microbiologiquement saines et protégées contre le risque de pollution (Hazzab, 2011).

1.7.1. Types de source

1.7.1.1. Sources d'affleurement

L'approvisionnement par ces sources se fait sur un fond imperméable dans la vallée (au pied de la pente). Le rendement de cette source dépend du niveau de la nappe, lequel fluctue selon les saisons (Bouziani, 2000).

1.7.1.2. Sources d'émergence (artésiennes)

Les sources artésiennes sont alimentées par la couche inférieure de la nappe, ces sources sont plus susceptibles de tarissement. Le débit de ces sources est en principe uniforme et presque constant durant toute l'année (Bouziani, 2000).

1.7.1.3. Sources de déversement

Les sources de déversements naissent sur les pentes ou des grandes hauteurs (au-dessus du fond de la vallée). Le rendement de cette source dépend du niveau de la nappe, lequel fluctue selon les saisons (Bouziani, 2000).

2. Pollution de l'eau

La pollution de l'eau est toute modification physique ou chimique sur sa qualité, qui a une influence négative sur les organismes vivants ou qui rend l'eau inadéquate aux usages souhaités. On dit que l'eau est polluée lorsque sa composition ou son état est directement ou indirectement

dégradée, plusieurs types de pollution existent provenant d'origines diverses, domestiques, agricoles, industrielles ou même naturelle (Atteia, 2015).

2.1. Origine de pollution

L'origine de la pollution des eaux peut être naturelle ou anthropique.

2.1.1. Origine naturel

Certaines substances naturellement présentes dans l'environnement entraînent parfois des problèmes de contamination d'eau potable. Des composés inorganiques comme le baryum, l'arsenic, les fluorures, le sodium, les chlorures, le mercure, le cadmium, les cyanures peuvent contaminer l'eau potable (Boumelta, 2011).

2.1.2. Origine anthropique

Les principales sources de pollution anthropique sont l'agriculture, qui s'applique de manière diffuse sur le territoire ; les industries qui sont à l'origine de rejets très diversifiés et souvent localisés et les activités domestiques via les rejets d'eaux usées ou les décharges (Hounsounou et *al.*, 2016).

3. Paramètres et qualités d'une eau potable

3.1. Paramètres organoleptiques

3.1.1. Odeur

L'eau destinée à l'alimentation doit être inodore. En effet toute odeur est un signe de pollution ou de la présence de matière organique en décomposition (Rodier et *al.*, 2009).

3.1.2. Goût

Le goût est l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçues lorsque l'aliment ou la boisson est dans la bouche, la propriété des produits provoquant ces sensations (Rodier et *al.*, 2009).

3.1.3. Saveur

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

3.1.4. Couleur

Selon l'O.M.S (2017), l'eau de boisson ne devrait pas avoir de coloration manifeste. Elle est généralement révélatrice de la présence de matières organiques naturelles, de phytoplancton, de fer et ou de manganèse ou encore de rejets industriels colorés (Legube, 2015).

Une eau colorée est souvent riche en acide humique et fulviques qui interfèrent avec le chlore pour former des composés organohalogénés potentiellement dangereux pour la santé humaine (Rejsek, 2002).

3.2. Paramètres physico-chimiques

3.2.1. Température

C'est important de connaître la température de l'eau avec précision (Ghazali et Zaid, 2013). Cette dernière joue un rôle important dans la modification des propriétés chimiques, physiques ainsi que les réactions biologiques de l'eau (Abboudi et *al.*, 2017).

La température de l'eau agit sur la densité, la viscosité, la solubilité des gaz, la dissociation des sels dissous, les réactions chimiques, biochimiques, le développement et la croissance des organismes vivant, plus particulièrement les microorganismes (N'diaye et *al.*, 2013).

3.2.2. pH

Le pH mesure la concentration en ions H⁺ de l'eau. Il traduit ainsi la balance entre acide et base. Ce paramètre conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques, et dépend de facteurs multiples, dont la température et l'origine de l'eau (Abboudi et *al.*, 2017). Il représente une indication importante en ce qui concerne l'agressivité de l'eau (aptitude à dissoudre le calcaire), il est sans effet direct sur les consommateurs (O.M.S, 2017).

3.2.3. Conductivité électrique

La conductivité électrique est la propriété que possède une eau pour favoriser le passage d'un courant électrique (Rejsek, 2002). Elle est déterminée par la teneur en substances dissoutes, la charge ionique, la capacité d'ionisation, la mobilité et la température de l'eau. Selon Nouayti et *al.* (2015) la conductivité électrique renseigne sur le degré de minéralisation d'une eau. Rodier et *al.* (2009) ont établi une classification de la conductivité électrique de l'eau portée dans le tableau 1.

Tableau 1: Minéralisation des eaux en fonction de la conductivité (Rodier et *al.*, 2009).

Conductivité en μ S/cm	Minéralisation
< 100	Eau de minéralisation très faible
Entre 100 et 200	Eau de minéralisation faible
Entre 200 et 400	Eau de minéralisation peu accentuée
Entre 400 et 600	Eau de minéralisation moyenne
Entre 600 et 1000	Eau de minéralisation importante
> 1000	Eau de minéralisation excessive

3.2.4. Dureté totale de l'eau

La dureté totale de l'eau est une mesure globale de la concentration en sels dissous de l'eau en calcium et en magnésium (Bouziani, 2000).

3.2.5. Turbidité

La turbidité représente l'opacité d'un milieu trouble. C'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières non dissoutes. Elle est causée, dans les eaux par la présence de matière en suspension fine, comme les argiles, limons, les grains de silice et les microorganismes. Une faible part de la turbidité peut être due à la présence de matière colloïdales d'origine organique ou minérale (Rejsek, 2002). Cette turbidité doit être éliminée pour améliorer l'aspect esthétique de l'eau de consommation mais aussi pour permettre une désinfection efficace (Rejsek, 2002). Les classes de turbidité usuelle sont représentées dans le tableau 2.

Tableau 2 : Classes de turbidité de l'eau (Rodier et *al.*, 2009).

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

3.3. Paramètres indésirables

3.3.1. Manganèse

Le manganèse est présent naturellement dans de nombreuses eaux de surface et les eaux souterraines, en particulier dans des conditions anaérobies ou de faible oxydation, et c'est la principale source de manganèse pour l'eau de boisson (O.M.S, 2017).

3.3.2. Fer

Le fer contenu dans les eaux superficielles peut avoir une origine tellurique, mais le plus souvent, il provient de lessivage de terrain et de pollutions minières ou métallurgiques.

Dans les eaux souterraines, plus réductrices, le fer va se retrouver sous forme ferreuse Fe^{3+} qui est soluble. Il existe une autre forme de fer qui est le fer complexé. Les complexes formés peuvent être d'origine minérale avec la silice ou d'origine organique avec des acides humiques ou fulviques (Rejsek, 2002).

3.4. Paramètre de pollution

3.4.1. Ammonium (NH_4^+)

L'ammonium dans l'eau traduit habituellement un processus de dégradation incomplet de la matière organique, il provient de la réaction de minéraux contenant du fer avec des nitrates. C'est un excellent indicateur de pollution de l'eau par des rejets organiques d'origine agricole, domestique ou industriel (Abboudi et *al.*, 2014).

3.4.2. Nitrites (NO_2^-)

La présence des Nitrites dans l'eau en quantité importante dégrade sa qualité et pourrait affecter la santé humaine. La toxicité liée au nitrite est très significative en raison de leur pouvoir oxydant (Belghiti et *al.*, 2013).

3.4.3. Matière organique

Les matières organiques dissoutes dans l'eau proviennent souvent de l'attaque et de la décomposition par les bactéries ou des champignons inférieurs, les cadavres d'animaux et de végétaux. Mais elles peuvent également provenir du métabolisme des êtres vivants supérieurs ; excréments des plantes et déjections des animaux (Ottawa, 2020). Une teneur élevée en matières organiques indique une contamination microbienne et donne un mauvais goût (Rodier, 2005).

Selon la classification de Rodier et *al* (2009) une eau est dite :

- Pure pour une teneur en matière organiques inférieure à 1mg/l.
- Potable pour des teneurs comprises entre 1 et 2 mg/l.
- Suspecte pour des teneurs comprises entre 2 et 4 mg/l.
- Mauvaise pour des teneurs supérieures à 4 mg/l.

3.4.4. Phosphate PO_4^{3-}

Les phosphates font parties des anions facilement fixés par le sol. Leurs présences dans les eaux naturelles sont liées à la nature des terrains traversés, à la décomposition de la matière organique et aux rejets urbains. Des teneurs supérieures à 0,5 mg/l doivent constituer un indice de pollution (Rodier, 1996).

3.5. Paramètre de minéralisation

3.5.1 Calcium Ca^{2+}

Associé au magnésium, il provoque la dureté de l'eau. Au-delà d'une certaine concentration, le calcium provoque aussi un problème de goût à l'eau. Selon l'anion associé, le seuil de goût pour l'ion calcium se situe entre 100 et 300 mg/l (O.M.S, 2017).

3.5.2 Magnésium Mg^{2+}

Le magnésium est un élément très répandu dans la nature, on le trouve dans de nombreux minéraux et dans les calcaires, 2.1 % de l'écorce terrestre (Rodier et *al.*, 2009). La concentration du magnésium est en relation directe avec la nature géologique des terrains traversés. Sa variation dans les eaux souterraines est due à l'influence des formations carbonates telles que les calcaires, les argiles et les marnes qui sont riche en Mg^{2+} (Potelon et Zysman, 1998).

3.5.3. Alcalinité

L'alcalinité d'une eau correspond principalement à la présence des ions bicarbonate (HCO_3^-) carbonate (CO_3^-) et hydroxyde (OH^-). L'alcalinité composite appelée aussi titre alcalimétrique

(T.A) d'une eau permet de connaître la quantité d'alcalins libres et de carbonates alcalins caustiques.

Le titre alcalimétrique complet (T.A.C) appelé aussi l'alcalinité totale d'une eau permet de connaître la quantité d'alcalins libres, de carbonates et de bicarbonates. Le bicarbonate et le carbonate proviennent des roches carbonées, de l'anhydride carbonique présent dans l'atmosphère, ainsi que de l'altération météorique des feldspaths et d'autres minéraux (Rhajaoui, 2019).

3.5.4. Sodium Na^+

Le sodium dans l'eau provient des formations géologiques contenant du chlorure de sodium et de la décomposition des sels minéraux (Bouziani, 2000). Généralement, dans l'eau potable, la teneur en sodium ne dépasse pas 20 mg/l (O.M.S, 2017).

3.5.5. 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). Ils sont souvent utilisés comme un indice de pollution (Makhouk et *al.*, 2011). Une surcharge en chlorure dans l'eau peut être à l'origine d'une saveur désagréable surtout lorsque il s'agit de chlorure de sodium (Bouziani, 2000).

3.5.6. Nitrate (NO_3^-)

Les nitrates sont des ions naturels présents partout dans l'environnement, ils sont considérés comme des indicateurs de dégradation de la qualité de l'eau. (Abboudi et *al.*, 2014).

Les sources de nitrates dans l'eau, en particulier les eaux souterraines, proviennent des matières animales et végétales en décomposition, les engrais agricoles, le fumier, les eaux usées domestiques et les formations géologiques contenant des composés azotés solubles (Kahoul et Touhami, 2014).

3.5.7. Potassium K^+

Le potassium est largement répandu dans l'environnement, notamment dans toutes les eaux naturelles, est un élément essentiel pour l'homme, il est rarement voire jamais présent dans l'eau de boisson à des niveaux qui pourraient présenter un risque sur la santé (O.M.S, 2017).

3.5.8. Sulfate SO_4^{2-}

Les sulfates sont des anions très solubles, présents dans les eaux sous forme de soufre dissous. Ils ont essentiellement une origine géochimique (gypse, pyrite) et atmosphérique. Ils peuvent aussi provenir des activités humaines (utilisation d'engrais sulfatés, combustion de charbon et de pétrole, etc.) (Abboudi et *al.*, 2014). L'excès de sulfate dans l'eau peut entraîner des troubles intestinaux pour l'homme (Bouziani, 2000).

4. Analyses bactériologiques

Les paramètres bactériologiques de l'eau comportent traditionnellement la recherche et le dénombrement des germes indicateurs de pollution fécale (Bouziani, 2000).

Le but essentiel de cette analyse est en premier lieu de confirmer la présence de bactéries, puis de définir les circonstances dans lesquelles cette eau a été contaminé et en fin de déterminer l'efficacité du programme de désinfection de l'eau de boisson (Graindorge et Landot, 2018).

4.1. Coliformes totaux

Les coliformes totaux sont bacilles à gram-négatifs, aérobies ou anaérobies facultatifs, non sporulés, oxydase-négatifs, capables se développer en présence de sels biliaires ou d'agents tensio-actifs qui fermentent le lactose en produisant de l'acide, du gaz et de l'aldéhyde à $35,0 \pm 0,5$ C° pendant 24-48 heures, et qui peuvent présenter une activité enzymatique β -galactosité (Marinaldo, 2013).

