

**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 Ecologie et Environnement*



Mémoire de fin de cycle d'études

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

Spécialité : Ecologie animale

Thème

Contribution à l'analyse physico-chimique et bactériologique de la source d'eau Ait Ergane sur deux périodes d'échantillonnage au niveau de la commune des Ouadhias, wilaya de Tizi-Ouzou

Présenté par :

M^{elle} ZEKRINI Hanane

M^r BOUAKIL Nourdine

Évalué par le jury composé de

Grade

Lieu d'exercice

Président : Dr BERRADJ O.

MCA

UMMTO

Promoteur: Dr MEZANI S.

MCA

UMMTO

Examinatrice : Mme YAKOUBI S.

MAA

UMMTO

Année universitaire : 2023/2024

Remerciements

Tout d'abord et avant tout, nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à Dieu, le Tout-Puissant, pour nous avoir accordé la santé, la vitalité et la réussite nécessaires à l'achèvement de ce mémoire. Sans Sa bénédiction, nous n'aurions pas pu mener à bien ce travail.

Nous adressons ensuite nos sincères remerciements, notre reconnaissance et notre respect à notre promoteur **M. MEZANI S**, maître de conférences classe A à l'UMMTO. Son encadrement rigoureux, ses conseils avisés et sa disponibilité constante ont été d'une aide inestimable tout au long de ce projet. Sa patience, son soutien et sa confiance en nos capacités ont grandement contribué à notre réussite.

Nous remercions sincèrement monsieur **BERRADJ O**, maître de conférences classe A à l'UMMTO pour avoir accepté de présider le jury et madame **YAKOUBI S**, maître assistante classe A à l'UMMTO pour avoir acceptée aussi d'examiner notre travail. Votre expertise et vos conseils seront grandement appréciés.

Nous tenons également à remercier l'ensemble des professeurs de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou pour leurs efforts inlassables et leur dévouement à notre formation. Leur expertise, leur passion pour l'enseignement et leur volonté de nous voir réussir ont été des sources d'inspiration et de motivation continues. Chaque cours, chaque conseil et chaque encouragement ont joué un rôle crucial dans notre parcours académique.

Nos remerciements vont particulièrement à **Mme LADJEL**, directrice du laboratoire de l'eau ADE de Tizi Ouzou Boukhalfa, pour nous avoir offert l'opportunité de réaliser un stage pratique au sein de son laboratoire. Cette expérience nous a permis d'acquérir des connaissances pratiques et des compétences essentielles qui ont enrichi notre mémoire. Sa bienveillance et son ouverture ont rendu notre séjour au laboratoire à la fois instructif et agréable.

Nous exprimons également notre gratitude à toute l'équipe du laboratoire qui a contribué à nous aider tout au long de notre stage. Leur soutien technique, leur expertise et leur coopération ont été d'une grande aide. Leur accueil chaleureux et leur volonté de partager leurs connaissances ont facilité notre intégration et notre apprentissage.

Enfin, nous tenons à remercier chaleureusement toutes les personnes qui nous ont soutenus, de près ou de loin, dans la réalisation de ce mémoire. Nos familles et amis, pour leur encouragement constant, leur compréhension et leur patience durant cette période exigeante. Leur amour et leur soutien ont été des piliers sur lesquels nous nous sommes appuyés.

Ce mémoire est le fruit de nombreux efforts collectifs, et nous sommes profondément reconnaissants à tous ceux qui ont contribué, de manière directe ou indirecte, à sa réalisation. Merci à tous du fond du cœur.

Dédicace

Je dédie ce travail :

À ma chère mère

À mon cher père

Cui ont été mes piliers, m'ont soutenu et encouragé avec tendresse tout au long de ma vie.

À mes sœurs, mes frères,

Cui ont partagé ce chemin avec moi, m'ont inspiré et soutenu avec leur amour et leur soutien sans faille.

À mon précieux camarade,

Pour notre collaboration exceptionnelle, ton soutien indéfectible et ton amitié sincère.

À mes tantes, mes oncles,

Cui ont toujours été là pour moi, m'ont prodigué leur affection et leur soutien précieux.

À mes cousins et cousines,

Pour nos moments partagés, leur soutien et leur encouragement constants.

À toute ma famille et mes proches,

Pour leur amour inconditionnel, leurs encouragements et leur soutien constants tout au long de ce parcours.

Merci du fond du cœur

Hanane

Dédicace

Je dédie ce travail :

À l'âme de mon père, qui continue de vivre à travers les valeurs qu'il m'a transmises et dans mes souvenirs précieux avec lui.

À ma chère mère, Qui m'a soutenu et encouragé durant ces années d'étude, pilier de ma vie, dont le soutien indéfectible et l'amour inconditionnel sont mes plus grandes bénédictions.

À mon frère et ma sœur, compagnons de toujours, pour leur soutien inébranlable et leur présence réconfortante.

À ma binôme, pour notre collaboration fructueuse, son soutien constant et notre complicité qui ont enrichi ce parcours.

À toute ma famille et à tous ceux qui me sont chers, pour leur soutien, leurs encouragements et leurs sourires qui ont éclairé chaque étape de ma vie.

Que ce travail soit un témoignage de ma gratitude profonde envers chacun de vous, pour avoir enrichi ma vie de votre amour et de votre bienveillance.

Nourdine

ADE : Algérienne des eaux.

°C : Degré Celsius.

µS/cm : Micro-siemens par centimètre.

mg/l : Milligramme par litre.

S/m : Siemens par mètre.

OMS : l'Organisation Mondiale de la Santé.

pH : Le potentiel Hydrogène.

EMN : Les eaux minérales naturelles.

CE : Conductivité électrique.

NTU : Unité de Turbidité Néphélométrique.

TA : Titre Alcalimétrique.

TAC : Titre Alcalimétrique Complet.

TH : Titre Hydrotimétrique.

EDTA : Acide Ethylène Diamine Tétracétique.

MES : Matières en Suspension.

TDS : Solide totaux dissous

STD : Sels totaux dissous

BCPL : Bouillon lactosé au pourpre de bromocresol.

BLVB : Bouillon lactosé Billié au vert Brillant.

DC : Double concentré.

SC : Simple concentré.

E. Coli : *Escherichia coli*.

EVA : Bouillon lactosé à l'éthyle de violet et à l'acide de sodium.

NPP : Nombre le Plus Probable.

Tableau 1 : Classe du potentiel d'hydrogène de l'eau (C.I.E ,2005)	8
Tableau 2 : Classe des eaux en fonction de leur conductivité (ROJSEK, 2000)	9
Tableau 3 : Classe de turbidité de l'eau (RODIER et al, 2009).....	9
Tableau 4 : Rapport entre les solides dissous et la sapidité de l'eau (CHADEN, 2014)	10
Tableau 5 : Les principales maladies d'origine hydrique liées à des bactéries (DELARRAS et TREBAOL, 2003)	17
Tableau 6 : Maladies d'origines parasitaire transmises par l'eau (REJSEK, 2002)	18
Tableau 7 : Résultats des analyses bactériologiques de la source Ait Ergane pour les deux saisons hiver et été, 2024	68

Figure 1 : Localisation satellite de la source d'eau Ait Ergane (Google earth, 2024).....	20
Figure 2 : Source d'eau Ait Ergane (Photographie originelle, 2024)	20
Figure 3 : Végétation qui entoure la source d'eau Ait Ergane (Photographie originelle, 2024).	21
Figure 4 : Flacon utilisé pour prélèvement physico-chimique (Photographie originelle, 2024).	22
Figure 5 : Comprimé réactif de chlore DPD utilisé pour l'analyse de chlore résiduel (Photographie originelle, 2024).....	23
Figure 6 : Flacon utilisé pour prélèvement bactériologique (Photographie originelle, 2024)	23
Figure 7 : Glacière (Photographie originelle, 2024)	24
Figure 8 : Spectrophotométrie (Photographie originelle, 2024)	24
Figure 9 : Réactif pour déterminer les analyses de type volumétrique (Photographie originelle, 2024).....	25
Figure 10 : pH-mètre (Photographie originelle, 2024).....	27
Figure 11 : Conductivimètre (Photographie originelle, 2024)	28
Figure 12 : Turbidimètre (Photographie originelle, 2024).....	29
Figure 13 : Réactifs utilisés pour l'analyse de la dureté (Photographie originelle, 2024)	30
Figure 14 : Réactifs de dosage de calcium (Photographie originelle, 2024).....	31
Figure 15 : Réactifs utilisés pour l'analyse de l'alcalinité (Photographie originelle, 2024)...	32
Figure 16 : Sepctrophotomètre à flamme (Photographie originelle, 2024).....	33
Figure 17 : Réactifs de dosage de chlorure (Photographie originelle, 2024).....	35
Figure 18 : Réactifs utilisés pour l'analyse de fer (Photographie originelle, 2024).....	36
Figure 19 : Dosage d'ammonium (Photographie originelle, 2024)	37
Figure 20 : Dosage de nitrites (Photographie originelle, 2024)	38
Figure 21 : Réactifs utilisés pour l'analyse de matière organique (Photographie originelle, 2024).....	39
Figure 22 : Rampe de filtration (Photographie originelle, 2024).....	42

Figure 23 : Confirmation des coliformes fécaux sur disque d'oxydase (Photographie originelle, 2024)	42
Figure 24 : Confirmation des streptocoques sur un milieu BEA (Photographie originelle, 2024).....	43
Figure 25 : Milieu BCPL en présence des coliformes fécaux et thermo-tolérants (Photographie originelle, 2024)	45
Figure 26 : Confirmation de présence <i>E.Coli</i> par le réactif kovascs dans un milieu tryptophane (Photographie originelle, 2024)	46
Figure 27 : Milieu BLBVB (Photographie originelle, 2024)	46
Figure 28 : Recherche des streptocoques dans le bouillon Roth (Photographie originelle, 2024).....	47
Figure 29 : Variation des résidus sec entre les deux saisons hiver et été de la source Ait Ergane pour l'année 2024	50
Figure 30 : Variation du pH entre les deux saisons hiver et été de la source Ait Ergane pour l'année 2024	51
Figure 31 : Variation de la température entre les deux saisons hiver et été de la source Ait Ergane pour l'année 2024	52
Figure 32 : Variation de la conductivité entre les deux saisons hiver et été de la source Ait Ergane pour l'année 2024	53
Figure 33 : Variation de la turbidité entre les deux saisons hiver et été de la source Ait Ergane pour l'année 2024.....	54
Figure 34 : Variation du TH entre les deux saisons hiver et été de la source Ait Ergane pour l'année 2024.....	55
Figure 35 : Variation du calcium entre les deux saisons hiver et été de la source Ait Ergane pour l'année 2024.....	56
Figure 36 : Variation du magnésium entre les deux saisons hiver et été de la source Ait Ergane pour l'année 2024.	57
Figure 37 : Variation du sodium entre les deux saisons hiver et été de la source Ait Ergane pour l'année 2024.....	58

Figure 38 : Variation du potassium entre les deux saisons hiver et été de la source Ait Ergane pour l'année 2024.....	59
Figure 39 : Variation des chlorures entre les deux saisons hiver et été de la source Ait Ergane pour l'année 2024.....	60
Figure 40 : Variation des sulfates entre les deux saisons hiver et été de la source Ait Ergane pour l'année 2024.....	60
Figure 41 : Variation des teneurs en carbonates entre les deux saisons hiver et été de la source d'eau Ait Ergane pour l'année 2024.	61
Figure 42 : Variation du titre alcalimétrique complet entre les deux saisons hiver et été de la source Ait Ergane pour l'année 2024.....	62
Figure 43 : Variation du fer entre les deux saisons hiver et été de la source Ait Ergane pour l'année 2024.....	63
Figure 44 : Variation d'ammonium entre les deux saisons hiver et été de la source Ait Ergane pour l'année 2024.....	64
Figure 45 : Variation des nitrites entre les deux saisons hiver et été de la source Ait Ergane pour l'année 2024.....	65
Figure 46 : Variation des nitrates entre les deux saisons hiver et été de la source Ait Ergane pour l'année 2024.....	66
Figure 47 : Variation des phosphates entre les deux saisons hiver et été de la source Ait Ergane pour l'année 2024.	66
Figure 48 : Variation de matiere organique entre les deux saisons hiver et été de la source Ait Ergane pour l'année 2024.	67