4.2. Streptocoques fécaux

Les Streptocoques fécaux appartiennent à la famille de *Streptococcaceae*, au genre *Streptococcus* et au groupe sérologique D de Lance Field (Dekhil et al., 2013). Ils sont définis comme étant des cocci sphériques légèrement ovales, gram positifs, catalase négatif et anaérobies facultatives. Ils se disposent le plus souvent en diplocoques ou en chaînettes, ils ne forment pas d'endospores et certaines espèces font preuve de mobilité (Delarras et al., 2010).

4.3 *Escherichia coli*

Bactérie du groupe coliforme qui fermente le lactose et le mannitol, produisant de l'acide et du gaz à $44,5 \pm 0,2$ °C pendant 24 heures, produit de l'indole à partir de tryptophane, oxydase négative, n'hydrolyse pas l'urée et présente des enzymes β , β -galactosidase et la glucuronidase. *E. Coli* est considéré comme l'indicateur le plus précis de la contamination fécale récente et de présence éventuelle de micro-organismes pathogènes (Marinaldo, 2013).

5. L'eau en Algérie

L'Algérie est l'un des pays qui souffre de l'insuffisance d'eau et cette situation va s'accroître avec le dérèglement climatique qui menace la quantité et la qualité de l'eau. La demande en eau de plus en plus grande, l'explosion des besoins en eau liée à la croissance démographique rapide, à l'urbanisation continue, au besoin de l'agriculture en irrigation, exigent une réglementation en collaboration au niveau nationale qui s'appuient sur la gestion de la demande en eau, mais aussi sur l'offre, et des recherches plus solides (Djaffar et Kettab, 2018).

5.1. Législations algérienne sur l'eau

En Algérie, la politique de protection de l'environnement a été initiée au début des années quatre-vingts. La première loi cadre pour l'environnement a été élaborée en 1983 (loi N° 83-03, 1983). Cette loi établit les principes généraux de la gestion de la protection de l'environnement notamment les ressources hydriques, renforcée par l'adoption de la loi portant sur le code des eaux (loi N°83-17, 1983) modifiée en 1996 (Ordonnance N°96-13, 1996) et en 2005 (loi N°5-12, 2005).

Le décret exécutif N°11-125 du 22 mars 2011 relatif à la qualité de l'eau de consommation humaine a pour objectif de fixer les paramètres de qualité de l'eau de consommation ainsi que les modalités de contrôle de conformité. Ce décret est modifié et complété par le décret exécutif n°14-96 correspondant au 4 mars 2014.

5.2. Maladies à transmission hydriques en Algérie

L'Algérie traverse depuis quelques années une phase de transition épidémiologique marquée par la persistance des maladies à transmission hydriques caractéristiques des pays en développement (tableau 3), malgré l'amélioration du cadre de vie de la population et les efforts des services de la santé publique, l'Algérie reste confrontée aux MTH dont les principales sont : la fièvre typhoïde, la dysenterie et l'hépatite virale « A » (Kherifi et Bekiri, 2017).

Les moyens de lutte contre les maladies à transmission hydrique portent sur l'assainissement, l'adduction d'eau, l'hygiène, le contrôle, la surveillance et la sensibilisation par les collectivités locales (O.M.S, 2017).

Tableau 3 : Présentation des différentes maladies à transmission hydrique en Algérie (Kherifi et Bekiri, 2017).

Origines des maladies	Les différentes maladies
Maladie d'origine bactérienne	Le choléra (<i>vibrio-cholerae</i>) Les fièvres typhoïdes
Maladie d'origine virale	Les hépatites A (virus de l'hépatite A)
Maladie d'origine alimentaire	Toxi-infections alimentaires collectives (TIAC)

Chapitre II

Matériels et méthodes

1. Présentation de la région d'étude

1.1. Situation géographique

La source d'eau Aghbalou (figure 1 et 2) est située dans la région de Makouda (village Tinekachine). Cette dernière se trouve dans la partie Nord de la wilaya de Tizi-Ouzou. Elle s'étale sur une superficie de 57,43 Km² à une altitude de 370 m. Elle est délimitée au Nord et à l'Ouest par la commune de Afir (wilaya de Boumerdès), à l'Est par la commune de Boudjima, au Sud par la commune de Sidi Naâmane et Ait Aissa Mimoun et au Nord-est par la commune de Mizrana.



Figure 1 : Photo de la source Aghbalou (Photo originale, 2022)



Figure2 : Carte géographique de la région de Makouda (Google Earth, 2022).

1.2. Relief

Makouda est située dans une région montagneuse, faisant partie de la chaîne de la Kabylie maritime, composée d'une plaine étroite dans sa partie sud, et du versant sud de la chaîne maritime au nord. Le point culminant de cette chaîne est le mont TIFILKOUT (« la crête », dite « Tabourth t-varnusth »), à 910 m d'altitude.

1.3. Climat

Le climat de Makouda est typiquement méditerranéen, chaud et sec en été, doux, humide et pluvieux en hiver.

1.4. Couvert végétal

La végétation qui entoure la source d'eau Aghbalou est représentée principalement par l'oléastre (*Olea europaea*), très abondant avec un taux de recouvrement qui dépasse 80 %, et quelques pieds de chêne lièges (*Quercus suber*). En plus de l'oléastre nous retrouvons en aval de la source une végétation caractéristique des cours d'eaux, la ripisylve constituée essentiellement de frêne commun (*Fraxinus excelsior*), le peuplier blanc (*Populus alba*) en mélange avec le roseau commun (*Phragmites australis*) et la ronce (*Rubus ulmifolius*).

1.5. Sol

L'échantillon prélevé du sol a révélé que la région d'étude est de texture argileuse, de structure grumeleuse, de couleur noirâtre, riche en matière organique (figure 3).



Figure 3 : Echantillon du sol prélevé aux alentours de la source Aghbalou (Photo original, 2022)

2. Méthodes d'échantillonnage

2.1. Echantillonnage

Nous avons effectué les prélèvements de l'eau de la source Aghbalou avec le personnel du laboratoire centrale de l'Algérienne Des Eaux, unité de Tizi-Ouzou pour les deux périodes d'échantillonnage ; hivernale (02/03/2022) et estivale (04/07/2022) à 10 h du matin.

Pour chaque prélèvement, tous les flacons et toutes les bouteilles portent une étiquette où nous avons mentionné les indications suivantes : le nom de la source, numéro de l'échantillon, date de prélèvement, lieu et heure du prélèvement.

2.1.1. Echantillons destinés aux analyses physico-chimiques

Les échantillons sont recueillis dans des bouteilles en verre de 1 litre, 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.

2.1.2. Echantillons destinés aux analyses bactériologiques

Les prélèvements sont effectués dans des conditions aseptiques, les flacons utilisés sont en verre de 250 ml, soumis à un lavage et une stérilisation préalable, ils sont remplis au 5/6 de leurs volumes pour maintenir en vie les bactéries aérobies.

2.1.3. Conservation et le transport des échantillons

Le transport des échantillons d'eau prélevée se fait dans une glacière contenant des pains de glace, à une température d'environ 4°C, afin de maintenir la composition initiale de l'échantillon et empêcher la multiplication des germes (Figure4). L'analyse bactériologique est réalisée dans un délai maximal de 8 heures après le recueil de l'échantillon, car la variation de ce dernier est susceptible de modifier la population bactérienne.



Figure 4 : Glacière utilisé pour l'échantillonnage
(Photo originale, 2022)

Les matériels et les méthodes utilisés pour doser les paramètres physico-chimiques sont représentés dans le tableau 4.

Tableau 4: Matériel et méthodes utilisés pour les différents paramètres physico-chimiques.

Paramètre mesuré	Méthodes	Appareillage
pH	Potentiométrie	pH mètre AD 100,
Turbidité	/	Turbidimètre TL2300
conductivité	/	Conductimètre Cond7110
Alcalinité (TA-TAC)	Titrimétrie avec acide sulfurique	Burette de titration
Dureté	Titrimétrie à l'EDTA	Burette de titration
calcium	Titrimétrie à l'EDTA	Burette de titration
magnésium	Titrimétrie à l'EDTA	Burette de titration
chlorure	Titrimétrie au nitrate d'Argent	Burette de titration
Ammonium	Spectrophotométrie à UV	Spectrophotomètre DR6000
nitrite	Spectrophotométrie à UV	Spectrophotomètre DR6000
Nitrate	Spectrophotométrie à UV	Spectrophotomètre DR6000
Phosphates	Spectrophotométrie à UV	Spectrophotomètre DR6000
Sulfates	Spectrophotométrie à UV	Spectrophotomètre DR6000
sodium	Spectrophotométrie d'émission à flamme	Photomètre à flamme 410
potassium	Spectrophotométrie d'émission à flamme	Photomètre à flamme 410
Fer	Spectrophotométrie à UV	Spectrophotomètre DR6000
Matière Organique	Méthode à chaud en milieu Acide.	Burette de titration

3. Analyses physicochimiques

3.1. pH

La mesure du pH est effectuée à l'aide d'un pH-mètre électronique relié à une électrode en verre (Figure 5). Nous avons étalonné l'appareil en utilisant une solution tampon de pH égale à 4 (acide), 7 (neutre) et 10 (basique). Ensuite, nous avons plongé l'électrode dans le flacon contenant l'échantillon à analyser. Nous avons enregistré la valeur affichée sur l'écran de l'appareil après sa stabilisation.



Figure 5 : pH-mètre (Photo originale 2022)

3.2. Mesure de la température

Nous avons évalué la température de l'échantillon prélevé sur site à l'aide d'un thermomètre associé à une électrode en verre (Figure 6). Après une immersion de 10 minutes, nous avons enregistré la valeur affichée sur l'écran de l'appareil en degré Celsius (°C).



Figure 6 : Thermomètre (Photo originale 2022)

3.3. Mesure de la turbidité

La turbidité est mesurée à l'aide d'un turbidimètre (Figure 7), après avoir étalonné l'appareil avec une cuve contenant une solution témoin. Nous avons introduit notre échantillon dans une cuve en verre bien nettoyée et bien séchée, que nous avons ensuite placée dans l'appareil. La mesure est effectuée en laissant l'appareil se stabiliser. Les résultats sont exprimés en unité de turbidité néphalométrique (NTU).



Figure 7 : Turbidimètre (Photo originale 2022)

3.4. Mesure de la Conductivité

La mesure de la conductivité est réalisée à l'aide d'un conductivimètre lié à une électrode (Figure 8). Nous avons étalonné l'appareil avec la solution tampon puis on a immergé l'électrode dans le bécher d'eau à analyser et nous avons enregistré le résultat affiché sur l'écran de l'appareil en $\mu\text{S}/\text{cm}$.



Figure 8: Conductivimètre (Photo originale 2022)

4. Analyse de la minéralisation globale

4.1. Dosage de l'alcalinité

➤ Principe

La méthode consiste à déterminer l'alcalinité (Figure 9) 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-}) ;
- ✓ 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 d'une solution alcoolique de phénophtaléine (0.5%).

4.1.1. Dosage du titre alcalimétrique (TA)

Dans un erlenmeyer de 250 ml, nous avons versé 100 ml d'échantillon puis nous avons ajouté 1 à 2 gouttes de la solution phénophtaléine qui a donné une couleur rose (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).

Nous avons enregistré le volume de l'acide sulfurique versé qui est l'équivalent de la concentration des carbonates en mg/l de notre échantillon.

4.1.2. Dosage du titre alcalimétrique complet (TAC)

Le dosage du titre alcalimétrique complet succède à celle de TA, nous avons utilisé le même échantillon traité précédemment auquel on ajoute 2 gouttes de solution de méthyle orange, une couleur orange se manifeste, nous avons ensuite titré avec le même acide sulfurique jusqu'au virage de la couleur orange au jaune orangé ou le pH de la solution pH est de 4.3. La concentration des bicarbonates est l'équivalent du volume versé de l'acide sulfurique en mg/l.



Figure 9 : Dosage de l'alcalinité (Photo originale 2022)

4.2. Dosage de la dureté Total

Dans un erlenmeyer de 250 ml, à l'aide d'une pipette, nous avons introduit 50 ml de l'échantillon, puis nous avons ajouté 4 ml de la solution tampon et 2 à 3 gouttes de l'indicateur coloré noir eriochrome, une couleur violet-rose se manifeste, ensuite nous avons titré avec la solution d'EDTA (Figure 10) jusqu'au virage de la couleur rose-violacé à la couleur bleu et on note le volume de la solution d'EDTA versée.

4.3. Dosage des ions calcium et magnésium

4.3.1. Dosage des ions calcium

Dans un erlenmeyer de 250 ml, à l'aide d'une pipette nous avons introduit 50 ml de l'échantillon (Figure 10), puis nous avons ajouté 2 ml du fixateur de l'hydroxyde de sodium (NaOH) et on agite, on rajoute 0.2 g de l'indicateur colorimétrique le murexide (HSN) et on agite, une couleur rose se manifeste ensuite on titre avec la solution d'EDTA, tout en agitions jusqu'au virage de la couleur rose à la couleur bleu. La quantité de l'EDTA versée égale à la concentration de calcium présente dans l'échantillon. Nous l'avons notée en mg/l.

4.3.2. Dosage des ions Magnésium

Connaissant la dureté totale d'une part et la dureté calcique d'autre part, par différence on calcule la dureté magnésienne, qui est donnée par la formule suivante :

$$C_{Mg} \text{ (mg/l)} = C_{(Ca+Mg)} - C_{Ca}$$

- C_{Mg} : teneur en magnésium en (mg/l).

- $C_{(Ca+Mg)}$: teneur gelable en calcium et magnésium TH.
 C_{Ca} : teneur en calcium.

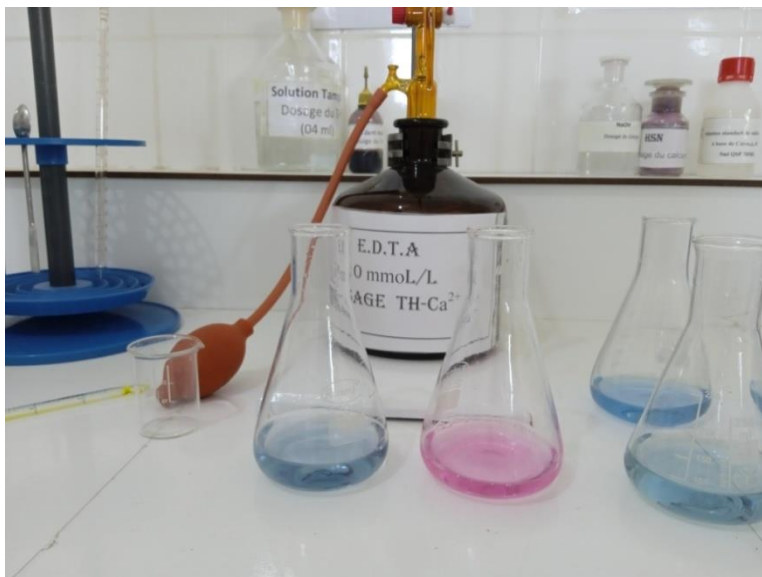


Figure 10 : Dosage de calcium magnésium et dureté total
(Photo originale 2022)

4.4. Dosage des chlorures

Dans un erlenmeyer de 250 ml, nous avons introduit 100 ml de l'échantillon puis nous avons ajouté 1 ml de chromate de potassium (K_2CrO_4) à 100 g/l et on agite, une couleur jaune se manifeste ensuite on titre avec la solution de nitrite d'argent ($AgNO_3$) à 0.02 mol/l de concentration, jus qu'au virage de la couleur jaune au rouge brique (Figure 11). Le volume de nitrite d'argent versé est l'équivalent de la concentration des chlorures présent dans la solution titré en mg/l.



Figure 11 : dosage des chlorures
(Photo originale 2022)

4.5. Dosage du sodium potassium

➤ Préparation de l'essai à blanc

Pour l'étalonnage de l'appareil, nous avons pesé 2,54 g de chlorure de sodium (NaCl) et on l'a dissout dans l'eau distillée et on a ajusté à un litre, cette solution à une concentration de 1000 mg/l de sodium puis nous avons procédé à sa conservation. A partir de cette solution mère nous avons préparé une solution de 10 mg/l qui va servir de l'essai à blanc et la faire passer au spectrophotomètre à flamme trois fois.

4.5.1 Sodium

Nous avons passé notre bécher contenant notre échantillon à analyser au spectrophotomètre à flamme (Figure 12), la valeur du potassium s'affiche sur l'écran de l'appareil en mg/l. Dans le cas où cette valeur dépasse les 10 mg/l, nous procédons à la dilution de la concentration est donc le résultat obtenu après la lecture est multipliée par le facteur de dilution.

4.5.2 Potassium

Nous avons procédé les mêmes étapes que celles du sodium pour le dosage du potassium, sauf pour l'étalonnage de l'appareil, nous avons utilisé la solution des chlorures de potassium.



Figure 12 : Spectrophotomètre à flamme
(Photo original 2022)

5. Dosage des paramètres de pollution

5.1. Ammonium

Dans une fiole jaugée de 50 ml, nous avons introduit 40ml de l'eau de source auquel nous avons rajouté 4 ml de réactif coloré qui donne une couleur jaune, nous avons rajouté 4ml de dichloroisocyanurate de sodium et 2 ml de l'eau distillée, on laisse réagir pendant 1 heure. En cas de présence d'ammonium, la couleur jaune devient verte. Nous avons placé la cuve qui possède l'échantillon contenant l'ammonium dans le spectrophotomètre à UV (Figure 13) déjà étalonné avec de l'eau distillée, et nous avons enregistré la valeur affichée sur l'écran de l'appareil en mg/l.

5.2. Nitrite (NO_2^-)

Dans une fiole jaugée de 50 ml, nous avons introduit 40 ml de l'échantillon auquel on rajoute 1ml de réactif mixte pour le dosage des nitrites, ensuite on laisse réagir pendant 15 minutes.

L'apparition d'une couleur rose indique la présence des NO_2^- . Nous avons placé la cuve contenant l'échantillon dans le spectrophotomètre à UV (Figure 13) que nous avons étalonné auparavant avec de l'eau distillé, ensuite nous avons noté la valeur affichée sur l'écran de l'appareil en mg/l.

5.3. Nitrate (NO_3^-)

Dans une fiole jaugée de 50 ml nous avons introduit 35 ml du mélange d'acide sulfurique et phosphorique auquel nous avons rajouté 05 ml de l'échantillon d'eau, ensuite nous avons ajoute 05 ml de diméthyle-2,6 phénol puis nous avons agité circulairement, laisser réagir la solution de 10 à 60 minutes. Après l'étalonnage du spectrophotomètre à UV (Figure13) nous avons placé la cuve en verre contenant la solution à analyser puis nous avons obtenu la concentration en azotes nitrates (N-NO_3^-) à une longueur d'onde de 324 nm. Nous avons obtenue la concentration en nitrate en multipliant la valeur trouvée fois 4.427 (constante) qui donne la valeur finale en mg/l.

5.4. Phosphates (PO_4^{3-})

Dans une fiole jaugée de 50 ml, nous avons versé 40 ml de l'échantillon d'eau à analyser, puis nous avons rajouté 2 réactifs ; 1 ml de l'acide ascorbique et 1 ml de mélange de phosphate, ensuite nous l'avons mélangé et laisser réagir pendant 10 minutes, après le temps de contact, l'apparition d'une couleur bleue indique la présence du phosphate.

Pour la lecture du résultat, nous avons utilisé un spectrophotomètre à UV (Figure 13) que nous avons déjà étalonné avec une solution d'ortho-phosphate et dont nous avons placé une cuve en verre contenant la solution à analyser, ensuite nous avons enregistré la valeur affichée en mg/l sur l'écran de l'appareil.



Figure 13 : Spectrophotomètre à UV
(Photo originale 2022).

5.5. Dosage de la Matière organique (MO à 105°C)

Dans un erlenmeyer de 250 ml, nous avons introduit 100 ml de l'échantillon d'eau de source auquel nous avons rajouté 20 ml de l'acide sulfurique, nous l'avons mis sur une plaque chauffante et porté à ébullition (Figure 14), ensuite nous avons ajouté 20 ml de permanganates du potassium (2 mmol/l), porté à 10 minute d'ébullition, nous avons rajouté 20 ml de la solution fille (5 ml de la solution mère ;oxalate de sodium et 45 ml de l'eau distillée), pour faire la décoloration, nous l'avons retiré de la plaque chauffante et le posé sur l'agitateur. Nous avons titré la solution, pendant qu'elle est encore chaude, avec la solution du permanganate de potassium (KMnO_4) jusqu'à l'apparition d'une couleur rose pâle qui indique l'oxydation complète de la matière organique. La quantité du KMnO_4 versée désigne le taux de la matière organique en mg/l présent dans l'échantillon analysé.



Figure 14 : Dosage de la matière organique
(Photo originale 2022)

6. Dosage d'un paramètre indésirable

6.1 Fer

Dans une fiole jaugée de 100 ml, nous avons introduit 50 ml de l'échantillon d'eau auquel nous avons rajouté 1 ml du chlorhydrate hydroxylamine, 2 ml du Solution tampon acétate et 2 ml de phénanthroline-1.10, puis laissé un temps de contact de 15 min à l'obscurité.

Nous avons utilisé un spectrophotomètre à UV étalonnée avec l'eau distillée pour la mesure de l'absorbance qui indique la concentration du fer en mg/l présente dans l'échantillon d'eau de source.

7. Dénombrement des bactéries

7.1. Dénombrement des coliformes et coliformes thermo tolérants (*Escherichia coli*) et les streptocoques fécaux.

7.1.1 Méthode en milieu liquide par détermination du nombre le plus probable (NPP)

Cette méthode peut être appliquée à tous les types d'eaux, notamment lorsqu'il s'agit de grandes quantités de matières en suspension et une charge bactérienne très élevée (eaux souterraines, eaux brutes, eaux troubles).

➤ Principe

Cette méthode consiste en la recherche et le dénombrement des coliformes totaux et coliformes,-thermo-tolérants (*E. coli*) dans le milieu de bouillon lactosé au pourpre bromocresol (BCPL) simple concentré et double concentré et la recherche des streptocoques fécaux dans le milieu Roth, simple concentré et double concentré dans l'eau de source à analyser, en milieu liquide par la technique du nombre le plus probable (NPP).

7.1.2. Mode opératoire

La recherche d'*Escherichia Coli*, les coliformes et les streptocoques fécaux se fait en deux étapes consécutives :

- Test de présomption
- Test de confirmation pour les tubes positifs.

7.2. Test de présomption pour *E. Coli* et coliformes totaux

A partir de l'eau à analyser nous avonsensemencé aseptiquement une série de 9 tubes contenant le milieu (BCPL) avec cloche de Durham, dont 3 tubes de 10 ml de BCPL double concentration diluée avec 10 ml de l'eau ; 3 tubes de 10 ml BCPL simple concentration diluée avec 1 ml d'eau ; 3 tubes de 10 ml BCPL simple concentration diluée avec 0,1 ml d'eau.

Ensuite nous avons chassé l'air éventuellement présent dans les cloches de Durham et bien mélangé le milieu (Figure 15). Nous avons incubé les tubes à 37° C pendant 24 heures.

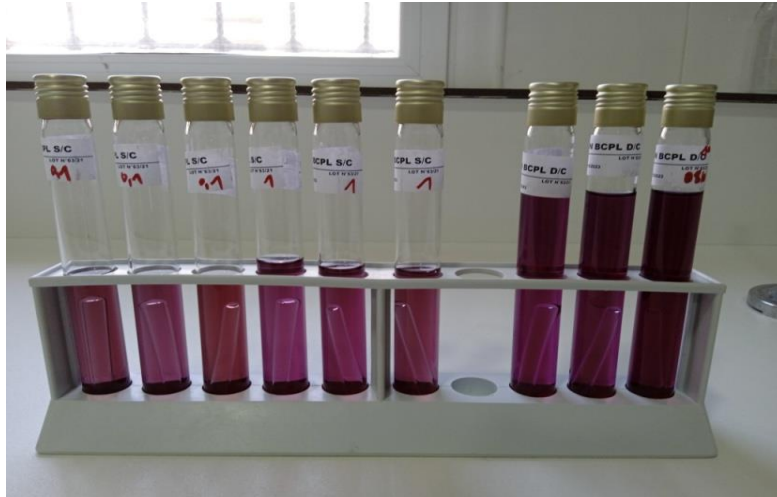


Figure 15 : Milieu BCPL (Photo originale 2022)

➤ **Lecture du test de présomption**

Après 24 heures d'incubation les tubes ne présentent aucun changement de couleur ou dégagement de gaz (supérieur au 1/10^{ème} de la cloche) ni trouble microbien, ceci indique l'absence des coliformes totaux et *E. coli* dans l'eau de notre source.

7.3. Test de présomption pour les streptocoques fécaux

A partir de l'eau de source échantillonné nous avonsensemencé aseptiquement une série de 9 tubes contenant le milieu Roth (Figure 16) dont 3 tubes de 10 ml Roth double concentration diluée avec 10 ml de l'eau ; 3 tubes de 10 ml ROTH simple concentration diluée avec 1 ml d'eau ; 3 tubes de 10 ml Roth simple concentration diluée avec 0,1ml d'eau.

Ensuite nous avons homogénéisé et agité le contenu des tubes et on les a incubés à 37 °C pendant 24 heures.

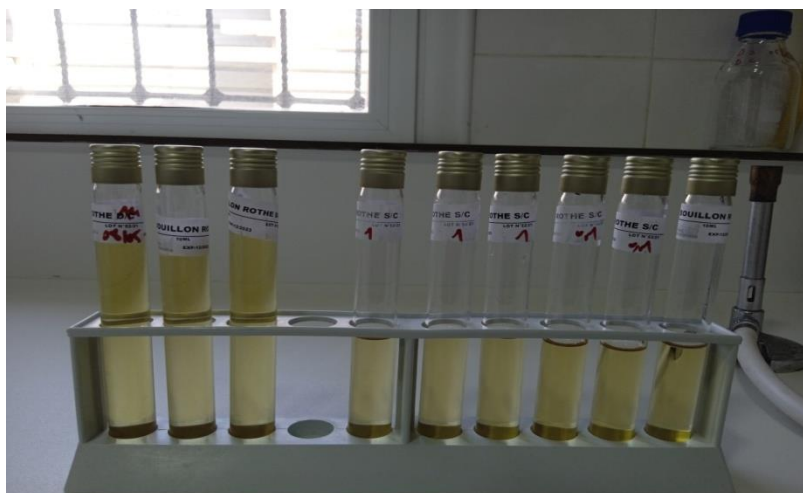


Figure 16 : Milieu Roth (photo originale 2022)

➤ **Lecture de test de présomption**

Après 24 heures d'incubation, les tubes ne présentent pas de troubles microbiens, ceci indique l'absence des streptocoques fécaux dans l'eau de notre source.