Liste des abréviations**Liste des tableaux****Liste des figures****Introduction 1****Chapitre I : Synthèse bibliographique sur les eaux naturelles****1. Introduction 3****2. Eau naturelle et molécule d'eau 3****3. Cycle de l'eau 3**

3.1. Evaporation 4

3.2. Condensation et précipitation 4

3.3. Ruissellement et l'infiltration 4

4. Qualité des eaux 5

4.1. Eau potable 5

4.2. Législation 5

4.3. Paramètres et normes de potabilité 5

5. Origine d'eau potable 6

5.1. Eau minérale 6

5.2. Eau brute 6

5.3. Eau de source 6

5.3.1. Types de sources 7

5.3.1.1. Sources d'affleurements 7

5.3.1.2. Sources de déversements 7

5.3.1.3. Sources d'émergences 7

6. Caractéristique d'une eau potable 7

6.1 Caractéristiques organoleptiques 7

6.1.1. Couleur 7

6.1.2. Odeur 8

6.1.3. Goût.....	8
6.2. Caractéristiques physico-chimiques	8
6.2.1. Température(T)	8
6.2.2. Potentiel d'hydrogène	8
6.2.3. Conductivité électrique (CE).....	9
6.2.4. Turbidité	9
6.2.5. Sels totaux dissous(STD)	10
6.3. Caractéristiques de pollution.....	10
6.3.1. Ammonium (NH_4^+)	10
6.3.2. Nitrites (NO_2^-)	10
6.3.3. Nitrates (NO_3^-).....	11
6.4. Caractéristiques de minéralisation	11
6.4.1. Les anions.....	11
6.4.2. Cations.....	12
6.5. Caractéristiques des éléments indésirables	13
6.5.1. Aluminium (Al).....	13
6.5.2. Cuivre (Cu).....	13
6.5.3. Manganèse (Mn)	13
6.5.4. Fer total (Fe^{2+}).....	13
6.6. Caractéristiques des éléments toxiques	14
6.6.1. Sélénium (Se)	14
6.6.2. Cadmium (Cd).....	14
6.6.3. Fluor (F)	14
6.6.4. Arsenic (As)	14
6.7. Caractéristiques bactériologiques.....	15
6.7.1. Streptocoques fécaux.....	15
6.7.2. Coliformes fécaux	15

6.7.3. <i>Escherichia coli</i>	15
6.7.4. Staphylocoques.....	16
6.7.5. Salmonelles	16
7. Pollution de l'eau	16
7.1. Définition	16
7.2. Origines de la pollution de l'eau	16
7.2.1. Pollution industrielle	16
7.2.2. Pollution domestique.....	16
7.2.3. Pollution naturelle	17
7.2.4. Pollution par l'agriculture	17
8. Maladies à transmission hydrique	17
8.1. Maladies d'origine bactérienne.....	17
8.2. Maladies d'origine parasitaire.....	18
8.3. Maladies d'origine virale	18
9. Traitement de l'eau	19

Chapitre II : Présentation de la région d'étude et matériels et méthodes

1. Présentation de la zone d'étude	20
1.1. Situation géographique de la source d'eau Ait Ergane	20
1.2. Situation climatique.....	21
1.3. Couvert végétal	21
2. Matériels et méthodes d'échantillonnages.....	21
2.1. Échantillonnage	21
2.1.1. Échantillonnage pour analyse physico-chimique.....	22
2.1.2. Échantillonnage pour analyse bactériologique.....	23
2.2. Transport et conservation de l'échantillon	24
3. Méthodes d'analyse	24
3.1. Méthodes spectrophotométriques.....	24

3.2. Méthodes volumétriques	25
4. Types d'analyses	25
4.1. Analyses des paramètres organoleptiques	25
4.1.1. Évaluation de la couleur	25
4.1.2. Évaluation de l'odeur et du goût	26
4.2. Analyse des paramètres physico-chimiques	26
4.2.1. Température	26
4.2.2. pH	26
4.2.3. Conductivité	27
4.2.4. Résidus secs à 105 °C	28
4.2.5. Turbidité	29
4.3. Analyse des paramètres de minéralisation	29
4.3.1. Dureté totale (TH)	29
4.3.2. Calcium	30
4.3.3. Magnésium	31
4.3.4. Alcalinité	32
4.3.5. Potassium et sodium	33
4.3.6. Bicarbonate	34
4.3.7. Chlorures	34
4.3.8. Sulfate SO_4^{2-}	35
4.4. Analyse des paramètres indésirables	36
4.4.1. Fer total	36
4.5. Analyse des paramètres de pollution	36
4.5.1. Ammonium	36
4.5.2. Nitrite	37
4.5.3. Matière organique	38
4.5.4. Nitrate	40

4.5.5. Phosphate	40
4.6. Analyse bactériologique	40
4.6.1. Dénombrement des bactéries par filtration sur membrane.....	41
4.6.2. Dénombrement des bactéries par la méthode en milieu liquide par détermination du nombre le plus probable (NPP)	44

Chapitre III : Résultats et discussion

1. Résultats des paramètres organoleptique	49
1.1. Couleur	49
1.2. Goût	49
1.3. Odeur	49
2. Résultats des paramètres physico-chimiques	49
2.1. Résidu sec à 105°	49
2.2. Potentiel d'hydrogène (pH)	50
2.3. Température (T°)	51
2.4. Conductivité (CE)	52
2.5. Turbidité	53
3. Résultats des paramètres de minéralisation	54
3.1. Dureté total (TH)	54
3.2. Calcium (Ca ²⁺)	55
3.3. Magnésium (Mg ²⁺)	56
3.4. Sodium (Na ⁺)	57
3.5. Potassium (K ⁺)	58
3.6. Chlorures (Cl ⁻)	59
3.7. Sulfate (SO ₄ ²⁻)	60
3.8. Bicarbonates (HCO ₃ ⁻)	61
3.9. Titre alcalimétrique complet (TAC)	61
4. Résultats des paramètres indésirables.....	62

4.1. Fer (Fe^{2+}).....	62
5. Résultats des paramètres de pollution.....	63
5.1. L'ammonium (NH_4^+).....	63
5.2. Nitrites (NO_2^-).....	64
5.3. Nitrates (NO_3^-).....	65
5.4. Phosphates (PO_4^{3-}).....	66
5.5. Matière organique (MO).....	67
6. Résultats des paramètres bactériologiques.....	67
6.1. Coliformes totaux.....	68
6.2. Streptocoques fécaux.....	68
6.3. <i>Escherichia-coli</i>	69
Conclusion.....	70
Références bibliographiques.....	72

Annexes

Résumé



Introduction

L'eau, comme l'air, est indispensable à la vie humaine et joue un rôle crucial dans le développement des territoires. Toutefois, sa répartition inégale et parfois limitée en quantité en fait un enjeu environnemental majeur (DOVONON, 2011). Son accessibilité en quantité et en qualité adéquates est essentielle pour maintenir la santé (MAKOUTODE et al., 1999). Mais cela pose des défis croissants, surtout dans les pays en développement (SINTODJI et al., 2008).

L'eau est étroitement liée à l'environnement humain, qui à son tour est influencé par les dynamiques environnementales globales et locales. En conséquence tant dans la recherche que dans la prise de décisions, l'eau et l'environnement sont souvent considérés conjointement (SAL, 2010).

L'eau est un élément fondamental nécessaire à la survie, et l'eau potable ordinaire est spécifiée comme une eau possédant des propriétés chimique et microbiologique et organoleptique qui la rendent sûre à boire pour les êtres humains (GUIRAUD, 1998).

En Algérie, la majorité des habitants consomment de l'eau potable, provenant principalement des eaux de surface stockées dans des stations conformes aux normes de potabilité algériennes (KAHOUL et TOUHAMI, 2014 ; OUAHCHIA et al, 2015).

La wilaya de Tizi-Ouzou est une zone à hautes potentialités hydriques, fournies essentiellement par la forte pluviométrie et la fonte des neiges du massif du Djurdjura.

Selon les statistiques annuelles de Tizi Ouzou (2018) cette zone possède de nombreuses ressources naturelles notamment d'importantes ressources en eau. Avec un relief montagneux, les ressources en eau sont difficiles à exploiter. Les principales ressources de la wilaya se sont des eaux souterraines (Oued Sébaoua à l'ordre de 1000mm /an), les barrages (Taksebt, Djebbla, Draa-El-Mizan, Zaouïa et Tizi-Ghennif), les forages et les puits (à travers 435 forage), les retenues collinaires (autour de 83 retenues), les sources (estimés à 203 sources dont 121 sources importantes) sont particulièrement importantes pour l'alimentation en eau potable aux habitants de la région.

Tout le monde parle de l'eau comme étant un élément essentiel à la vie et chacun devrait se sentir concerné par cette ressource qui, de plus en plus, apparaît comme rare. Les sources d'eau peuvent contenir divers substance et micro-organismes, pouvant varier en termes d'importance, d'acceptabilité et de potentiel toxique. L'eau prélevée dans l'environnement naturel nécessite généralement un traitement avant d'être consommée, car elle peut être

contaminée par des phénomènes naturels ou anthropiques donc l'analyse des paramètres physicochimique et bactériologique est obligatoire pour avoir la qualité de ces eaux.

L'objectif de notre travail est d'évaluer les paramètres physicochimiques et bactériologique de la source d'eau Ait Ergane sur deux périodes d'échantillonnage (hiver et été) au niveau de la commune des Ouadhias, wilaya de Tizi Ouzou, vu que cette eau est consommée par la majorité des populations de cette région de Kabylie, et ce en se basant sur les normes algériennes en vigueur de potabilité des eaux.

Notre étude est scindée en 3 chapitres. Le premier chapitre est porté sur une synthèse bibliographique sur les eaux naturelles. Le deuxième chapitre est consacré à l'étude expérimentale dans laquelle nous présentons la zone d'étude, les matériels et la méthodologie d'analyse adoptée. Dans le troisième chapitre, nous présentons les résultats obtenus et leurs discussions. Enfin, nous terminons notre travail par une conclusion et quelques perspectives.



Chapitre I

Synthèse bibliographique sur les eaux naturelles

1. Introduction

L'eau est vitale pour la vie, et son accès doit être sûr et suffisant pour tous. Améliorer la qualité de l'eau potable est bénéfique pour la santé, et il est essentiel de concentrer nos efforts dans ce sens. L'accès à une eau potable de qualité est un droit humain fondamental et une composante essentielle des politiques de protection sanitaire. Les consommateurs ont un rôle crucial dans la préservation de la qualité de l'eau qu'ils consomment et dans la prévention de la contamination de l'eau pour les autres (OMS ,2017).

2. Eau naturelle et molécule d'eau

L'eau est un liquide naturel, transparent, sans odeur ni saveur, composé d'atome d'oxygène et d'hydrogène. C'est un bon solvant qui conserve les éléments qu'elle rencontre, tels que les gaz dissous (oxygène, gaz carbonique) et les acides et bases qui se dissocient en ions positifs (calcium, potassium) et négatifs (bicarbonates, sulfates). Elle contient aussi des matières en suspension, comme le limon, l'argile, les particules organiques et inorganiques, ainsi que le plancton et d'autres micro-organismes, qui rendent l'eau trouble et favorisent l'adsorption des bactéries et virus (VILAND, 2001). Les matières organiques dissoutes, appelées TDS (Total Dissolved Solids), comprennent des sels inorganiques et de petites quantités de matière organique. Elles jouent un rôle crucial dans le cycle du carbone et influencent les réactions chimiques et biologiques, ainsi que le transport des contaminants. Leur concentration varie selon les régions géologiques en raison de la solubilité des minéraux (OMS, 2017).