Chapitre III

Résultats et discussion

1. Résultats des analyses organoleptiques

1.1. Couleur

L'eau de la source est toujours limpide durant la période d'étude, ceci peut être expliqué par l'absence des substances dissoutes dans l'eau comme les ions métalliques, fer ferreux (Fe^{2+}) et le fer ferrique (Fe^{3+})

1.2. Odeur

L'eau de la source est inodore, ce qui indique probablement l'absence de matière organique en décomposition ou source de pollution.

2. Résultats des analyses physicochimiques

2.1. pH

La valeur enregistrée du pH (Figure 17) montre que l'eau de la source a un pH presque neutre (7.23-7.29) pour les deux saisons. Il se situe dans la fourchette des normes de potabilité algérienne. Nos résultats concordent avec les travaux de Ait Abdelaziz et Benhamlat (2016) qui ont enregistré une valeur de 7.5 dans l'eau de source Abi Youcef dans leur étude sur les paramètres physico-chimiques et bactériologiques de trois sources d'eau de trois communes Abi-Youcef, Yakourene et Bouzeguene dans la région de Tizi-Ouzou et avec ceux de l'étude de Amichi et Amiri (2020) sur les paramètres physicochimiques et bactériologiques de l'eau de la source Thabout, Tizi-Ouzou d'une valeur de 7.2.

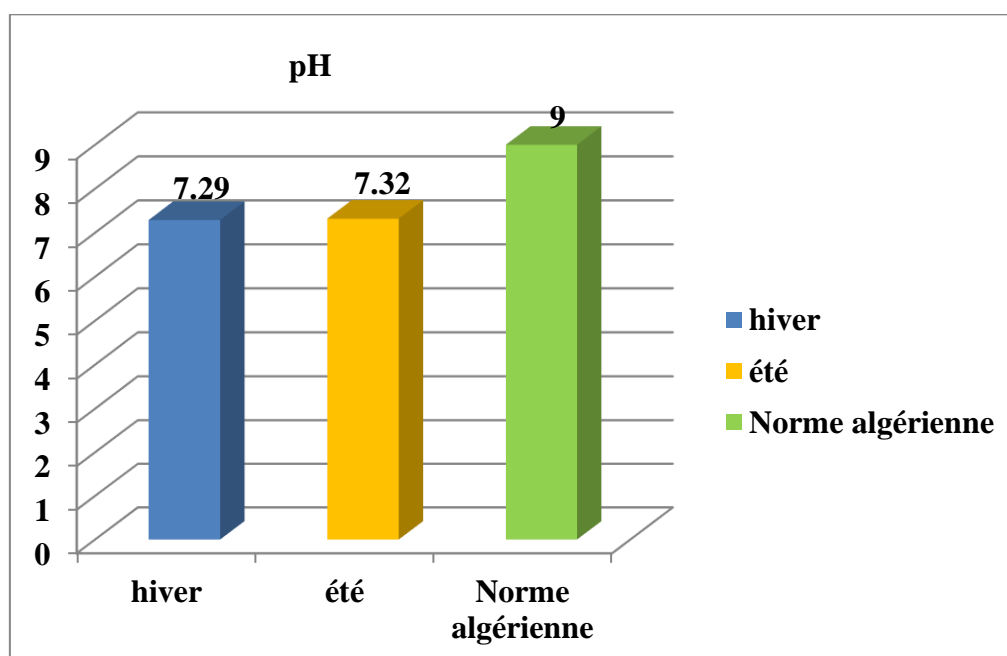


Figure 17 : Variation du pH entre les deux saisons hiver et été de la source Aghbalou pour l'année 2022

2.2. Conductivité

La valeur de la conductivité enregistrée (Figure 18) est relativement élevée, elle est comprise entre 973 et 971 $\mu\text{s}/\text{cm}$, cela permet de déduire que l'eau de cette source est une eau à minéralisation importante selon la classification de Rodier et *al* (2009). Toutefois les valeurs enregistrées correspondent aux normes algériennes fixées à 2800 $\mu\text{s}/\text{cm}$.

Nos résultats correspondent avec ceux de Ouhamouche et Zane (2021) qui varient entre 941 et 990 $\mu\text{s}/\text{cm}$ pour la source Ait Naim (période d'été 2019, 2020, 2021) dans leur étude des paramètres physico-chimiques et bactériologiques des eaux de trois sources Thianserine (Ouacif), Thala Bouada (Bouzeguene) et Ait Naïm (Azeffoune) dans la région de Tizi-Ouzou. Nos résultats sont à l'opposé des résultats de Bidi et Djidja (2020) de la source l'Ainser T'kechits qui ont effectué l'étude des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'eau d'une source au niveau de la commune de Mizrana, Tizi-Ouzou (résultats varient entre 299 et 303 $\mu\text{s}/\text{cm}$).

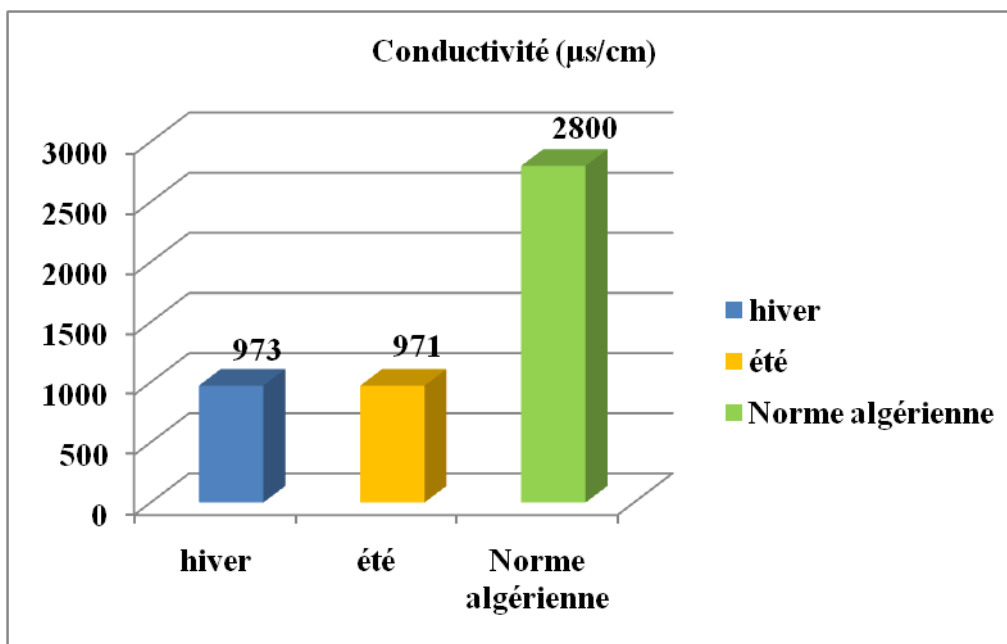


Figure 18 : Variation de la conductivité entre les deux saisons hiver et été de la source Aghbalou pour l'année (2022).

2.3. Températures

Les valeurs des températures oscillent entre 16 °C pour l'hiver et 23.70 °C pour l'été (Figure 19). Ces températures sont proches de la température ambiante et indiquent une origine peu profonde de l'eau étudiée. Les valeurs enregistrées sont conformes à la norme algérienne qui est de 25°C. Nos résultats concordent avec ceux de Aouissi et Houhamdi (2014) dans leur étude de la qualité de l'eau de quelques sources et puits dans les communes de Belkheir et Boumahra Ahmed Wilaya de Guelma (résultats varient entre 11 et 22 °C, sur une période d'échantillonnage allant de septembre à juin).

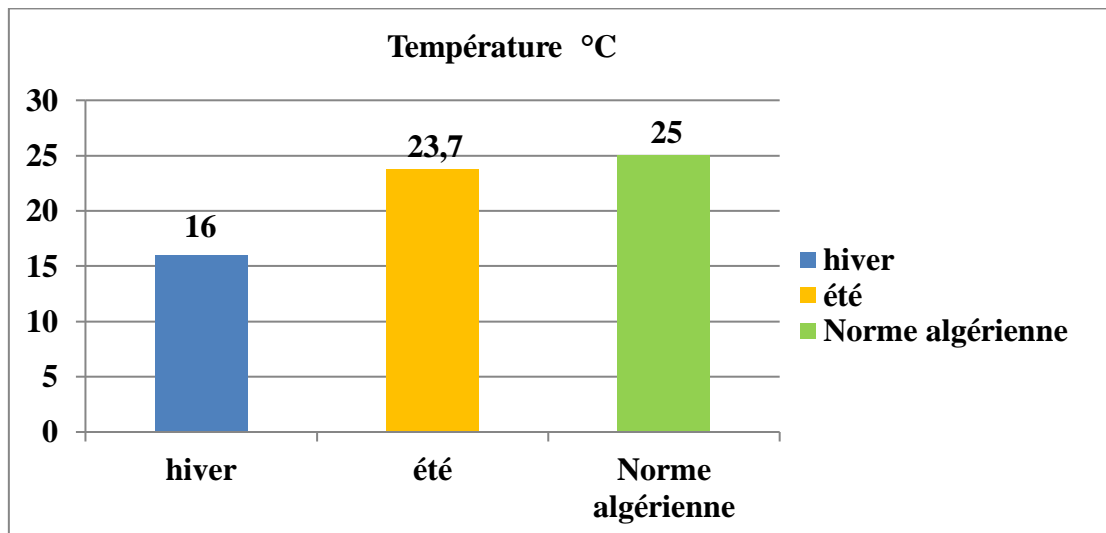


Figure 19 : Variation de la température entre les deux saisons hiver et été de la source Aghbalou pour l'année 2022

2.4. Turbidité

Selon la norme algérienne qui fixe la turbidité à 5 NTU, l'eau de la source a une faible turbidité sur les deux périodes d'échantillonnage les valeurs varient entre 0.35 et 0.5 (Figure 20).

Une légère différence entre les deux saisons, cette différence est due probablement à la décantation des matières en suspension des particules charriées par les pluies juste avant la période d'échantillonnage.

Nos résultats corroborent avec la valeur de l'eau de source de Thala-Athmane qui est de 0.29 NTU, dans l'étude de Iltache (2015) sur les paramètres physicochimiques et bactériologiques de trois sources d'eau de deux communes Thala Athmane et Yakourene, Tizi-Ouzou.

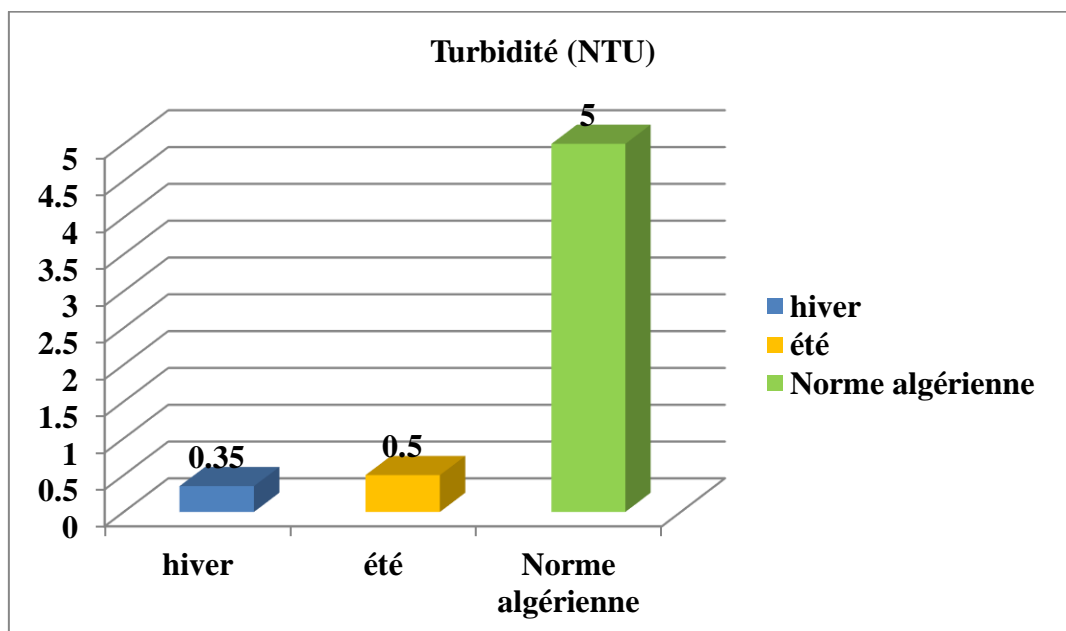


Figure 20 : Valeurs de la turbidité entre les deux saisons hiver et été de la source Aghbalou pour l'année 2022

3. Résultats des paramètres de minéralisation globale

3.1. Alcalinité

3.1.1. Titre alcalimétrique (TA)

D'après la figure 21, les valeurs des bicarbonates enregistrée sont élevées pendant la période d'échantillonnage cela peut s'expliquer par la nature des terrains traversés, et la présence du carbonate de calcium et de magnésium dans l'eau. Les normes algériennes ne fixent aucune valeur pour ce paramètre, puisque, quel que soit les teneurs en bicarbonate dans les eaux de consommation, la potabilité n'est pas affectée. Nos résultats sont proches des valeurs enregistrés par l'étude de Houmel (2017) pour la source de Thala Toulmouts (les résultats varient entre 403.09 et 424.56 mg/l) dans son étude des paramètres physicochimiques et bactériologiques sur deux périodes d'échantillonnage de deux sources d'eau au niveau de deux communes Tizi-Rached (Thala Toulmouts et Ait Toudert (Thala Oumazar), Tizi-Ouzou.