3. Cycle de l'eau

L'eau représente un élément essentiel pour tous les êtres vivants, recouvrant environ 71 % de la surface de la terre, composée à 97 % d'eau salée et à 3 % d'eau douce répartie dans divers réservoirs. Sa capacité à changer d'états sans intervention humaine dépend principalement de la température, de la pression et des composés chimiques présents. Le cycle hydrologique présente un processus complexe de transformation de l'eau à travers différentes phases. Les trois phases principales du cycle, à savoir l'évaporation, les précipitations, les écoulements souterrains et le ruissellement, sont alimentées par l'énergie solaire. Les eaux souterraines peuvent être stockées pendant de longues périodes, parfois millénaires, en fonction des caractéristiques géologiques du sous-sol (BENISTON, 2009).

3.1. Evaporation

L'évaporation est le passage de l'eau de l'état liquide à l'état gazeux, un phénomène physique qui requiert une source d'énergie, principalement solaire, et peut être significatif sur de vastes surfaces d'eau telles que les mers ou les lacs. Pendant ce processus, les molécules d'eau (H₂O) sont vaporisées et l'étendue d'eau vers l'atmosphère. Cette évaporation partielle laisse derrière elle une phase liquide enrichie en éléments solubles, augmentant ainsi sa minéralisation. Dans certains cas, cela peut conduire à la formation de saumures et même à la précipitation de minéraux évaporitiques lorsque la saturation est atteinte pour certaines phases minérales (DEBBAKH, 2012).

3.2. Condensation et précipitation

Lorsque l'humidité atmosphérique rencontre des conditions favorables, les molécules d'eau se condensent autour des particules en suspension pour former des gouttelettes, donnant naissance aux nuages. Ces gouttelettes interagissent avec les gaz atmosphériques et absorbent des éléments dissous en fonction de leur environnement sous l'effet de la gravité, ces gouttes deviennent précipitations, lavant les couches atmosphériques et enrichissant les eaux de surface en éléments dissous. Les concentrations en chlorures dans les eaux de pluie varient selon la localisation géographique et l'altitude (MEYBECK, 1989 et DEBBAKH, 2012).

3.3. Ruissellement et l'infiltration

Durant les précipitations, l'eau de pluie s'accumule dans les creux du sol, initiant l'interaction entre l'eau et la roche dès l'impact des premières gouttes. Cette interaction dépend de l'agressivité de la pluie, principalement déterminée par sa teneur en dioxyde de carbone (CO₂) dissous, mais peut également être influencée par des composés sulfurés et azotés dans un environnement pollué, contribuant ainsi à la formation de pluies acides. Les eaux de ruissellement et d'infiltration interagissent avec les minéraux, les gaz, la matière organique, la végétation et la microbiologie du sol et de la zone non saturée. Tout au long de leur parcours du sol vers les cours d'eau ou les nappes souterraines, la minéralisation de ces eaux est influencée par les gaz du sol et la composition minérale des différentes couches pédologiques et lithologiques traversées (DEBAKH, 2012).

4. Qualité des eaux

Le niveau de qualité requis pour les eaux varie selon leurs différents usages, notamment en ce qui concerne la qualité de l'eau destinée à la consommation humaine (EDCH), laquelle est directement influencée par les ressources en eau disponibles (FESTY et al., 2003). Pour assurer la sécurité de la consommation de cette eau, il est essentiel de mettre en place une politique de gestion qui tienne compte des spécificités de cette ressource précieuse. Ainsi, une série d'analyses physico-chimiques doivent être réalisées pour déterminer la qualité de l'eau destinée à la consommation humaine et prévenir les risques des maladies hydriques pour les consommateurs.

4.1. Eau potable

L'eau potable stipule qu'il s'agit de l'eau destinée à la consommation humaine, exempt d'agents pathogènes, de substances toxiques ou d'éléments chimiques indésirables, de sorte qu'elle ne présente aucun risque pour la santé des consommateurs. De plus, elle doit être agréable à boire, claire et dépourvue d'odeur, comme souligné par GROSCLAUDE et COORD (1999) et BORDET (2007).

4.2. Législation

L'article 19 du nouveau texte constitutionnel algérien de 2016 aborde la question de l'utilisation rationnelle et de la préservation des ressources naturelles pour les générations à venir. Dans le cadre du développement durable et de la gestion des risques, la loi n° 05-12 sur l'eau du 4 août 2005 établit des outils stratégiques de gestion intégrée des ressources en eau afin de garantir la sécurité de l'approvisionnement en eau potable en régulant la concentration des ingrédients dangereux.

Cette loi explique comment la réforme nationale vise à garantir l'équité et l'universalité de l'accès à l'eau, à préserver la qualité et la quantité des ressources, ainsi qu'à gérer de manière rationnelle et économique à l'échelle du bassin versant. Les demandes de budgets et de crédits, d'agences d'exploitation et de personnel qualifié pour mobiliser, répartir et protéger au mieux les ressources en eau du pays sont incluses avec celles-ci (R.N.V.A., 2019).

4.3. Paramètres et normes de potabilité

Les normes de potabilité de l'eau établissent des seuils à ne pas dépasser pour diverses substances dangereuses. Bien qu'une eau potable puisse être conforme à ces normes, elle peut encore contenir des traces de ces substances, bien que dans des quantités jugées sûres pour la

santé des consommateurs. L'organisation mondiale de la santé (OMS) émet régulièrement des directives de qualité pour l'eau potable, servant de référence à de nombreux pays dans l'élaboration de leurs propres normes nationales. Ces directives reposent sur une évaluation scientifique des risques sanitaires liés aux composants biologiques et chimiques de l'eau, ainsi que sur l'efficacité des mesures pour les contrôler. L'OMS encourage les autorités nationales à considérer les aspects sociaux, économiques et environnementaux lors de l'adaptation de ces directives en normes nationales (TALEB, 2014) (Voir annexe 1 et annexe 2).

5. Origine d'eau potable

5.1. Eau minérale

Les eaux minérales naturelles (EMN) sont des eaux souterraines d'origine naturelle qui sont microbiologiquement saines. Elles se distinguent des autres eaux destinées à la consommation humaine par leur pureté et leur teneur spécifique en sels minéraux, oligo-éléments ou autres composants, ainsi que par leurs compositions physico-chimiques stables.

Ses caractéristiques sont évaluées selon différents aspects : géologique, hydrogéologique, physique, chimique, physicochimique, microbiologique et pharmacologique (LABADI et HAMMACHE, 2016).

Les eaux minérales naturelles présentent des qualités thérapeutiques favorables à la santé humaine, reconnues par l'académie nationale de médecine. Elles sont autorisées malgré parfois leur teneur élevée en sels minéraux (CHOCAT, 2015).

5.2. Eau brute

Les eaux brutes, employées dans la production d'eau destinée à la consommation, proviennent soit de sources souterraines, soit de cours d'eau superficiels. Leur qualité dépend de l'origine, de la géologie et du contexte économique du bassin versant, comme l'ont souligné BORDET (2007) et SAVARY (2010).

5.3. Eau de source

L'eau de source provient de sources souterraines préservées de la pollution et n'a subi aucun traitement chimique. Elle doit naturellement respecter les critères de potabilité pour être considérée comme conforme (DE WEVER, 2015). Cette eau satisfait aux mêmes normes de qualité physico-chimique et radiologique que l'eau du robinet. Seuls les procédés autorisés par la réglementation sont utilisés (comme la séparation des composants naturellement présents, avec interdiction de désinfection de l'eau) (OMS, 2015).

L'eau de source se différencie de l'eau minérale naturelle par le fait qu'elle doit respecter les normes de potabilité de l'eau, qu'elle n'est pas tenue d'avoir une composition minérale constante et distinctive, et qu'elle ne revendique pas d'effets bénéfiques pour la santé (GERARD,2014).

5.3.1.. Types de sources

5.3.1.1. Sources d'affleurements

Lorsque la couche imperméable inférieure d'une nappe aquifère affleure le sol d'une vallée, l'eau de cette nappe apparaît à la surface sous forme d'un cheptel de sources. Ces sources sont principalement présentes dans des terrains calcaires ou cristallins, et les sources thermales font partie de cette catégorie (VILAGINE, 2000).

5.3.1.2. Sources de déversements

Les sources déversements se trouvent dans des terrains fissurés en surface, notamment calcaires et granitiques, où le réseau de fissures atteint la surface du sol avec une pente permettant à l'eau de s'écouler. Leur débit est généralement faible, relativement constant et elles peuvent facilement se tarir. On ne considère leur captage que lorsqu'il n'y a pas d'autres options disponibles (BONNIN, 1982).

5.3.1.3. Sources d'émergences

Dans ce cas, bien que la couche perméable soit fissurée en direction du sol, un débit d'eau peut alimenter un trou d'eau, souvent entouré de végétation, par une ou plusieurs fractures où l'eau semble bouillonner. Ces sources ont généralement un faible débit (GOMELLA et GUERREE, 1980).

6. Caractéristique d'une eau potable

6.1. Caractéristiques organoleptiques

6.1.1. Couleur

La teinte d'un liquide dépend des composés qui y sont dissous (WHO, 2011). Lorsque sa coloration résulte uniquement de substances dissoutes, c'est ce qu'on appelle une couleur "vraie". En revanche, si d'autres substances sont en suspension dans l'eau, elles lui confèrent une couleur "apparente" en raison de leur propre teinte (RODIER et al., 2009).

6.1.2. Odeur

L'odeur est un indicateur de pollution ou de présence de matières organiques en décomposition. Selon WHO (2011), l'odeur est un paramètre essentiel permettant d'évaluer rapidement la qualité de l'eau. Elle est définie par RODIER et al (2009) comme l'ensemble des sensations perçues par le nez lors de l'inhalation de certaines substances volatiles. Dans l'eau destinée à la consommation humaine, aucune odeur ne devrait être détectée.

6.1.3. Goût

Le goût de l'eau peut ne pas toujours refléter sa qualité. Cependant, tout changement peut indiquer une altération (BORDET, 2007).

6.2. Caractéristiques physico-chimique

6.2.1. Température (C°)

La température de l'eau influence ses propriétés physiques et chimiques, ainsi que les réactions biologiques qui s'y déroulent. Des températures élevées favorisent la croissance des micro-organismes et peuvent altérer le goût, la couleur et l'odeur de l'eau (WHO, 2011).

6.2.2. Potentiel d'hydrogène (pH)

Selon l'OMS (2011) le pH, qui mesure l'activité chimique des ions hydrogènes en solution, est un paramètre essentiel pour évaluer la qualité de l'eau, bien qu'il n'ait pas d'impact direct sur les consommateurs. Le pH influence les équilibres physico-chimiques entre les gaz dissous et les ions carbonates et bicarbonates, principalement déterminés par les acides carboniques dans les eaux naturelles (BELGHITI et al., 2013 ; AKIL et al., 2014).

Tableau 01 : Classes du potentiel d'hydrogène de l'eau (C.I.E ,2005).

pH <5	Acidité forte (présence d'acides minéraux ou organiques dans les eaux naturelle)
pH= 7	pH neutre
7<pH<8	Neutralité approchée (majorité des eaux de surface)
5,5<pH<8	Majorité des eaux souterraines
pH=8	Alcalinité forte

6.2.3. Conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique, mesurée en fonction de la température, permet d'estimer le niveau de minéralisation de l'eau. Selon l'OMS (2000), une valeur inférieure à 1200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 25°C est considérée comme acceptable pour l'eau potable (RODIER et al., 2009 ; BELGHITI et al., 2013).

Tableau 02 : Classes des eaux en fonction de leur conductivité (ROJSEK., 2002).

Conductivité ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	Minéralisation	Qualité de l'eau
$C < 100$	Très faible	Excellente
$100 < C < 200$	Faible	Excellente
$200 < C < 333$	Peu accentuée	Excellente
$333 < C < 666$	moyenne accentuée	Bonne
$666 < C < 1000$	Importante	Utilisable
$C > 1000$	Élevée	Utilisable

6.2.4. Turbidité

La turbidité représente un indicateur crucial pour évaluer la qualité de l'eau, résultant de la présence de particules en suspension. Bien qu'elle n'ait pas d'implications sanitaires directes, elle impacte l'efficacité des processus de traitement et de désinfection de l'eau. Il est essentiel de maintenir une turbidité basse pour répondre aux normes de qualité et aux attentes des consommateurs, avec une valeur médiane idéale inférieure à 0,1 NTU selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS, 2011).

Tableau 03 : Classes de turbidité de l'eau RODIER et al, (2009).

Turbidité (NTU)	Qualité de l'eau
< 5	Eau claire
5 à 30	Eau légèrement trouble
> 50	Eau trouble

6.2.5. Sels totaux dissous (STD)

La présence de sels totaux dissous (STD) (tableau 4), bien que sans impact direct sur la santé, peut affecter le goût de l'eau et favoriser la corrosion. Une teneur inférieure à 600 mg/l est considérée comme acceptable pour l'eau potable (WHO, 2011).

Tableau 4 : Rapport entre les solides dissous et la sapidité de l'eau (CHADEN, 2014).

STD (mg/l)	Qualité de l'eau
< 300	Excellente
300-600	Bonne
600-900	Passable
900-1200	Mauvaise

6.3. Caractéristique de pollution

6.3.1. Ammonium (NH₄⁺)

L'ammonium présent dans l'eau est généralement le signe d'une dégradation partielle de la matière organique. L'ammonium est issu de la réaction entre des minéraux ferriques et des nitrates. Il s'agit donc d'un indicateur précieux de la pollution de l'eau causée par des rejets organiques provenant de l'agriculture, du domicile ou de l'industrie (RODIER et al 2005) Il est essentiel d'éliminer l'ammonium dans les eaux de consommation, car il peut favoriser la prolifération de certaines bactéries dans les réseaux de distribution (TREMBLAY, 1995 ; MOULY et al 2008).

6.3.2. Nitrites (NO₂⁻)

Les nitrites sont la forme la moins stable dans le cycle de l'azote, qui est considérés comme toxiques au-delà d'une certaine limite (GHAZALI et ZAID, 2013). Les nitrites peuvent être causés par l'oxydation bactérienne de l'ammoniaque ou par la diminution des nitrates. Ils peuvent également signaler une pollution organique (avec un faible taux d'oxydation) (MORABBI, 2013).

6.3.3. Nitrates (NO_3^-)

Les Nitrates sont le dernier stade de l'oxydation de l'azote organique. Ils peuvent être dissous, ils sont présents de manière naturelle dans les eaux souterraines et surfaces (AOUISSI et HOUHAMDIN, 2014). La concentration de nitrates dans l'eau peut être attribuée à différentes sources : agricoles (engrais), urbaines (défaillance des réseaux d'assainissement) ou industrielles (MORABBI, 2013).

6.4. Caractéristique de minéralisation

6.4.1. Les anions

6.4.1.1. Chlorures (Cl^-)

Les chlorures, donnant un goût salé à l'eau à des concentrations élevées, ne sont pas directement liés à la santé dans l'eau potable (HEM, 1985 ; WHO, 2011).

6.4.1.2. Bicarbonates (HCO_3^-)

Selon FRANCH (2017) les bicarbonates représentent la majeure partie de l'alcalinité de l'eau. Ils peuvent résulter de la dissolution de formations carbonatées, comme illustré par la réaction : $\text{CaCO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightarrow 2\text{HCO}_2^- + \text{Ca}^{2+}$

6.4.1.3. Alcalinité

L'alcalinité de l'eau est liée à la présence de bases et de sels d'acides faibles, principalement les hydrogénocarbonates ou bicarbonates et les carbonates. Elle peut être influencée par un pH élevé ou la présence de substances chimiques inhabituelles (HEM, 1985; RODIER et al., 2009).

Pour déterminer l'alcalinité, on utilise deux titrages :

- Le Titre Alcalimétrique Complet (TAC) : qui correspond à l'alcalinité totale à un pH de 4,5, incluant les ions d'hydrogénocarbonates (HCO_3^-), les ions carbonates (CO_3^{2-}) et les ions hydroxydes (OH^-).
- Le Titre Alcalimétrique Simple (TA) : qui représente l'alcalinité due aux ions hydroxydes (OH^-) et à la moitié des ions carbonates (CO_3^{2-}). Cette alcalinité est nulle lorsque le pH de l'eau est inférieur ou égal à 8,3 comme indiqué par REJSEK (2002).

Dans les eaux naturelles, l'alcalinité, exprimée en HCO_3^- varie généralement de 10 à 350 mg/l. Pour une eau contenant uniquement des hydrogénocarbonates (le cas le plus courant), $\text{TA}=0$ et $\text{TAC}=\text{HCO}_3^-$. Pour une eau contenant un mélange de carbonates et d'hydrogénocarbonates, $\text{TA}=\text{CO}_3^{2-}/2$ et $\text{TAC}=(\text{HCO}_3^-)+2\text{TA}$ (RODIER et al., 2009).

6.4.2. Cations

6.4.2.1. Sodium (Na^+)

Le sodium, présent naturellement dans l'eau, peut être accru par des processus géologiques ou des activités humaines telles que l'utilisation d'adoucisseurs d'eau. Des concentrations élevées peuvent aggraver les problèmes de santé, notamment chez les personnes souffrant d'hypertension (MENETON, 2001 ; OMS, 2011 ; BELGHITI et al., 2013).

6.4.2.2. Calcium (Ca^{2+})

Le calcium, abondant dans les roches, contribue à la dureté de l'eau et peut altérer son goût à des concentrations élevées (HEM, 1985 ; OMS, 2011).

6.4.2.3. Magnésium (Mg^{2+})

Le magnésium, essentiel à la nutrition, contribue également à la dureté de l'eau. Des concentrations élevées peuvent être tolérées, mais des limites sont recommandées pour l'adoucissement artificiel de l'eau (PREVEDELLO, 2006 ; WHO, 2011).

6.4.2.4. Potassium (K^+)

Les concentrations en ions potassium (K^+) dans les échantillons variaient entre 13 et 35 mg/l, ce qui ne respecte pas les normes algériennes en matière d'eau potable (JORA, 2011). Bien que la teneur en potassium dans les roches ignées soit presque aussi importante que celle du sodium, sa présence dans les eaux naturelles ne dépasse généralement pas 10 à 15 mg/l. À titre indicatif, les anciennes directives du conseil des communautés européennes fixaient une teneur recommandée en potassium dans l'eau destinée à la consommation humaine à 10 mg/l, avec une concentration maximale admissible de 12 mg/l (RODIER et al, 2009).

6.5. Caractéristiques des éléments indésirables

6.5.1. Aluminium (Al)

L'aluminium, présent naturellement ou ajouté lors du traitement de l'eau, peut avoir des effets néfastes sur la santé à des concentrations élevées, notamment en ce qui concerne le risque de développement de la maladie d'Alzheimer (DARTIGUES et al., 2002 ; WHO, 2011).

6.5.2. Cuivre (Cu)

Le cuivre est plus toxique sous forme ionique que lorsqu'il est complexé avec de la matière organique ou lorsqu'il se précipite sous forme de carbonate, notamment dans les eaux dures. Les concentrations naturelles peuvent atteindre jusqu'à 50 µg/l dans l'eau douce, comme rapporté par GAUJOUS (1995). Dans les eaux souterraines, les concentrations normales en cuivre sont généralement inférieures à 0,005 mg/l, comme mentionné par COLLIN (2004).

6.5.3. Manganèse (Mn)

Le manganèse est largement répandu dans la nature, avec des concentrations dans l'écorce terrestre pouvant varier de 500 à 900 mg/l. Présent dans l'eau sous différentes valences (II, III et IV) et sous diverses formes telles que soluble, en suspension ou sous forme de complexes, sa solubilité est influencée par le pH, l'oxygène dissous et la présence d'agents complexant. Certaines eaux souterraines peuvent contenir jusqu'à environ 1 mg/l de manganèse, en particulier lorsqu'il y a une réaction avec la roche hôte dans des conditions réductrices, ou sous l'action de certaines bactéries. Dans de telles conditions, il est souvent associé au fer et se précipite par oxydation. Les eaux de surface contiennent généralement moins de 0,05 mg/l de manganèse, comme noté par RODIER et ses collaborateurs (2005).

6.5.4. Fer total (Fe^{2+} et Fe^{3+})

Le fer est ^{relativement} abondant dans les roches, se présentant sous forme de silicates, d'oxydes et hydroxydes, de carbonates et de sulfures, constituant quelques pour cent de leur composition. Par exemple, la craie contient des nodules de marcasite (sulfure), tandis que les terrains jurassiques présentent un niveau d'oolithes en oxydes de fer. Le fer est soluble sous forme d'ion Fe^{2+} (ion ferreux), mais insoluble sous forme d'ion Fe^{3+} (ion ferrique). La solubilité du fer dans l'eau dépend du potentiel d'oxydoréduction du milieu. Ainsi, les nappes captives, isolées des échanges avec la surface, se trouvent dans des conditions réductrices, ce qui rend leur eau ferrugineuse. Le fer dissous précipite dans un environnement oxydant, notamment aux sources et à la sortie des conduites. La présence de fer dans l'eau peut

favoriser la croissance de certaines souches de bactéries, qui précipitent le fer ou corrodent les canalisations (GUILLEMIN et ROUX, 1992).

6.6. Caractéristiques des éléments toxiques

6.6.1. Sélénium (Se)

Le sélénium est largement répandu dans la nature et présente une toxicité pour les êtres humains, affectant principalement le foie, les ongles et les cheveux. Les normes pour sa présence dans l'eau potable sont strictes, limitées à une concentration de 10 µg/l selon les directives de l'OMS, de l'UE, etc., comme mentionné par DEGREMONT (1940).

6.6.2. Cadmium (Cd)

Le cadmium est un élément chimique de numéro atomique 48 et de symbole Cd, fait partie de la famille des métaux lourds. Un matériau contenant du cadmium ou recouvert d'une fine couche de cadmium est qualifiée de "cadmié". Les eaux destinées à la consommation humaine doivent respecter une concentration maximale acceptable (CMA) de 0,005 mg/l (ou µg/l) de cadmium total. Lorsque des concentrations plus élevées sont observées dans les eaux de surface ou les eaux souterraines, l'origine du cadmium doit être recherchée dans les rejets industriels, notamment dans les processus de galvanoplastie, comme l'ont souligné RODIER et ses collègues (2009).

6.6.3. Fluor (F)

Une concentration élevée de fluor dans l'eau peut entraîner des taches sur l'émail des dents et la fluorose osseuse. Pour prévenir ces problèmes, un traitement spécifique est nécessaire lorsque la concentration en fluor dépasse environ 1 mg/l, comme indiqué par DEGREMONT (1940).

6.6.4. Arsenic (As)

L'arsenic est un élément chimique de numéro atomique 33 et symbolisé par As, se présente sous forme d'un solide cristallin argenté. Il possède des propriétés intermédiaires entre celles des métaux et des non-métaux, partageant des similitudes avec l'antimoine. Présent naturellement dans certaines eaux, l'arsenic est associé à des risques de cancers cutanés et peut-être d'autres types de cancers, ainsi que des problèmes circulatoires. Les normes de teneur admissible dans l'eau potable sont en constante révision, actuellement provisoirement fixées à 10 µg/l, comme indiqué par DEGREMONT (1940).

6.7. Caractéristiques bactériologiques

6.7.1. Streptocoques fécaux

Les streptocoques fécaux sont des bactéries appartenant à la famille des Streptococcaceae, du genre *Streptococcus*. Ce sont des cocci sphériques légèrement ovales, gram positifs, qui se présente le plus souvent en diplocoques ou en chaînettes. Ils se développent optimalement à 37°C et ont un caractère homo-fermentaire, produisant de l'acide lactique sans gaz (MANUEL de BERGEY, 1984). Ces cocci sont des indicateurs de contamination fécale relativement résistants, y compris dans des milieux salés (GAUJOUS, 1995). Ils peuvent également se multiplier dans des milieux présentant des pH allant jusqu'à 9.6, ce qui permet de les utiliser comme indicateurs d'organismes pathogènes présentant une résistance similaire au pH élevé (PNUE/OMS, 1977).