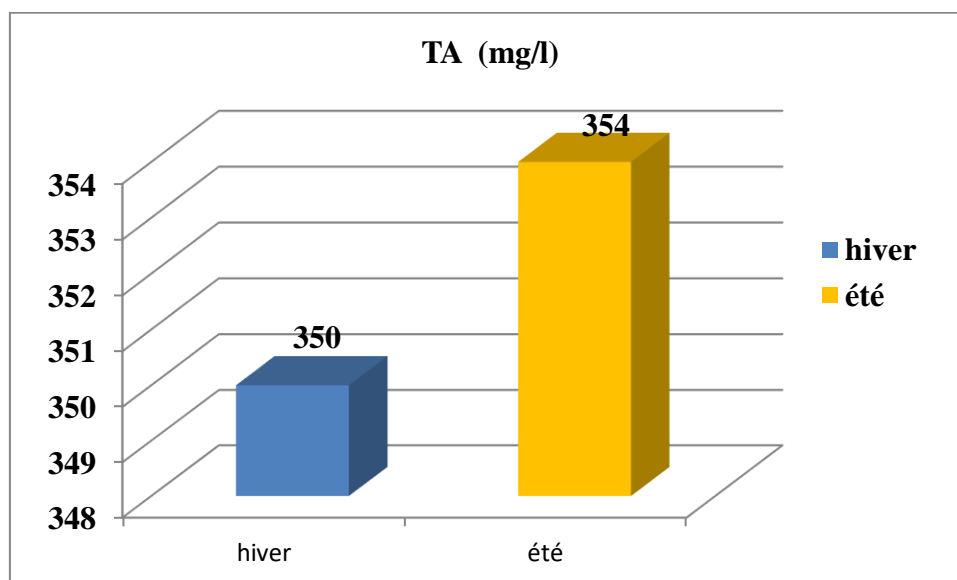


Figure 21: Variation de titre alcalimétrique entre les deux saisons hiver et été de la source Aghbalou pour l'année (2022).

3.1.2. Titre alcalimétrique complet (TAC)

Les valeurs enregistrées montrent que les teneurs de TAC (Figure 22) sont relativement élevées qui sont de 290 mg/l en CaCO_3 durant les deux saisons été et hiver, cela peut s'expliquer par l'augmentation des concentrations des ions calcium et magnésium. Nos résultats concordent avec les travaux de Houmel (2017) qui varient entre 246 et 384 mg/l en CaCO_3 . Les résultats obtenus répondent aux normes indiquées par la réglementation algérienne (100 à 350 mg/l de CaCO_3).

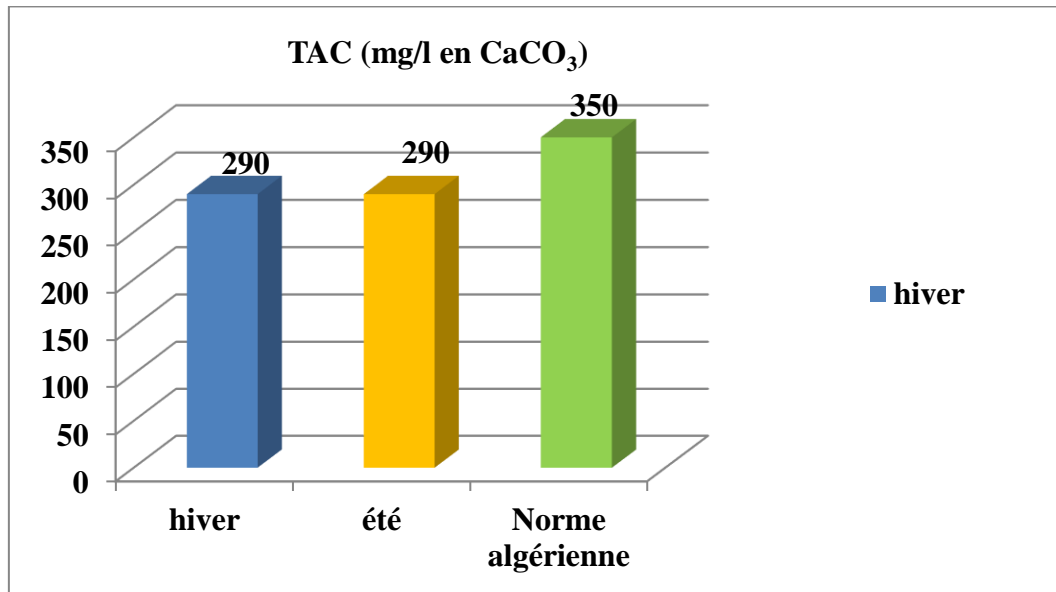


Figure 22 : Variation de titre alcalimétrique complet entre les deux saisons hiver et été de la source Aghbalou pour l'année 2022

3.2. Dureté total (TH)

La dureté totale enregistrée (Figure 23) varie entre 412 mg/l en CaCO₃ pour l'hiver et 424 mg/l en CaCO₃ pour l'été, ce qui la qualifie d'une eau très dure selon la classification de Rodier et *al* (2009). Les résultats obtenus répondent aux normes indiquées par la réglementation algérienne (500 mg/l de CaCO₃), donc elles sont conformes aux critères de potabilité de l'eau de boisson. Nos résultats sont proches avec ceux de Houmel (2017) valeurs comprises entre 362 et 384 mg/l de CaCO₃.

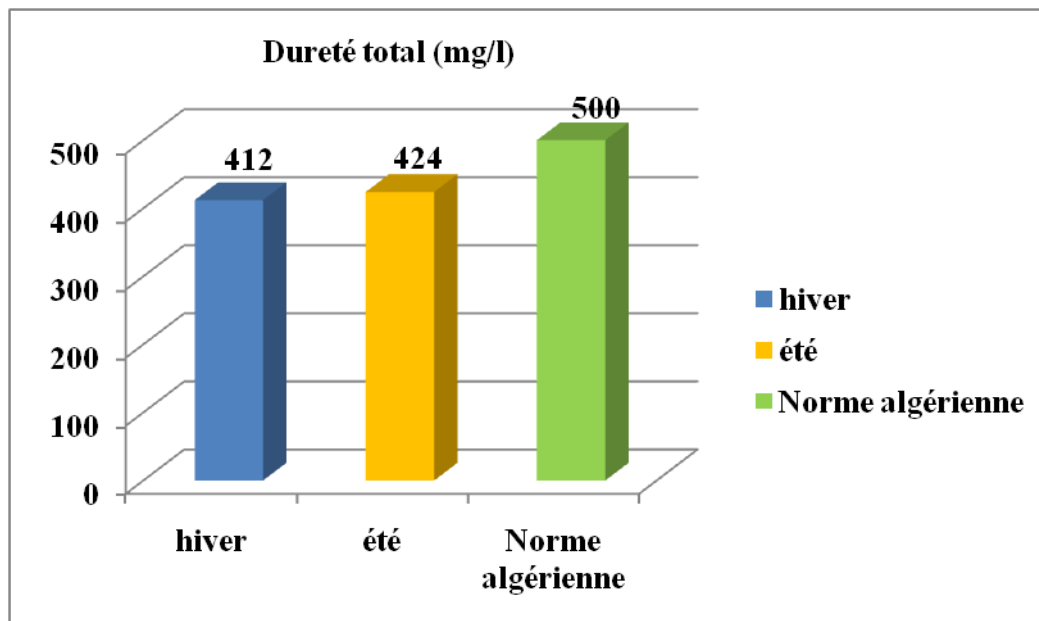


Figure 23 : Variation de la dureté totale entre les deux saisons hiver et été de la source Aghbalou pour l'année 2022

3.3. Dureté calcique et la dureté magnésienne

3.3.1. Dureté calcique (Calcium Ca^{2+})

D'après la figure 24, nous remarquons que la source d'eau Aghbalou est riche en calcium avec une concentration de 120 mg/l CaCO_3 en hiver et 122 mg/l CaCO_3 en été ce qui montre une certaine stabilité du calcium entre les deux périodes. La présence de cet élément dans les eaux de la source a pour origine la dissolution des formations carbonatés et gypseuses (Aouissi et Houhamdi, 2014). Ces valeurs enregistrées ne dépassent pas la norme algérienne de potabilité qui est fixée à 200 mg/l CaCO_3 . Les deux périodes d'échantillonnages ne présentent aucun effet sur la variation de cet élément. Nos résultats concordent avec ceux de la source Thala Toulmouts, commune de Tizi-Rached qui varient entre 124,25 et 121,84 mg/l CaCO_3 dans l'étude de Houmel (2017).

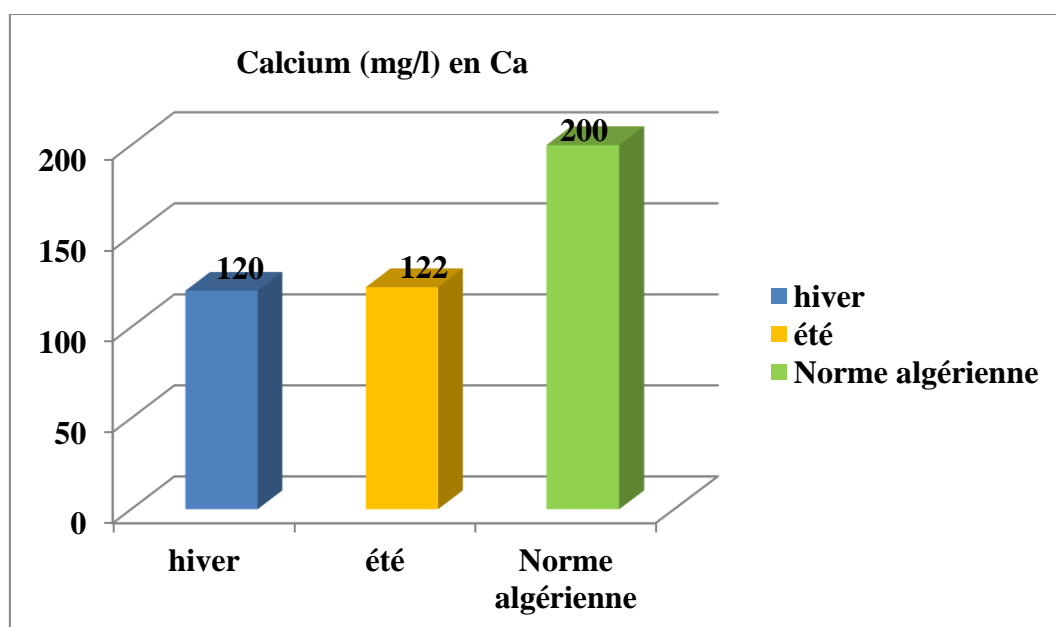


Figure 24 : Variations de la dureté calcique sur les deux saisons hiver et été de la source Aghbalou pour l'année 2022

3.3.2. Dureté magnésienne (Magnésium Mg^{2+})

Les résultats montrent que la teneur du magnésium obtenue en hiver est légèrement inférieure à celle de l'été (Figure 25), respectivement 27 et 29 mg/l. Les valeurs obtenues sont conformes aux normes algériennes qui fixent le taux de Mg^{+2} à des valeurs inférieures à 50 mg/l.

Nos résultats concordent avec celle de la source Ainser Akdhim du Thala Athmane, qui est de 24 mg/l CaCO_3 dans l'étude de Iltache (2015).