6.7.2. Coliformes fécaux

Les coliformes fécaux sont des bâtonnets Gram négatifs, aérobies et facultativement anaérobies, non sporulant, capables de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz à des températures de 36 et 44°C en moins de 24 heures. Ceux qui produisent de l'indole dans l'eau peptone contenant du tryptophane à 44°C sont souvent désignés sous le nom d'*Escherichia coli*, bien que ce groupe comprenne plusieurs souches différentes (PNUE/OMS, 1977 ; Rodier et al., 1996 ; JOLY et REYNAUD, 2003).

Les coliformes fécaux thermo-tolérants (44°C) sont considérés comme d'origine humaine. (GAUJOUS, 1995). Ils remplissent les critères de bons indicateurs. Cependant, leur survie relativement courte en eau de mer pose une difficulté potentielle qui peut nécessiter l'utilisation d'indicateurs supplémentaires (PNUE/OMS, 1977).

6.7.3. *Escherichia coli*

E. coli est le principal indicateur de contamination fécale, et sa présence suggère la probabilité de la présence de pathogènes fécaux d'origine hydrique dans l'eau. Un nombre important de non-conformités en matière de qualité de l'eau est attribuable à la détection d'*E. Coli* au-dessus des normes réglementaires (ABBERTON et al., 2016). *E. coli*, également connu sous le nom de « colibacille », est l'hôte normal de l'intestin humain et des animaux à sang chaud (DELARRAS, 2014).

6.7.4. Staphylocoques

Les staphylocoques sont des cocci sphériques mesurant de 0,5 à 1 µm de diamètre, Gram positif. Ce sont généralement des bactéries aéro-anaérobies facultatives, qui se trouvent souvent regroupées en amas. Leur température de croissance optimale est de 37°C, avec un pH optimal compris entre 7,2 et 7,4 (LARPENT et GOURGAUD, 1997).

6.7.5. Salmonelles

Les salmonelles sont des bacilles Gram négatif qui font partie de la famille des entérobactéries. Ils sont mobiles et peuvent vivre dans des environnements aéro-anaérobies facultatifs non sporulant. Ils se développent bien dans des milieux ordinaires, tels que le milieu Hektoen, pendant une période de 24 à 48 heures. Les salmonelles fermentent le glucose, possèdent la nitrate-réductase, mais ne possèdent pas d'oxydase uréase (LARPENT et GOURGAUD, 1997).

7. Pollution de l'eau

7.1. Définition

La pollution de l'eau définit comme l'introduction ou la présence de substances nocives dans des quantités suffisantes pour altérer les indices de qualité de l'eau naturelle. (NSIKAK, 2008). Selon PARK (2007) la pollution d'eau douce comme l'eutrophisation, acidification et la pollution de l'eau souterraine est une menace sérieuse pour la pureté de cette ressource vitale (PARK, 2007).

7.2. Origines de la pollution de l'eau

7.2.1. Pollution industrielle

Les activités industrielles émettent de nombreuses substances qui polluent nos rivières et nappes phréatiques, parfois de manière intense, avec des conséquences à long terme encore méconnues (DJEMMAL, 2009). Ces rejets industriels contiennent divers produits, qu'ils soient solubles ou insolubles, d'origine minérale et/ou organique, souvent biodégradables mais parfois toxiques, même à de faibles concentrations.

7.2.2. Pollution domestique

La pollution issue des foyers, généralement transportée par les systèmes d'assainissement, aboutit souvent aux stations d'épuration. Elle se manifeste par divers éléments, notamment des agents pathogènes fécaux, une importante concentration de matières

organiques, des sels minéraux comme l'azote et le phosphore, ainsi que des résidus de détergents (GAUJOUS, 1995).

7.2.3. Pollution naturelle

Certains composés naturellement présents dans l'environnement peuvent contaminer l'eau potable. Des substances inorganiques telles que le baryum, l'arsenic, les fluorures, le sodium, les chlorures, le mercure, le cadmium et les cyanures peuvent affecter la qualité de l'eau potable, en particulier les eaux souterraines lorsque ces métaux sont présents dans les formations géologiques environnantes (DJEMMAL, 2009).

7.2.4. Pollution par l'agriculture

L'utilisation d'engrais chimiques riches en azote et en phosphore, ainsi que de produits phytosanitaires pour protéger les cultures, peut entraîner une contamination des eaux de surface et souterraines en cas d'utilisation excessive, notamment lors de périodes de pluie (DJEMMAL, 2009).

8.1. Maladies d'origine bactérienne

On peut distinguer les infections et les intoxications d'origine bactérienne transmises par l'eau (Tableau 5). Dans les infections, les toxines sont produites par les germes au niveau du foyer infectieux, tandis que dans les intoxications, les toxines sont préformées dans l'eau destinée à la consommation. Dans le premier cas, le microorganisme infectant doit se fixer ou pénétrer dans la muqueuse intestinale, puis se multiplier, entraînant la production de toxines. Les symptômes de l'infection peuvent apparaître entre 12 et 21 jours après la contamination de l'eau, tandis que dans le cas de l'intoxication, où la toxine est ingérée avec l'eau, les symptômes surviennent quelques heures seulement après la consommation (HASLAY et LECLERC, 1993).

Tableau 5 : Les principales maladies d'origine hydrique liées à des bactéries (DELARRAS et TREBAOL, 2003).

Bactéries	Maladies
<i>Legionel lapneumophila</i>	Légionellose
<i>Salmonella typhi et paratyphi A et B</i>	Fièvre typhoïde
<i>Shigella dysenteriae</i>	Dysenterie bacillaire
<i>Vibrio cholerae</i>	Choléra

8.2. Maladies d'origine parasitaire

Dans les infections parasitaires telles que la Giardiase, les trophozoïtes atteignent la muqueuse et peuvent l'envahir, bien que le mécanisme de diarrhée ne soit pas complètement compris. Ces infections (tableau 5) se caractérisent par une durée des symptômes prolongée d'environ 6 semaines, comparativement aux infections virales ou microbiennes (HASLAY et LECLERC, 1993).

Tableau 6 : Maladies d'origines parasitaires transmises par l'eau (REJSEK, 2002).

Type d'organisme	Nom	Maladies	Type de contamination
Protozoaire	<i>Amibe</i>	Amibiase	Ingestion des Kystes
Protozoaire	<i>Cryptosporidium Parvum</i>	Gastro-entérite	Ingestion
Protozoaire	<i>Giardia lamblia, intestinals</i>	Gastro-entérite	Ingestion des Kystes
Protozoaire	<i>Plasmodium</i>	Paludisme	Piqûre d'Anophèle
Protozoaire	<i>Trypanosome</i>	Maladie du sommeil	Piqûre par Glossine
Helminthe	<i>Anguillule</i>	Anguillulose	Contact ou Ingestion
Helminthe	<i>Ankylostoma doudinale</i>	Ankylostomose	Contact
Helminthe	<i>Fasciola hepatica</i>	Douve du foie	Ingestion
Helminthe	<i>Filaires</i>	Filariose	Ingestion
Helminthe	<i>Ver de Guinée</i>	Dracunculose	Ingestion de crustacés

8.3. Maladies d'origine virale

Les virus, micro-organismes infiniment petits et très résistants dans l'eau, ne peuvent se multiplier qu'à l'intérieur d'une cellule vivante. Leur présence dans l'eau est généralement due à l'élimination humaine, principalement par les selles. Parmi les virus responsables de

maladies hydriques, on trouve les poliovirus sauvages, les virus d'hépatite infectieuses (type A, E....), les virus responsables des gastro-entérites chez les nourrissons (entérovirus, virus Echo, Coxsakies, Rotavirus) ainsi que les Adénovirus et l'Influenza, présents dans le mucus nasal et pouvant être accidentellement transmis par les eaux de baignade (BOUZIANI, 2000).

9. Traitement de l'eau

Les eaux de source ne peuvent pas être traitées car elles sont naturellement propres à la consommation humaine. Les seuls procédés autorisés pour éliminer les éléments instables (tels que les gaz, le fer...) sont : la filtration, désinfection, décantation et l'aération (LUNC et LAGRADETTE, 2004).



Chapitre II

*Présentation de la zone
d'étude et matériels et
méthodes*

1. Présentation de la zone d'étude

1.1. Situation géographique de la source d'eau Ait Ergane

La source d'eau d'Ait Ergane (figure 1 et 2) se situe au sud de la commune d'Agouni Gueghrane, à la frontière de la wilaya de Bouira. Elle se trouve à environ 20 km au sud de la daïra de Ouadhia, qui, à son tour, se trouve à 35 km au sud de la ville de Tizi Ouzou, couvrant une superficie de 139,540 km² et abritant une population de 55 377 habitants, avec une densité de 397 habitants par km². La daïra d'Ouadhia est constituée de quatre communes : Agouni Gueghrane, Ait Bouadou, Tizi Ntleta et Ouadhia. Ses frontières sont définies comme suit : à l'est par les communes d'Ouacif et d'Ait Toudert ; à l'ouest par les communes de Tizi N'Telata et d'Ait Bouadou ; au sud par la commune d'Agouni Gueghrane et le massif du Djurdjura ; et au nord par la daïra de Beni Douala, incluant la commune d'Ait Mahmoud.



Figure 1 : Localisation satellite de la source d'eau Ait Ergane (Google earth, 2024).



Figure 2 : Source d'eau Ait Ergane (Photographie originelle, 2024).

1.2. Situation climatique

Ait Ergane est caractérisé par un climat méditerranéen tempéré de type subhumide, se distinguant par des étés chauds et secs et des hivers pluvieux et humides, ainsi que par des chutes de neige fréquentes dans les montagnes à partir de 800 mètres d'altitude. La température moyenne s'élève à 18,5°C, tandis que les précipitations atteignent en moyenne 720,1 mm (ONM, 2024).

1.3. Couvert végétal

La végétation joue un rôle clé dans l'hydrologie, influençant le ruissellement et favorisant l'infiltration. Près de la source Ait Ergane, la végétation dominante (figure 3) comprend les essences suivantes : le frêne (*Fraxinus*) et les figuiers (*Ficus carica*), ainsi que d'autres plantes herbacées comme le saule (*salix lasiolpis*).

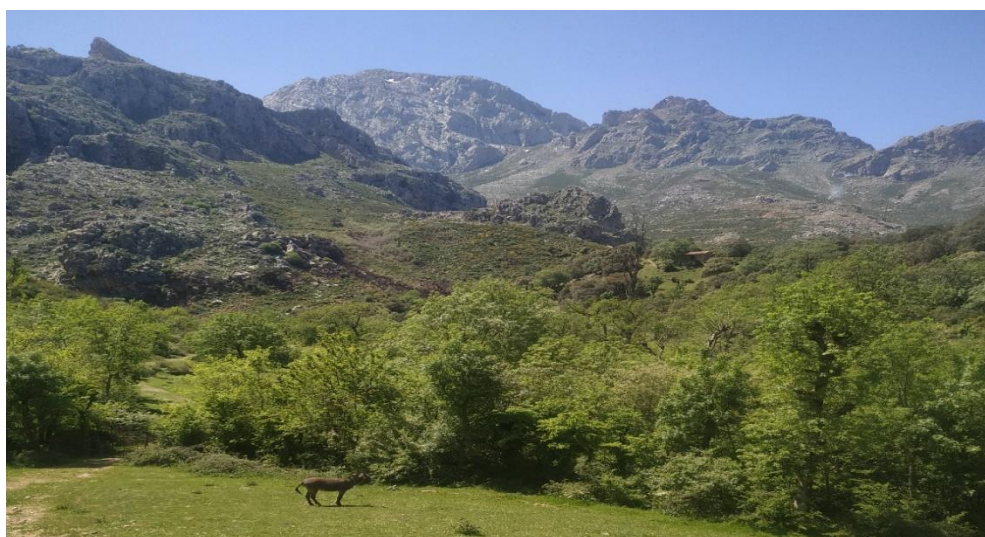


Figure 3 : Végétation qui entoure la source d'eau Ait Ergane (Photographie originelle, 2024).