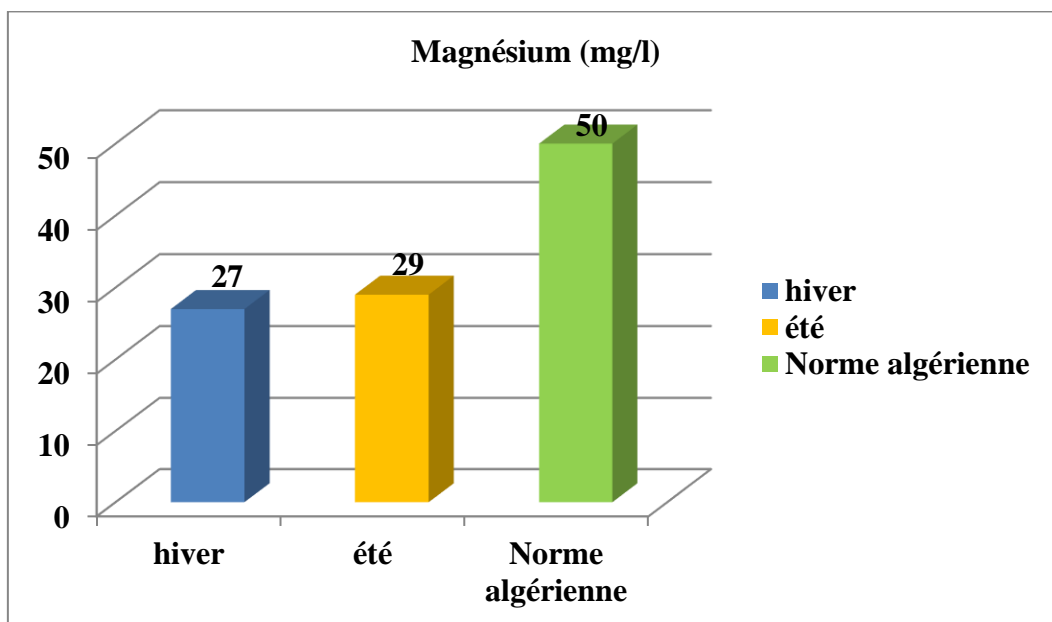


Figure 25: Variations de la dureté magnésienne sur les deux saisons hiver et été de la source Aghbalou pour l'année 2022

3.4. Sodium (Na^+)

Les résultats (Figure 26) montrent que le taux de sodium en hiver est inférieur par rapport à celui d'été (respectivement 40 et 52 mg/l), cette différence peut être expliquée par la dilution des concentrations de sodium par les eaux pluviales. Les concentrations obtenues sont conformes aux normes exigées par la réglementation algérienne qui est de 200 mg/l.

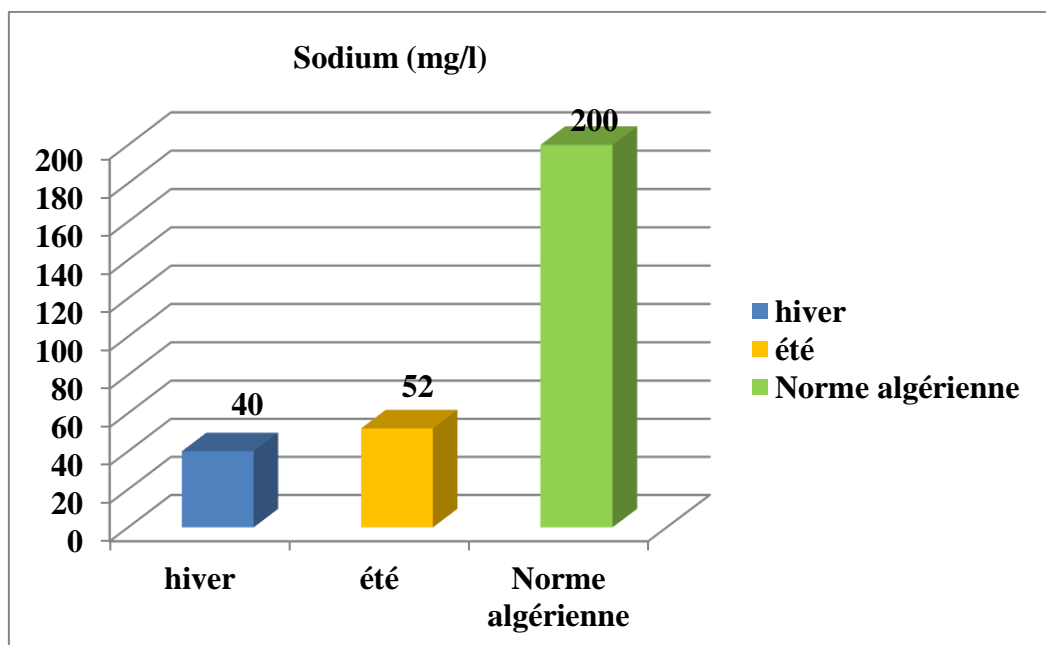


Figure 26: les variations de sodium sur les deux saisons hiver et été de la source Aghbalou pour l'année 2022

3.5. Potassium (K^+)

Les résultats (Figure 27) montrent que le taux de potassium enregistré est très faible (1 et 2 mg/l), ces résultats sont inférieures aux valeurs limites admissibles recommandés par la réglementation algérienne (12 mg/l), les eaux potables à faible dose de potassium ne présentent pas de risque significatif sur la santé humaine et les besoins de l'organisme sont facilement fournis par l'apport alimentaire.

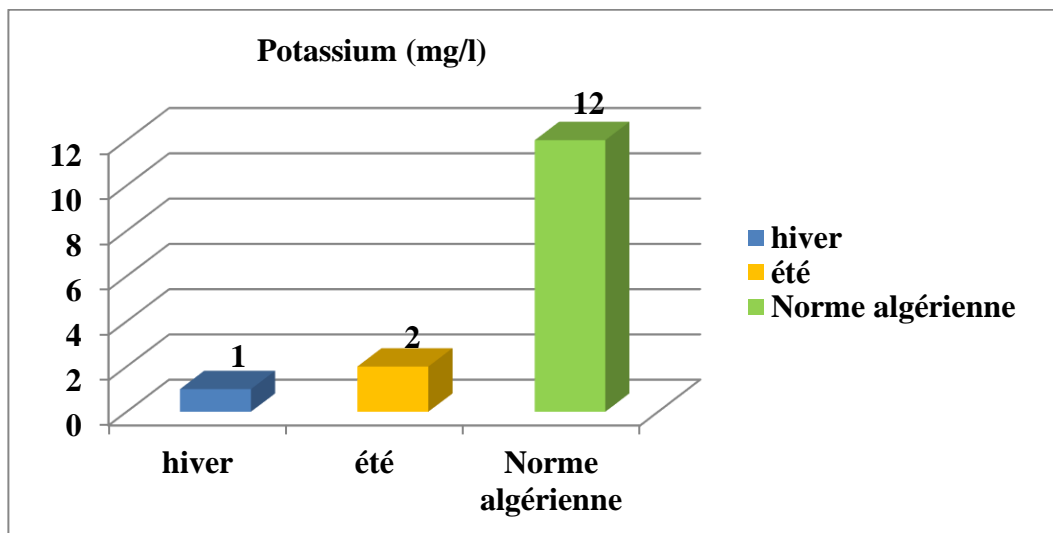


Figure 27 : Variations de potassium sur les deux saisons hiver et été de la source Aghbalou pour l'année 2022

3. 6. Chlorures Cl^-

La réglementation algérienne propose une valeur guide de 200 mg/l et fixe une valeur limite de 500 mg/l. les résultats obtenus (Figure 28) varie de 79 à 85 mg/l pour les deux périodes d'échantillonnage. Ces valeurs enregistrées présentent des teneurs faibles par rapport aux valeurs limites algériennes. Les chlorures interviennent dans la désinfection de l'eau, à teneur élevée ne présentent pas de risque sur la santé à moins qu'elle donne à l'eau un goût désagréable.

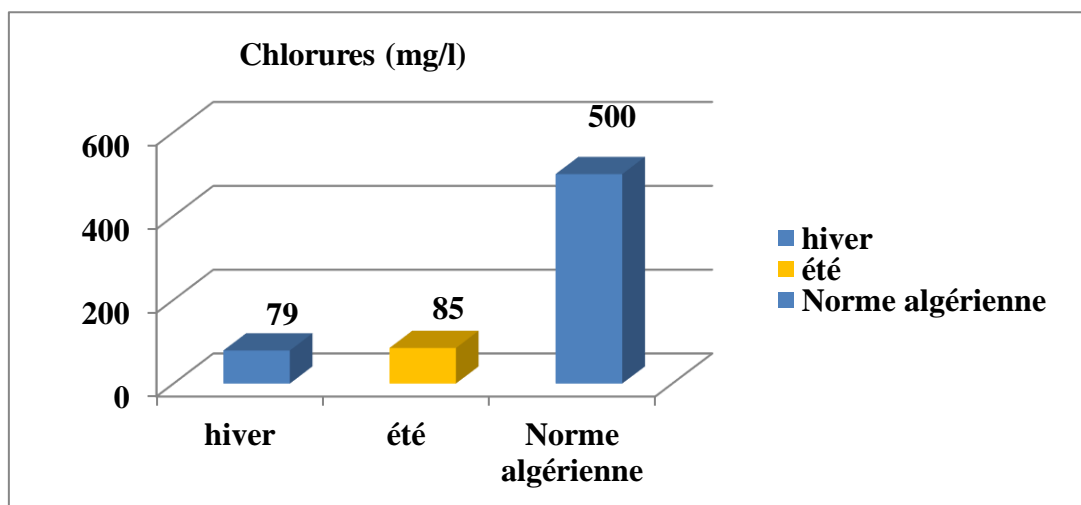


Figure 28 : Variations des chlorures sur les deux saisons hiver et été de la source Aghbalou pour l'année 2022

4. Résultats des paramètres de pollution

4.1. Ammonium (NH_4^+)

D'après la figure 29, nous remarquons l'absence de l'ammonium dans les eaux de notre source (0 mg/l pour les deux saisons). 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 Ouadhias, Tizi-Ouzou (les résultats enregistrés 0 mg/l).

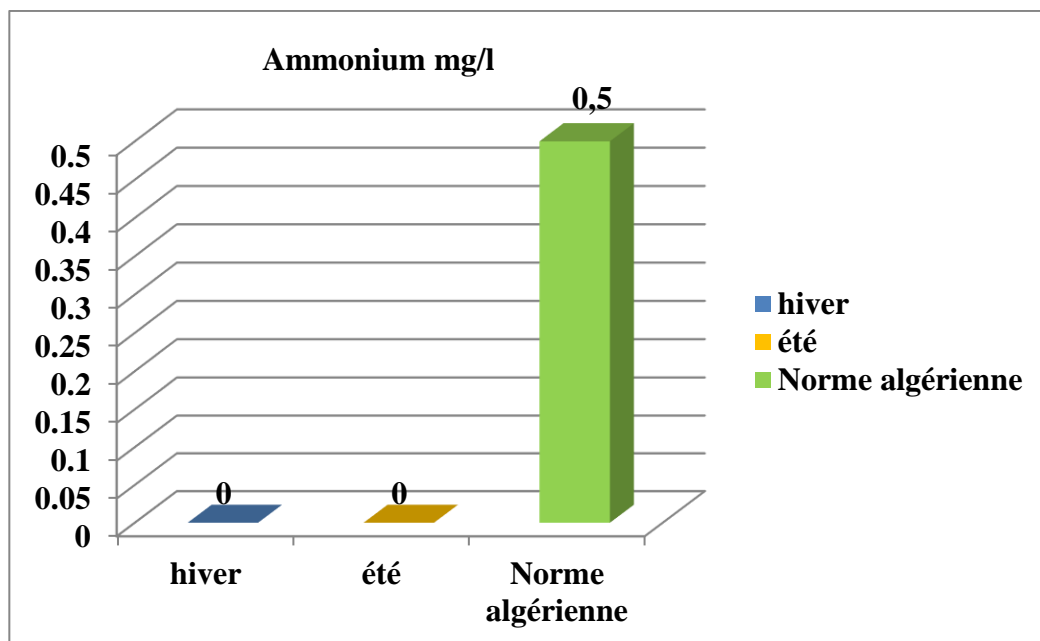


Figure 29 : Variations d'ammonium sur les deux saisons hiver et été de la source Aghbalou pour l'année 2022

4.2. Nitrites (NO_2^-)

D'après la figure 30, nous remarquons l'absence de nitrites dans les échantillons prélevés, la concentration est nulle (0 mg/l) pour les deux saisons. Les valeurs trouvées sont conformes aux valeurs limites admises par la réglementation algérienne qui est 0.2 mg/l.

Nos résultats sont similaires aux résultats de Bessalem et Hassani (2017), Amichi et Amiri (2020), Houmel (2017), Iltache (2015) qui ont tous enregistré des valeurs nulles en nitrites.

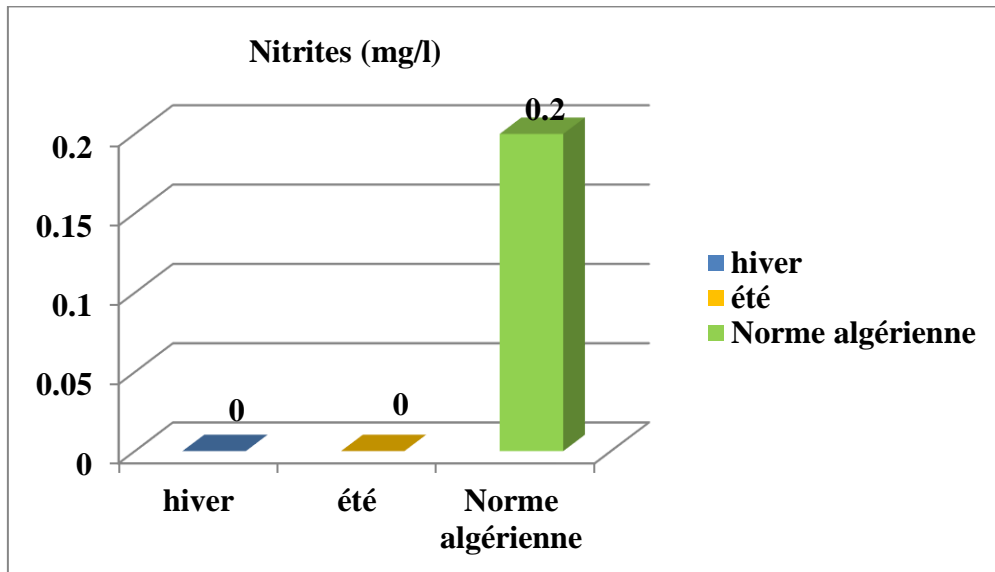


Figure 30 : Variations des Nitrites sur les deux saisons hiver et été de la source Aghbalou pour l'année 2022

4.3. Nitrates (NO_3^-)

Le transport des nitrates dans la source étudié dépend essentiellement des précipitations, de la nature du sol, nous écartons l'apport par les engrais chimiques du fait d'absence des cultures en amont. Les concentrations enregistrées (Figure 31) sont inférieures à la norme décrite par la législation algérienne (50 mg/l) pour les eaux destinées à la consommation humaine.

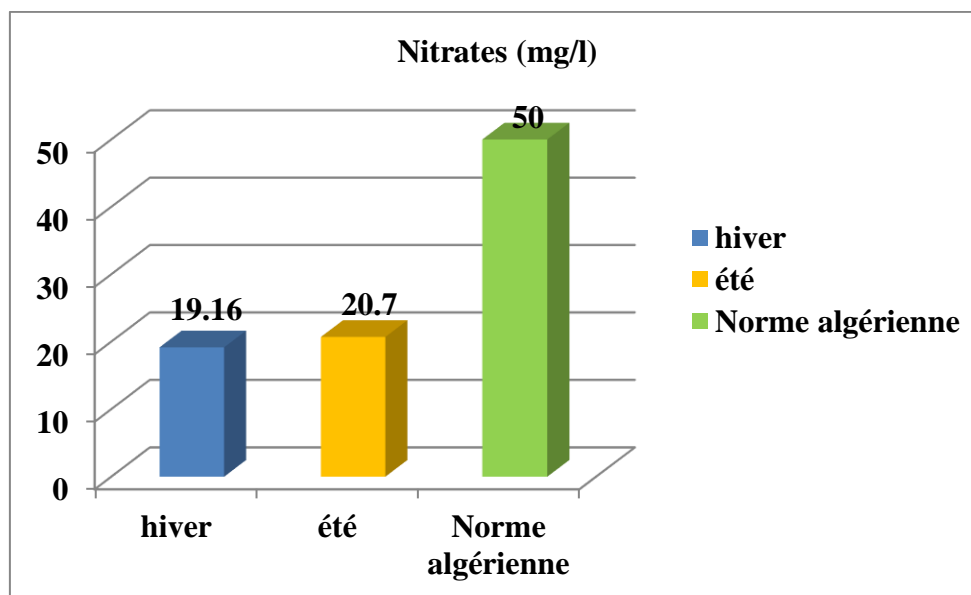


Figure 31 : Variations de Nitrates sur les deux saisons hiver et été de la source Aghbalou pour l'année 2022

4.4. Phosphate

D'après la figure 32, nous remarquons l'absence du phosphore dans l'eau de notre source, la concentration est nulle (0 mg/l) pour les deux saisons, ceci nous renseigne sur l'absence total d'une pollution organiques. Nos résultats sont similaires aux résultats de Houmel (2017) pour la source d'eau Thala Oumazar et d'Ouhamouche et Zane (2020) pour les deux sources d'eau Thala Bouada et Thianserine pendant l'été 2020 et 2021.

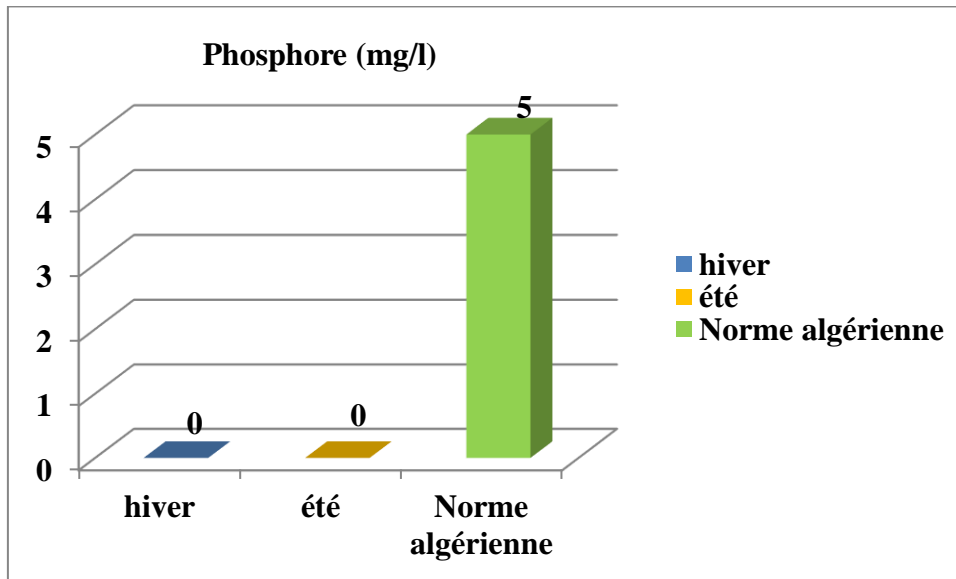


Figure 32 : Variation du phosphore sur les deux saisons hiver et été de la source Aghbalou pour l'année 2022

4.5. Matière organique

Les résultats (Figure33) montrent que les eaux de la source se caractérisent d'une faible concentration en matières organiques, inférieure à 1 mg/l, selon la classification de Rodier (2006), nous qualifiant ces eaux comme des eaux pures. Nos résultats se concordent avec les travaux de Amichi et Amiri (2020) pour la source Thabout, les valeurs enregistrées varient entre 0.02 et 0.04 mg/l.

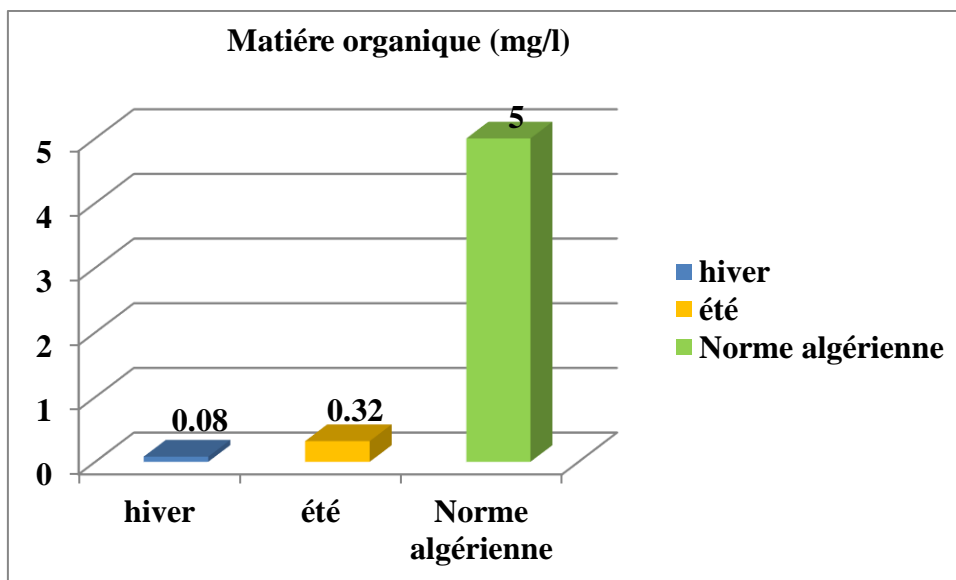


Figure 33 : Variations de M.O sur les deux saisons hiver et été de la source Aghbalou pour l'année 2022

5. Résultat du paramètre indésirable

5.1. Fer total

Les résultats obtenus (Figure 34) montrent que les teneurs en fer de la source étudiées sont de 0.01 mg/l pour les deux saisons. Ces valeurs enregistrées en Fer sont très faibles et conformes à

la limite fixée par la réglementation algérienne (0.3 mg/l). Nos résultats concordent avec ceux enregistrés par Houmel (2017) qui varient entre 0.04 et 0.06 mg/l ainsi que les résultats de Bessalem et Hassani (2017) qui varient entre 0.05 et 0.06 mg/l.

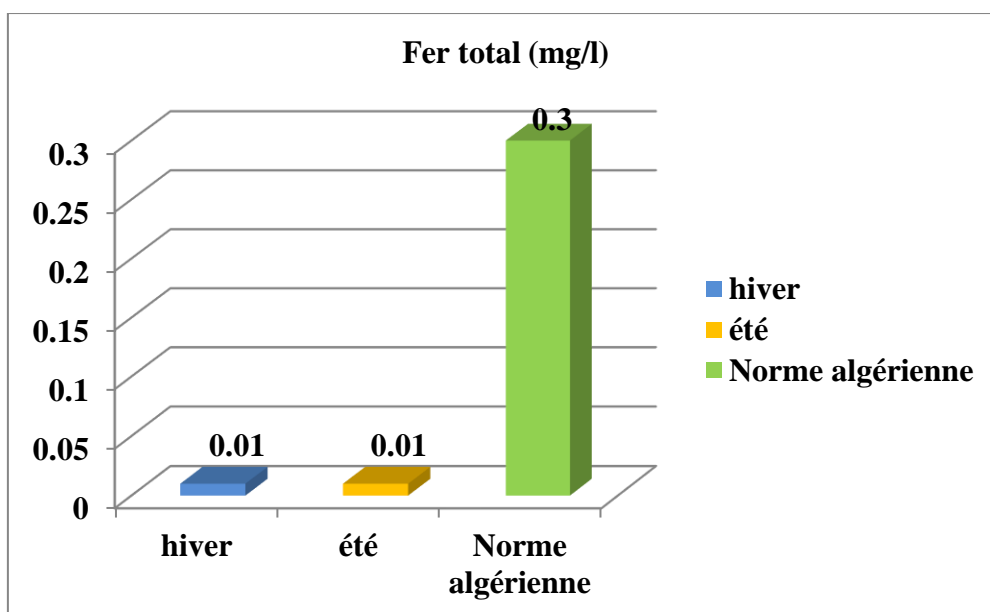


Figure 34 : Variations du Fer total sur les deux saisons hiver et été de la source Aghbalou pour l'année 2022

7. Résultats des analyses bactériologiques

Le tableau 5 représente les résultats des analyses bactériologiques de l'eau de notre source et la norme algérienne (le décret exécutif N°11-125 du 22 mars 2011 relatif à la qualité de l'eau de consommation humaine modifié et complété par le décret exécutif n°14-96 correspondant au 4 mars 2014).

Tableau 5 : Résultats des analyses bactériologiques de la source Aghbalou pour les deux saisons hiver, été, 2020.

Germe / saison	Coliformes totaux (C/100ml)	Streptocoques fécaux (C/100ml)	Escherichia coli (C/100ml)
Hivernale	0	0	0
Estivale	0	0	0
Norme algérienne	0	0	0

7.1. Escherichia Coli

Escherichia Coli est un indicateur d'une pollution fécale, sa présence dans l'eau provient essentiellement, de la matière fécale des mammifères (RODIER et al., 2009).

D'après nos résultats (Tableau 5), nous remarquons que le taux des *E. Coli* est nulle pour les deux périodes d'échantillonnage. Nos résultats concordent avec les travaux de Ouhamouche et Zane (2021) qui révèlent des valeurs nulles (0 C/100 ml) pour les sources Thala Bouada et Ait Naïm ainsi que Thianserine en été 2020 et 2021.

7.2. Coliformes totaux

La présence des coliformes totaux dans l'eau n'indique généralement pas une contamination d'origine fécale, néanmoins certaines souches identifiées peuvent dégrader la qualité bactérienne d'une eau. D'après le tableau 5, nous constatons absence de bactéries coliformes (0 C/100 ml) pour nos deux échantillons. Les travaux réalisés sur la même problématique par Houmel (2017) résultats varient entre 0 et 4 C/100 ml et Bessalem et Hassani (2017) résultats varient entre 2 et 1100 C/100 ml ne sont pas similaires aux nôtres.

7.3. Streptocoques fécaux

Nous avons enregistré (Tableau 5) une valeur nulle (0 C/100ml) de streptocoques fécaux pour les deux périodes d'échantillonnage, 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. Les résultats trouvés par Bessalem et Hassani (2017) varient entre 0 et 195 C/100 ml ne sont pas similaires avec ceux que nous avons trouvés dans notre source.

Conclusion et perspectives

L'objectif de notre étude est l'analyse physico-chimique et bactériologique de la source Aghbalou située dans la commune de Makouda, sur deux périodes d'échantillonnage hivernale et estivale, l'analyse des différents échantillons a permis de tirer les constatations suivantes :

Il ressort de cette étude que sur le plan organoleptique, l'eau de la source est inodore et incolore.

Sur le plan physico-chimique, l'eau de la source présente une minéralisation très élevée, cette minéralisation se traduit par une élévation de la conductivité.