2. Matériels et méthodes d'échantillonnages

2.1. Échantillonnage

Les échantillons d'eau ont été prélevés conformément au code 1001 le 05/02/2024 pour la période hivernale et le 07/07/2024 pour la période estivale et sont analysés au laboratoire central de l'Algérienne des eaux (ADE) de Tizi Ouzou sis à Boukhalfa. Ce laboratoire assure l'autocontrôle et garantit la qualité des eaux distribuées, respectant les normes physico-chimiques et bactériologiques pour toute la wilaya.

Une attention particulière est accordée à la sélection et à l'entretien du matériel de prélèvement pour assurer la validité des analyses. Il est recommandé d'utiliser des flacons en verre borosilicaté ou en polyéthylène haute densité, nettoyés avec précaution. Les flacons en verre sont stérilisés par chaleur, tandis que ceux en plastique le sont par irradiation. Le volume nécessaire pour une analyse complète d'eau peut varier de 2 à 5 litres.

2.1.1. Échantillonnage pour analyse physico-chimique

Le prélèvement se fait à partir d'un point d'émergence d'eau, notamment pour contrôler l'eau distribuée, il est essentiel d'éliminer l'eau stagnante dans les canalisations. Cela implique de laisser l'eau se couler pendant 2 minutes. Au moment du prélèvement, pour l'analyse physico-chimique, les flacons sont rincés à trois reprises avec de l'eau à analyser, puis remplis jusqu'au bord (figure 4). Le bouchon est placé de manière à éviter toute formation de bulles d'air et à garantir qu'il ne se détache pas pendant le transport. Il est nécessaire d'effectuer un test de chlore résiduel immédiat pour voir si une concentration adéquate de chlore pour maintenir la qualité de l'eau et assurer sa sécurité sanitaire. Avec un prélèvement d'un échantillon d'eau, ajoutez un comprimé réactif de chlore en utilisant le DPD (diéthyl-p-phénylènediamine) (figure 5), puis agitez pour dissoudre. Observez tout changement de couleur, comparez avec l'échelle fournie pour estimer la concentration en chlore. L'échantillon doit être étiqueté avec la date et l'heure du prélèvement, ainsi que le code de l'échantillon. De plus, le nom du point d'eau et sa localisation précise doivent être clairement indiqués.



Figure 04 : Flacon utilisé pour prélèvement physico-chimique (Photographie originale, 2024).



Figure 05 : Comprimé réactif de chlore DPD utilisé pour l'analyse de chlore résiduel (Photographie originelle, 2024).

2.1.2. Échantillonnage pour analyse bactériologique

L'échantillon d'eau est effectué dans les flacons en verre stérilisés (figure 6), après avoir nettoyé le point d'émergence d'eau avec l'alcool et le flambage de l'orifice d'émergence d'eau de la source pendant quelques minutes ainsi que l'ouverture du flacon puis nous avons rempli, les flacons ne sont pas remplis jusqu'au bord afin de laisser un peu d'air pour les bactéries aérobies. L'échantillon doit être étiqueté avec la date et l'heure du prélèvement, ainsi que le code de l'échantillon. De plus, le nom du point d'eau et sa localisation précise doivent être clairement indiqués.



Figure 06 : Flacon utilisé pour prélèvement bactériologique (Photographie originelle, 2024).

2.2. Transport et conservation de l'échantillon

Il est important de minimiser le temps de transport et d'éventuelle attente au laboratoire avant l'analyse. Pendant cette période, des phénomènes chimiques et bactériologiques peuvent survenir, comme des précipitations secondaires, des adsorptions sur les parois des récipients, des décompositions photos, des volatilisations ou des biodégradations. Ainsi, l'utilisation des glacières pour conservation et la création de conditions optimales de température d'environ 4°C et d'obscurité sont nécessaires (figure 7). L'analyse bactériologique doit être réalisée dans un délai de 8 heures après le recueil de l'échantillon.



Figure 07 : Glacière (Photographie originelle, 2024).

3. Méthodes d'analyse

3.1. Méthodes spectrophotométriques

La spectrophotométrie repose sur la loi de Beer-Lambert, selon laquelle la quantité de lumière absorbée dépend de la concentration de la solution en soluté absorbant (figure 8).



Figure 08 : Spectrophotométrie (Photographie originelle, 2024).

3.2. Méthodes volumétriques

Les méthodes volumétriques impliquent la réaction de volumes spécifiques de deux réactifs jusqu'à ce que la transformation soit complète (figure 9). Pour se faire, l'un des réactifs est ajouté au second par petites quantités jusqu'à ce que ce dernier soit entièrement converti ; le point d'équivalence de la réaction est alors déterminé par le changement de couleur d'un indicateur.

En l'absence d'un indicateur coloré, des méthodes électrochimiques peuvent être utilisées pour détecter le point d'équivalence. Dans ce cas, une courbe est tracée en mesurant une grandeur électrochimique (comme la résistance, le potentiel d'électrode ou le pH) après chaque addition du deuxième réactif.



Figure 09 : Réactif pour déterminer les analyses de types volumétriques (Photographie originale, 2024).

4. Types d'analyses

4.1. Analyse des paramètres organoleptiques

Dans le cadre de nos études sur les échantillons d'eau de source Ait Ergane, nous avons réalisé des analyses organoleptiques qui se sont concentrées sur les aspects suivants :

4.1.1. Évaluation de la couleur

L'évaluation de la couleur s'est faite à l'œil nu ou par une observation visuelle de plusieurs bouteilles et flacons remplis d'eau prélevée de la source.

4.1.2. Évaluation de l'odeur et du goût

L'odeur et le goût ont été évalués à l'aide des organes sensoriels (langue et nez). L'eau destinée à la consommation doit être dépourvue d'odeur ; la présence d'une odeur indique une éventuelle pollution ou la présence de matière organique en décomposition. Le goût a été détecté par dégustation, nécessitant un rinçage de la bouche avec de l'eau distillée avant chaque dégustation.

4.2. Analyse des paramètres physico-chimiques

L'évaluation des eaux souterraines se focalise principalement sur l'analyse des paramètres de base, notamment le pH, la température et la conductivité, ainsi que sur la présence des ions majeurs et d'éventuels éléments traces. Ces mesures de conductivité, température et pH sont cruciales pour déterminer les caractéristiques fondamentales de l'eau. Dans notre étude sur l'analyse de l'échantillon d'eau de la source Ait Ergane, nous avons réalisé des analyses physico-chimiques qui se sont concentrées sur les aspects suivants :

4.2.1. Température

4.2.1.1. Principe

La température de l'eau est évaluée sur place à l'aide d'un thermomètre précis, dont la graduation est au 1/10 de degré. La lecture est effectuée après une immersion de 10 minutes pour garantir une mesure stable.

4.2.1.2. Mode opératoire

Pour la mesure de la température, nous avons rincé le thermomètre dans l'échantillon d'eau à analyser, puis nous attendons que l'appareil se stabilise avant de noter la valeur de la température.

4.2.2. pH

4.2.2.1. Principe

La méthode repose sur l'utilisation d'un pH-mètre. La mesure du pH d'une solution est fondée sur la détermination du potentiel d'une électrode à hydrogène immergée dans la solution. Le pH est égal au logarithme décimal de l'inverse de sa concentration en ions H⁺.

4.2.2.2. Mode opératoire

Le pH se mesure à l'aide de pH-mètre (figure 10), nous avons réalisé l'étalonnage avec une solution tampon à pH=7 et une solution tampon à pH=4, qui maintiennent leur pH malgré l'addition d'acide de base ou une dilution. Ensuite, nous avons rincé l'électrode dans l'eau à analysé. Enfin nous avons laissé l'appareil se stabiliser avant de relever la valeur du pH.

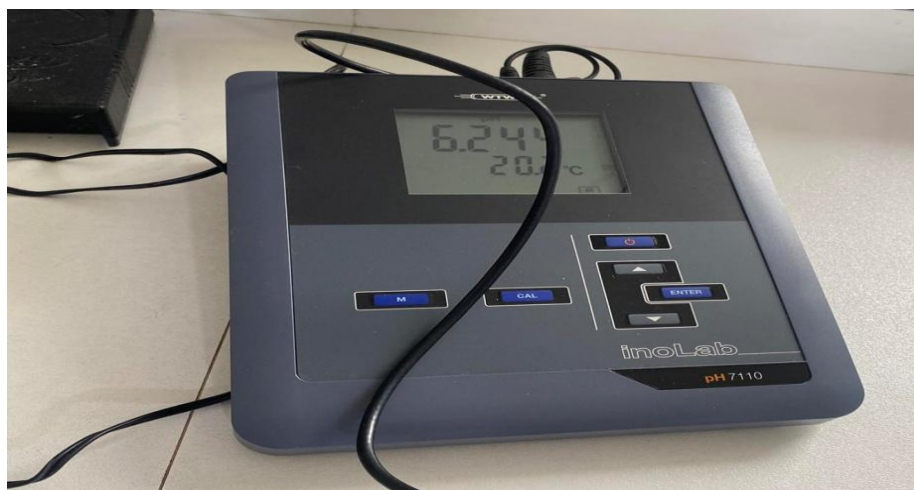


Figure 10 : pH-mètre (Photographie originale, 2024).

4.2.3. Conductivité

4.2.3.1. Principe

La conductivité électrique de l'eau est une indication de sa capacité à conduire un courant électrique à travers les ions qu'elle contient. Cette conductivité dépend de divers facteurs tels que la concentration et la nature des ions, la température et la viscosité de la solution. La mesure de la conductivité est effectuée en évaluant la conductance entre deux électrodes métalliques d'une surface de 1 cm², séparées d'une distance de 1 cm. La conductivité est l'inverse de la résistivité électrique. Elle est généralement exprimée en micro-siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$), bien que son unité standard soit le siemens par mètre (S/m).

4.2.3.2. Mode opératoire

Pour mesurer la conductivité, nous avons utilisé un conductimètre, un appareil spécialement conçu à cet effet (figure 11). Chaque matin, nous avons effectué un étalonnage en utilisant une seule valeur de référence, fixée à 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Ensuite, nous avons procédé au rinçage méticuleux de la cellule de conductivité. Tout d'abord, nous l'avons rincée avec de l'eau distillée en la plongeant dans un récipient contenant l'échantillon d'eau à analyser, puis nous avons veillé à immerger complètement les électrodes de platine et à agiter le liquide pour

homogénéiser la concentration ionique et éliminer les bulles d'air sur les électrodes. Enfin, nous avons effectué la mesure aussi rapidement que possible. Après chaque mesure, nous avons soigneusement rincé l'électrode avec de l'eau distillée pour éviter toute contamination entre les échantillons.

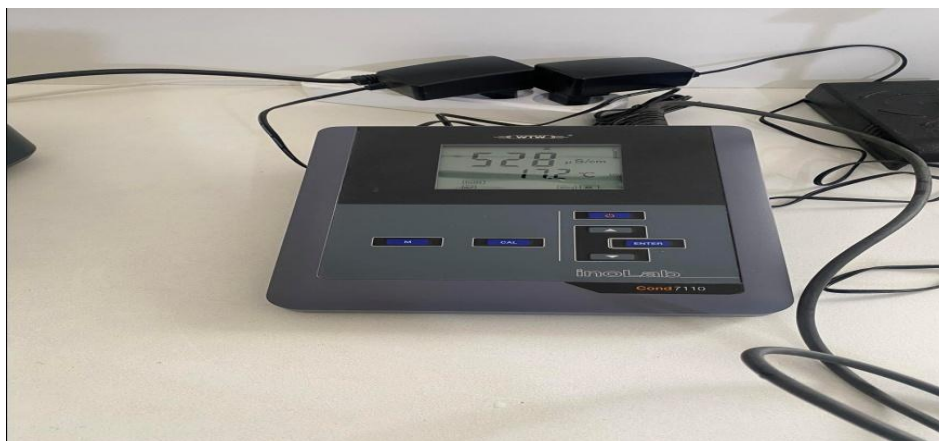


Figure 11 : Conductimètre (Photographie originelle, 2024).

4.2.4. Résidus secs à 105 °C à 110°C

4.2.4.1. Principe

Le principe de résidu sec consiste à déterminer la quantité de matière solide présente dans un échantillon liquide après avoir enlevé toute l'eau. Pour cela, on prend un échantillon de liquide et on le chauffe à 105 °C pour évaporer toute l'eau. Ce qui reste après l'évaporation est ce qu'on appelle résidu sec. On mesure ensuite ce résidu pour savoir combien de particules solides et de sels étaient dissous dans le liquide initial.

4.2.4.2. Mode opératoire

Nous avons évaporé progressivement au bain-marie dans un flacon de 500 ml rempli à mi-hauteur d'eau filtrée, puis nous avons lavé la fiole utilisée pour mesurer le volume d'eau avec de l'eau permutée, en ajoutant les eaux de lavage pendant l'évaporation. Une fois toute l'eau évaporée, nous avons placé le flacon dans une étuve à 105°C pendant 4 heures, ensuite nous l'avons laissé refroidir pendant 15 minutes dans un dessiccateur. Nous avons pesé rapidement le résidu, qui est généralement hygroscopique pour éviter ce problème. Enfin nous avons déposé 1 ou 2 mg de fluorure de sodium au fond de la capsule avant de déterminer la tare. En effet, les fluorures alcalino-terreux perdent facilement leur excès d'eau à 105°C ; protégés contre l'hydrolyse par leur insolubilité, ils cristallisent en poudre fine. La masse du résidu sec est multipliée par 2 pour obtenir la masse du résidu sec par litre d'eau.

4.2.5. Turbidité

4.2.5.1. Principe

La turbidité de l'eau est due aux particules en suspension. Deux méthodes sont utilisées pour la mesurer : l'effet Tyndall pour les faibles turbidités (eau potable) et l'opacimétrie pour les turbidités élevées (eau brute, eaux résiduaires). L'étalonnage de l'appareil est indispensable.

4.2.5.2. Mode opératoire

La turbidité est mesurée à l'aide d'un turbidimètre (Figure 12), 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. Enfin nous avons relevé la mesure lorsque la valeur était stable, les résultats exprimés en NTU, étaient directement affichés.



Figure 12 : Turbidimètre (Photographie originelle, 2024).

4.3. Analyse des paramètres de minéralisation

4.3.1. Dureté totale (TH)

4.3.1.1. Principe

La dureté totale (TH) est déterminée par un titrage molaire des ions calcium et magnésium avec une solution de sel disodique de l'acide EDTA à pH=10. L'indicateur coloré utilisé est le NET (Noir d'Eriochrome T), qui produit une couleur caractéristique.

4.3.1.2. Mode opératoire

Dans un échantillon de 50 ml d'eau à analyser, nous ajoutons 4 ml d'une solution tampon à pH=10 (solution de NH_4Cl). En présence de l'indicateur coloré, la solution doit virer au rouge foncé ou violet. Ensuite, nous procédons au titrage goutte à goutte avec une solution d'EDTA 0,01 N jusqu'à ce que le virage se fasse et que la couleur devienne bleu royale (figure 13). Si le volume d'EDTA utilisé est supérieur à 20 ml, il est nécessaire de diluer l'échantillon au 1/10.

La dureté totale (TH) est calculée à partir de la formule :

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$C_1 (\text{Ca}^{2+}, \text{Mg}^{2+}) = (C_2 \times V_2) / V_1 \times 1000 \text{ (mol/l)}$$

C_2 : Concentration de l'EDTA (mol/l)

V_1 : Volume de la prise d'essai (50 ml)

Donc : Dureté Totale $C_1 = V_2 \text{ EDTA} \times 0,2 \times 2 \text{ méq/l}$



Figure 13 : Réactifs utilisés pour l'analyse de la dureté (Photographie originelle, 2024).

4.3.2. Calcium

4.3.2.1. Principe

Le titrage des ions calcium est effectué en utilisant une solution aqueuse d'EDTA (d'une concentration de 0.01 mol/l) à un pH compris entre 12 et 13. L'indicateur HSN (murexide) réagit avec les ions calcium pour former un complexe rouge. Ce processus de titrage permet à l'EDTA de réagir d'abord avec les ions calcium libres, puis au point d'équivalence, avec les ions calcium et magnésium associés à l'indicateur, changeant la couleur du violet au bleu clair.

4.3.2.3. Mode opératoire

À l'aide d'une pipette, nous avons prélevé 50 ml de l'eau à analyser dans un erlenmeyer de 250 ml, puis nous avons ajouté 2 ml de solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) et une pincée de l'indicateur HSN d'une teinte violette (figure 14), d'environ 0.2 g, faisant virer la couleur du mélange en violet. Ensuite nous avons titrer avec la solution jusqu'à l'apparition de couleur bleu clair. Cette couleur ne doit pas changer même avec l'ajout d'une goutte supplémentaire d'EDTA. La quantité d'EDTA utilisée correspond à la concentration de calcium présente dans l'échantillon, notée en mg/l.



Figure 14 : Réactifs de dosage de calcium (photographie originelle, 2024).

4.3.3. Magnésium

4.3.3.1. Principe

Le titrage des ions magnésium est similaire à celui du calcium, mais il se fait à un pH légèrement plus bas. On utilise une solution d'EDTA pour capturer les ions magnésium libres. Quand l'EDTA réagit avec tous les ions magnésium présents, il y a un changement de couleur, indiquant la fin du titrage..

4.3.3.2. Mode opératoire

Nous avons commencé par prélever 50 ml de l'eau à analyser à l'aide d'une pipette et les avons placés dans un erlenmeyer. Nous avons ensuite ajouté 2 ml de solution tampon, généralement d'ammoniaque, pour ajuster le pH. Après cela, nous avons incorporé une pincée d'indicateur, ce qui a coloré le mélange en violet. Nous avons procédé au titrage en ajoutant lentement la solution d'EDTA tout en mélangeant. Le titrage a été arrêté une fois que la couleur du mélange a viré du violet au bleu clair. La quantité d'EDTA utilisée a permis de déterminer la concentration en ions magnésium dans l'échantillon.

4.3.4. Alcalinité

Pour évaluer l'alcalinité, on mesure les volumes d'acide requis pour neutraliser deux niveaux de pH de l'eau à analyser, à savoir 8.3 et 4.3, en utilisant un indicateur coloré. La première étape détermine le titre alcalimétrique (TA), tandis que la seconde calcule le titre alcalimétrique complet (TAC).

4.3.4.1. Principe

Le dosage du TA repose sur la neutralisation d'un volume d'eau par de l'acide chlorhydrique dilué, en présence de phénolphtaléine, pour mesurer la concentration en hydroxyde libre et en carbonate (CO_3^{2-}).

Le dosage du TAC se base sur la neutralisation d'un volume d'eau par de l'acide dilué, en présence de méthyle orange, afin de déterminer la concentration en hydrogénocarbonates dans l'eau.

4.3.4.2. Mode opératoire

Pour le TA, nous avons prélevé 10 ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer de 250 ml, auxquels nous avons ajouté 2 gouttes de phénolphtaléine, qui doivent donner une couleur rose (sinon le TA est nul). Pour le TAC, les mêmes étapes sont suivies avec l'ajout de méthyle orange, puis nous nous titré avec l'acide chlorhydrique jusqu'au changement de couleur du jaune au jaune orange (figure 15).



Figure 15 : Réactifs utilisés pour l'analyse de l'alcalinité (Photographie originelle, 2024).

4.3.5. Potassium et sodium

4.3.5.1. Principe

Le principe de mesure du taux de potassium et de sodium repose sur l'utilisation d'un spectrophotomètre à flamme (figure 16) préalablement étalonné. Pour le dosage du potassium, une solution étalon de concentration 1000 mg/l, composée de 1907 mg de chlorure de potassium (KCl) dissous dans 1 litre d'eau distillée, est utilisée. Pour le sodium, l'étalonnage de l'appareil est réalisé avec une solution étalon contenant 2540 mg de chlorure de sodium (NaCl) dissous dans 1 litre d'eau distillée, également à une concentration de 1000 mg/l.

4.3.5.2. Modes opératoires

➤ Potassium

Une fois l'appareil allumé et la flamme stabilisée, nous avons réglé l'appareil en effectuant d'abord un blanc pour stabiliser l'appareil à 0, puis en passant trois fois la solution étalon de KCl à 10 mg/l. Une fois que le chiffre 10 est affiché, nous avons introduit le bécher contenant notre échantillon à analyser, dont la valeur de potassium s'affiche ensuite sur l'écran de l'appareil en mg/l. Si cette valeur dépasse 10 mg/l, nous procédons à une dilution, multipliant ainsi la concentration par le facteur de dilution approprié.

➤ Sodium

Les étapes pour le dosage du sodium sont similaires à celles du potassium, à l'exception de l'étalonnage de l'appareil, pour lequel nous utilisons la solution de chlorure de sodium.



Figure 16 : Spectrophotomètre à flamme (photographie originale, 2024).

4.3.6. Bicarbonates

4.3.6.1. Principe

Le principe repose sur la réaction des bicarbonates avec un acide, produisant du dioxyde de carbone (CO_2). La quantité de CO_2 dégagée est mesurée, et la concentration de bicarbonates est calculée à partir de cette mesure.

4.3.6.2. Mode opératoire

Nous avons prélevé un volume d'échantillon et l'avons transféré dans un bécher. Nous avons ensuite ajouté de l'acide chlorhydrique dilué pour provoquer la libération du dioxyde de carbone (CO_2) des bicarbonates présents. Le CO_2 dégagé a été capturé dans un dispositif de mesure approprié, soit par titrage avec une solution basique, soit par une méthode volumétrique. Après avoir mesuré la quantité de CO_2 produite, nous avons utilisé ces données pour calculer la concentration de bicarbonates dans l'échantillon.

4.3.7. Chlorures

4.3.7.1. Principe

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

4.3.7.2. Mode opératoire

Dans un erlenmeyer de 250 ml, nous avons versé 100 ml de l'échantillon d'eau à analyser, puis nous avons ajouté 1 ml de chromate de potassium (K_2CrO_4) à une concentration de 100 g/l. Enfin nous avons agité le mélange (figure 17). Une couleur jaune est alors apparue, suivie d'un titrage avec une solution de nitrite d'argent (AgNO_3) de concentration 0.02 mol/l, jusqu'à l'apparition d'une couleur rouge brique.

Le volume de nitrite d'argent ajouté correspond à la concentration des chlorures présents dans la solution titrée, exprimée en mg/l.

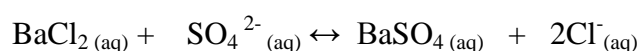


Figure 17 : Réactifs de dosage de chlorures (Photographie originale, 2024).

4.3.8. Sulfate SO_4^{2-}

4.3.8.1. Principe

Pour déterminer la concentration en ions sulfate, ces derniers sont précipités sous forme de sulfate de baryum. Cette réaction chimique se déroule comme suit :



Les réactifs utilisés sont les suivants :

- Réactifs à base d'acide chlorhydrique (HCl) : Un mélange de 50 ml de glycérine avec une solution contenant 30 ml d'acide chlorhydrique concentré, 300 ml d'eau distillée, 100 ml d'éthanol absolu à 95%, 75 g de chlorure de sodium (NaCl) ;
- Chlorure de baryum (BaCl_2) ;
- Solution étalon de Sulfate de Sodium anhydre (0,1 g/l de SO_4^{2-}).