Nous avons marqué une stabilité calcique et magnésienne, ainsi que des teneurs acceptables en sodium et une très faible teneur en potassium (1 à 2 mg/l).

La concentration des chlorures est inférieure aux normes algériennes ce qui rend l'eau de la source vulnérable à une éventuelle pollution par les micro-organismes, les teneurs en fer sont conformes aux normes algériennes.

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

Sur le plan bactériologique, nous avons marqué l'absence des coliformes totaux, *E. Coli* et les streptocoques fécaux ce qui qualifie l'eau de la source de bonne qualité bactériologique.

D'après les résultats des analyses physicochimiques et bactériologiques de l'eau de la source Aghbalou obtenus sur les deux périodes d'échantillonnage pour l'année 2022, 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.

Enfin, nous pouvons annoncer quelques recommandations jugées utiles pour la préservation des eaux de la source :

- Sensibilisation des populations contre les maladies à transmission hydrique et les risques éventuelles ;
- Amélioration des réseaux des eaux usées au niveau des villages ;
- Surveillance et suivie de la qualité physicochimiques et bactériologiques des sources ;
- Contrôle des eaux de sources par la réalisation de plusieurs prélèvements à différentes périodes de l'année ;
- Préservation et protection des eaux de sources contre les pollutions par le respect des périmètres de protection et interdictions des activités polluantes aux alentours.

Références bibliographiques

1. **Abboudi A., Tabyaoui H. et El Hamichi F. (2017).** Etude de la qualité physico-chimique et contamination métallique des eaux de surface du bassin versant Deguigou, Maroc. *Europeanscientific journal*, vol(10), N° 23, pp : 84-94.
2. **Ait Abdelaziz F. et Ben HamlatF. (2016).** Contribution à l'étude des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de trois sources d'eau de trois communes « Abi Yousef, Yakourène et Bouzeguène ». Mémoire de master en protection de l'environnement, Faculté des sciences biologiques et agronomiques. UMMTO, 110p.
3. **Al-Safady M. (2010).** Water and Environment. Institutes of water and environmental science. Al-azharuniversity- gaza Palestine. 59 p.
4. **Amichi Z. et Amiri K. (2020).** Contribution à l'étude des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'eau de la source Thabout « Ouadhias, Willaya de TiziOuzou ». Mémoire de master en biodiversité et environnement faculté des sciences biologique et agronomiques. UMMTO, 121p.
5. **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 Algérie). *1^{er} séminaire national sur la santé et bio-surveillance des écosystèmes aquatique*, 12 p.
6. **Atteia O. 2015.** Chimie et pollutions des eaux souterraines. Lavoisier : Tec &Doc. Paris. France, 421p.
7. **Barbier R. et Roussary A. (2016).** Les territoires de l'eau potable, chronique d'une transformation silencieuse (1970-2015), Edition Quae, RD 10,78026 Versailles Cedex, 141p.
8. **Belghiti M.L., Chahlaoui A., Bengoumi D. et El Moustaine R. (2013).** Etude 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, p : 21-36.
9. **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 TiziOuzou .Mémoire de master protection de l'environnement. Faculté des sciences biologiques et agronomiques UMMTO, 95p.
10. **Bidi Z. et Djidja C. (2020).** Analyse de quelques paramètres physico-chimiques d'une source d'eau au niveau de la commune de Mizrana (Tizi-Ouzou). Mémoire de master protection de l'environnement faculté des sciences biologiques et agronomiques UMMTO, 50p.
11. **Boumelta Z., Boubekour H. et Bouali Y. (2011).** Evaluation de la contamination métallique de certaines sources d'eau potable dans la wilaya de Jijel. Mémoire de master en biologie Moléculaire et Cellulaire. Université Mohamed-SeddikBenyahia-Jijel, 55p.
12. **Bouziani M. (2000).** L'eau : de la pénurie aux maladies. Ed. IbnKhaldoun. Tlemcen. 247p.

13. **DEKHIL S. et ZAIBET M. (2013).** Traitement des eaux usées urbaines par boues activées au niveau de la ville de Bordj Bou Arreridj effectué par la station d'épuration des eaux usées, ONA. Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi -Bordj Bou Arreridj, 70p.
14. **Delarras C., Bernard T. et Joëlle D. (2010).** Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux, réglementation-micro-organismes-prélèvements-analyses, Ed. TEC&DOC, Lavoisier 9,552p.
15. **Directive de l'union européenne. (2020).** Journal officiel de l'Union européenne du parlement européen et du conseil du 16 décembre 2020 relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine (refonte), 23.12.2020 FR.62 p.
16. **Djaffar S. et Kettab A. (2018).** La gestion de l'eau en Algérie : quelle politique, quelle stratégies,quelsavenir ?*Journal algérien des sciences et technologies de l'environnement.* Édition d'avril, vol(4), N°1,pp :641-648.
17. **Ghzali D. et Zaid A. (2013).** Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de la source Ain Salama-Jerri (Region De Meknes –Maroc). *LarhyssJournal*,N° 12, pp : 25-36.
18. **Graindorge J. et Landot E. (2018).** La qualité de l'eau potable Techniques et responsabilités. Paris. Territorial. Voiron.357 p.
19. **Hazzab A. 2011.** Eaux minérales naturelles et eaux de sources en Algérie. Hydrologie, environnement, C. R. Géoscience, Académie des sciences. *Revus Elsevier Masson SAS*.N°343,pp : 20–31.
20. **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 en protection de l'environnement, UMMTO, 72p.
21. **Hounsounou E.O., Agassounon D .T .M., Kelome N.C., VISSIN E.W., Mensah G.A. et AGBOSSOU E. (2016).** Pollution des eaux à usages domestiques dans les milieux urbains défavorisés des pays en développement : Synthèsebibliographique. *International journal of biological and chemical sciences*.Vol(10),N°5, pp:2392-2412.
22. **Iltache L. (2015).**Contribution à l'étude des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de trois sources d'eau de deux communes « Thala-Athman et Yakourene », Wilaya de Tizi-Ouzou. Mémoire de master en protection de l'environnement. Faculté des sciences biologiques et agronomiques. UMMTO, 75p.
23. **Kahoul M. et Touhami M. (2014).** Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux de consommation de la ville d'Annaba (Algérie). *Larhyss Journal*. N°19, pp : 129-138.
24. **Kherifi W. et Bekiri F. (2017).** Les maladies à transmission hydrique en Algérie. *Journal Algérien des Régions Arides*, N° 14, pp : 74-83.
25. **Kölbel J., Strong C., Noe C. et Reig P. (2018).** Mapping Public Water Management by Harmonizing and Sharing corporate water risk information. Document technique. *Institut des ressources mondiales (WRI)*.p20.

26. **Legube B. (2015).** Production d'eau potable filières et procédés de traitement. Ed. Dunod. Paris. 413p.
27. **LEGUBE B. (2018).** La production d'eau potable, un enjeu majeur de santé publique. Encyclopédie de l'environnement. 9p.
28. **Makhoukh M., Sbaal M., Berrahou A. et Van C.M. (2011).** Contribution à l'étude physico-chimique des eaux superficielles de l'oued Moulouya (Maroc oriental). *Larhyss Journal*, n° 09, pp : 149-169.
29. **Marinaldo D. S. V. (2013).** Manuel pratique d'analyse de l'eau. Quatrième édition fondation nationale de la santé, Brasilia, 150p.
30. **N'diaye A D., Mint Mohamed Salem K. et Ould Sid Ahmed Ould Kankou M. (2013).** Contribution à l'étude de la qualité physicochimique de l'eau de la rive droite du fleuve Senegal. *Larhyss Journal*, n° 12, pp : 71-83.
31. **Nouayti N., Khattach D. et 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.* Vol(4), N°6, pp : 1068-1081.
32. **Organisation mondiale de la santé. (2017).** Directive de qualité pour l'eau de boisson. Quatrième édition, 539p.
33. **Ottawa O. (2020).** Conseils sur la matière organique naturelle dans l'eau potable. Santé Canada. 80p.
34. **Ouhamouche C. et Zane N. (2021).** Evaluation des paramètres physicochimiques et microbiologiques des eaux de trois sources (Thianserine, ThalaBouada et Ait Naïm) dans la région de Tizi-Ouzou. Mémoire de master en protection de l'environnement. UMMTO, 90p.
35. **Potelon J. et Zysman K. (1998).** Le guide des analyses d'eau potable. Ed. la lettre du cadre territoriale. Paris. France, 253p.
36. **Rejsek F. (2002).** Analyse des eaux : Aspects réglementaires et techniques. Edition : canopé –centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine de Bordeaux. France, 360 p.
37. **Rhajaoui M. (2019).** Guide des analyses physico-chimique des eaux destiné à la consommation humaine. Institut nationale d'hygiène, Maroc, 75p.
38. **Rodier J. (1996).** L'analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mers. 8^{ème}. Ed. Dunod. Paris. France. 1383 p.
39. **Rodier J. (2005).** L'analyse de l'eau : L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mers. 8^{ème}. Ed. Dunod. Paris. France. 1381p.
40. **Rodier J., Legube B., Merlet N. et Brunet R. (2009).** L'analyse de l'eau. 9^{ème}. Ed. Dunod. Paris. France, 1526 p.

- 41. Timmerman J., Buytaert W., Mishra A., Zandaryaa S., Connor R., Stewart B., Uhlenbrook S., Koncagül E., Webley N. et Amani A. (2020).** Changements climatiques, eau et développement durable rapport mondial des nations unies sur la mise en valeur des ressources en eau: l'eau et les changements climatiques. UNESCO, Paris, 243p.
- 42. Vale N. et Perrin N. (2015).** Pollution de l'eau liée aux activités agricoles. Rivière Rhône Alpes, 34p.
- 43. Walaa D. (2016).** Étude des propriétés physico-chimiques et colloïdales du bassin de la rivière Litani, Liban. Thèse de doctorat en géosciences .Faculté des sciences de la Terre. Université de Lorraine, 185p.

Résumé

L'objectif de notre travail est d'évaluer la potabilité d'une source d'eau Aghbalou située dans la commune de Makouda, région de Tizi-Ouzou par une analyse des paramètres physicochimiques et bactériologiques sur deux périodes d'échantillonnages (été et hiver) de l'année 2022, comparée à la norme algérienne de potabilité. Les résultats obtenus montrent que l'eau analysée présente une minéralisation très élevée avec une conductivité qui varie entre (971-973 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Les paramètres physicochimiques analysés répondent aux normes algériennes de potabilité en vigueur. Quant aux paramètres de pollution organiques, nous avons enregistré de faible concentration en matières organique (0.08 à 0.32 mg/l) et absence de la pollution ammoniacale et nitrique. Les tests bactériologiques ont marqué l'absence totale des coliformes thermo tolérants et des streptocoques fécaux, nous pouvons conclure que cette eau est potable ne présente pas de danger sur la santé publique.

Mots clés

Source d'eau Aghbalou, échantillonnage, paramètres physicochimiques et bactériologiques, , Makouda, Tizi-Ouzou.

Abstract

The objective of our work is to evaluate the potability of the water of Aghbalou source located in the commun of Makouda, region of Tizi-Ouzou by an analysis of the physicochemical and bacteriological parameters on two periods of samplings (summer and winter) of the year 2022, compared with the Algerian standard of potability. The results we have registred show that the analysed water presents a very high mineralization with a conductivity that varies between (971-973 $\mu\text{S}/\text{cm}$). The physicochemical parameters analysed that correspond with the Algerian potability standards in effect. As for the organic pollution parameters, a low concentration of organic matter (0.08 to 0.32 mg/l) and the absence of ammoniacal and nitric pollution. The bacteriological tests showed the total absence of thermo-tolerant coliforms and faecal streptococci, so we can conclude that this water is potable; do not present danger to public health.

Key words: Aghbalou source, Sampling, physicochemical and bacteriological parameters, Makouda, Tizi-Ouzou..

ملخص

الهدف من عملنا هو تقييم قابلية الشرب لمصدر مياه أغبالو الواقع في بلدية مكودة بمنطقة تيزي وزو من خلال تحليل العوامل الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية على مدى فترتين لأخذ العينات (الصيف والشتاء) لعام 2022 ، مقارنة لمعايير مياه الشرب الجزائرية. أظهرت النتائج المتحصل عليها أن الماء الذي تم تحليله يقدم نسبة عالية من التمعدين مع موصلية تتراوح بين (971-973 ميكروثانية / سم) العوامل الفيزيائية والكيميائية التي تم تحليلها تفي بالمعايير الجزائرية للمياه الصالحة للشرب سارية المفعول. أما بالنسبة لمعايير التلوث العضوي، فقد كان هناك تركيز منخفض للمادة العضوية (0.08 إلى 0.32 ملغم / لتر) وغياب تلوث النشادر والنتريك ،. أظهرت الاختبارات البكتريولوجية الغياب التام للبكتيريا القولونية المقاومة للحرارة والمكورات العقدية البرازية ، ويمكننا أن نستنتج أن هذه المياه صالحة للشرب, لا تشكل خطر على الصحة العامة .

الكلمات الدالة

منبع أغبالو، عينات، العوامل الفيزيائية والكيميائية و البكتريولوجية ، مكودة، تيزي وزو.