4.3.8.2. Mode opératoire

Pour réaliser le dosage, nous avons dilué 100 ml d'eau à analyser et nous avons ajouté 5 ml du réactif à base d'acide chlorhydrique, puis nous avons agité précisément pendant 1 minute lors de l'ajout de BaCl_2 . Ensuite, nous avons réglé le spectrophotomètre UV-VIS pour mesurer la concentration de sulfate à une longueur d'onde de 420 nm. Nous avons introduit un échantillon d'eau distillée dans la cuve du spectrophotomètre pour le calibrer à zéro, puis nous l'avons retiré. Ensuite, nous avons placé notre échantillon dans l'appareil et appuyons sur le bouton de mesure. Enfin, nous avons relevé le résultat pour déterminer la concentration massique de SO_4^{2-} en mg/l dans l'eau, nous avons utilisé les données obtenues à partir de la lecture spectrophotométrique.

4.4. Analyse des paramètres indésirables

4.4.1. Fer total

4.4.1.1. Principe

Le fer total présent dans l'eau peut se présenter sous différentes formes. Théoriquement, on peut distinguer le fer en suspension et le fer dissous. La réaction de la phénantroline se limite au Fe^{2+} . Ainsi, la détermination du fer dissous Fe^{2+} et Fe^{3+} ne peut être effectuée qu'après la réduction du Fe^{3+} . Cela génère la formation d'un complexe rouge orangé en milieu tamponné, dont on mesure ensuite l'absorbance par spectrométrie.

4.4.4.2. Mode opératoire

Une prise d'essai de 50 ml est réalisée, à laquelle sont ajoutés 2 ml d'acétate d'ammonium d'acide acétique, 1 ml de chlorhydrate d'hydroxylamine et 2 ml de phénantroline (figure 18). Nous laissons reposer pendant 15 minutes à l'obscurité, puis la lecture se fait à une longueur d'onde de 510 nm.

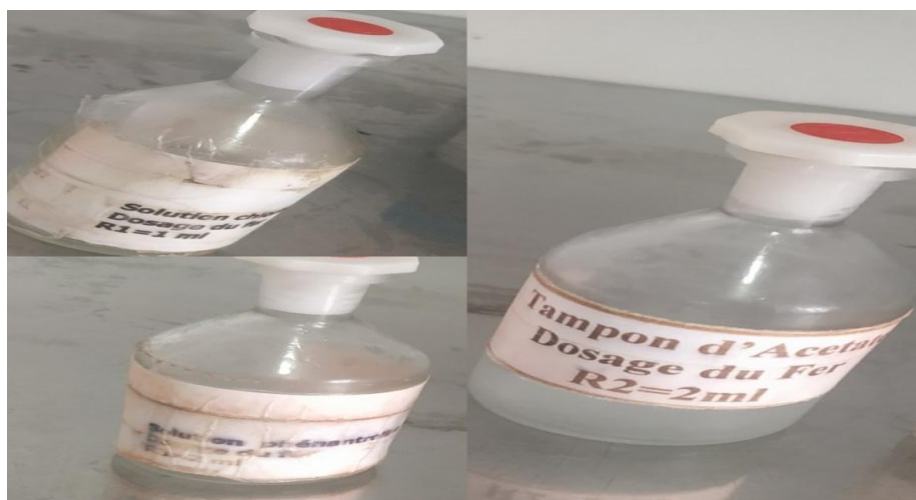


Figure 18 : Réactifs utilisés pour l'analyse de fer (Photographie originelle, 2024).

4.5. Analyse des paramètres de pollution

4.5.1. Ammonium

4.5.1.1. Principe

La méthode de mesure spectrométrique repose sur la réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitroprussiate de sodium, formant ainsi un composé bleu. La quantité de ce composé bleu formé est directement proportionnelle à la concentration d'ammonium dans l'échantillon.

4.5.1.2. Mode opératoire

Nous avons prélevé 40 ml de l'échantillon d'eau à analyser et nous avons ajouté 4 ml du réactif coloré, ce qui provoquera l'apparition d'une coloration jaune, puis nous avons ajouté 4 ml de la solution de dichloroisocyanurate de sodium et homogénéiser, ensuite nous avons ajouté 2 ml d'eau distillée (figure 19). Après une heure de réaction, si une coloration verdâtre apparaît, nous mesurons l'absorbance des ions ammonium à une longueur d'onde $\lambda = 655$ nm.

Cette méthode permet une détection sensible de l'ammonium dans l'échantillon d'eau, fournissant ainsi des informations précieuses sur sa concentration dans la solution analysée.



Figure 19 : Dosage d'ammonium (Photographie originale, 2024).

4.5.2. Nitrite

4.5.2.1. Principe

La méthode de détermination des nitrites repose sur leur réaction avec l'acide sulfanilique pour former un sel intermédiaire de diazonium. Ce sel réagit ensuite avec l'acide chromotrope pour former un complexe de couleur rose. L'intensité de cette couleur est directement proportionnelle à la concentration de nitrites dans la solution. La lecture de cette réaction se fait à une longueur d'onde de 540 nm.

4.5.2.2. Mode opératoire

Nous avons introduit 50 ml d'échantillon d'eau dans un récipient, puis nous avons ajouté 1 ml du réactif mixte, ensuite nous avons attendu au moins 20 minutes. L'apparition d'une coloration rose indique la présence de nitrites (NO_2^-) (figure 20). Nous avons mesuré l'absorbance de chaque étalon à la longueur d'onde $\lambda = 540$ nm pour obtenir la lecture de la réaction. Cette méthode permet une détection sensible et spécifique des nitrites dans l'échantillon d'eau, fournissant ainsi des informations précieuses sur leur concentration dans la solution analysée.



Figure 20 : Dosage de nitrite (Photographie originale, 2024).

4.5.3. Matière organique

4.5.3.1. Principe

L'indice de permanganate d'une eau mesure la concentration en oxygène équivalente à la quantité d'ions permanganate consommée lors du traitement d'un échantillon d'eau par le permanganate. Dans ce processus, un échantillon d'eau est exposé à une quantité connue de permanganate de potassium et d'acide sulfurique pendant une période fixe de 10 minutes. Une partie du permanganate réagit avec les matières oxydables présentes dans l'échantillon. L'excès de permanganate est ensuite déterminé en ajoutant un excès d'oxalate, suivi d'un titrage de l'oxalate en excès par du permanganate.

4.5.3.2. Mode opératoire

Nous avons versé 25 ml d'échantillon d'eau à analyser dans un bécher de 100 ml et nous avons ajouté 5 ml d'acide sulfurique, puis nous avons mélangé délicatement, ensuite nous avons chauffé le bécher sur une plaque chauffante jusqu'à ébullition. Nous avons ajouté 5 ml de la solution étalon de permanganate de potassium (2 mmol/l) et démarré le chronomètre, en maintenant l'ébullition pendant 10 minutes. Après 10 minutes, nous avons ajouté 5 ml de la solution étalon d'oxalate de sodium (5 mmol/l) à l'aide d'une pipette et attendre que la solution se décolore (figure 21). Puis nous avons retiré le bécher de la plaque chauffante et le placer sur un agitateur, préalablement recouvert d'une feuille blanche pour une meilleure visibilité de la coloration rose pâle à venir. Nous avons titré la solution encore chaude avec la solution de permanganate de potassium (2 mmol/l) jusqu'à ce qu'une coloration pâle persiste pendant environ 30 secondes. Noter le volume V_1 de permanganate consommé. Parallèlement à la détermination, effectuer un essai à blanc en suivant le même protocole, mais en remplaçant l'échantillon par 25 ml d'eau distillée. Nous avons noté le volume V_0 de permanganate consommé. Pour le blanc titré,

nous avons ajouté 5 ml de la solution d'oxalate de sodium (5 mmol/l), nous avons réchauffé la solution pendant une à deux minutes et titrer avec la solution de permanganate de potassium (2 mmol/l) jusqu'à l'apparition d'une coloration rose persistante pendant 30 secondes. Noter le volume V_2 de permanganate consommé.

Calcul de l'indice de permanganate (I Mn) :

L'indice de permanganate est exprimé en milligrammes d'oxygène par litre et est calculé selon la formule suivante :

$$I_{Mn} = (V_1 - V_0) \times F / V_2$$

Où :

V_0 : Volume, en millilitres, de la solution de permanganate consommé lors du dosage du blanc.

V_1 : Volume, en millilitres, de la solution de permanganate consommé lors du dosage de l'échantillon.

V_2 : Volume, en millilitres, de la solution de permanganate consommé lors de la vérification de la solution titrant.

F : facteur correctif utilisé pour exprimer le résultat en milligrammes d'oxygène par litre.



Figure 21 : Réactifs utilisés pour l'analyse de matière organique (Photographie originale, 2024).

4.5.4. Nitrates

4.5.4.1. Principe

Cette méthode consiste à former le nitro 4 diméthyl 2,6-phénol à partir de la réaction du nitrate avec le diméthyl 2,6-phénol en présence d'acide sulfurique et d'acide phosphorique. La réaction durera environ 5 minutes.

4.5.4.2. Mode opératoire

Nous avons ajouté 35 ml d'acide dans une fiole de 50 ml, puis 5 ml de l'échantillon. Ensuite, nous avons incorporé 5 ml du réactif 2 R (diméthyle 2-6 phénol) pour obtenir une coloration en présence de nitrates. Un essai à blanc a été préparé avec les mêmes réactifs, mais sans ajout d'échantillon. Après 20 minutes, la concentration de nitrates dans l'échantillon a été mesurée à l'aide d'un spectrophotomètre.

4.5.5. Phosphate

4.5.5.1. Principe

Le principe de l'analyse du phosphate repose sur la formation d'un complexe coloré lorsqu'un réactif, tel que le molybdate d'ammonium, réagit avec les ions phosphate présents dans l'échantillon. Cette réaction produit une couleur bleue dont l'intensité est proportionnelle à la concentration de phosphate. L'intensité de la couleur est ensuite mesurée par spectrophotométrie pour quantifier les phosphates.

4.5.5.2. Mode opératoire

Dans un échantillon d'eau de source à analyser, nous avons rajoutés 2 réactifs ; 1 ml de l'acide ascorbique et 2 ml du réactifs mélange, puis nous l'avons mélangé soigneusement et incubé pendant 10 minutes. Après le temps de contact, l'apparition d'une couleur bleue indique la présence du phosphate. Ensuite, nous avons effectué la mesure des PO_4^{3-} à l'aide d'un spectrophotomètre à une longueur d'onde $\lambda = 880 \text{ nm}$.

4.6. Analyse bactériologique

L'objectif de l'analyse bactériologique est de chercher et de recenser les germes présents dans l'eau à analyser, qui sont recherchés soit par filtration sur membrane (milieu solide, c'est-à-dire la gélose) soit par ensemencement en milieu liquide (bouillon). Le personnel de laboratoire

de l'ADE de Boukhalfa a réalisé les analyses de l'eau de la source Ait Ergane, en se référant à la recherche et au dénombrement des germes suivants :

- Coliformes totaux ;
- Streptocoques fécaux ;
- *Escherichia coli*.

4.6.1. Dénombrement des bactéries par filtration sur membrane

4.6.1.1. Dénombrement des coliformes

- **Principe**

Le principe de cette méthode consiste à la recherche et le dénombrement des coliformes, y compris *Escherichia coli*, dans l'échantillon d'eau en une filtration sur membrane avec une gélose chromogène (CCA). Cette méthode se divise en deux étapes : le test de présomption pour rechercher les coliformes et les coliformes thermo tolérants, suivi du test de confirmation pour confirmer la présence de ces bactéries. Les colonies obtenues après incubation à 37°C puis 44°C pendant 24 ou 48 heures sont comptées pour déterminer le nombre de coliformes totaux et fécaux présents dans l'échantillon.

- **Milieu de culture**

Gélose chromogène pour bactéries coliformes (CCA) et disque d'oxydase

- **Mode opératoire**

Nous avons stérilisé l'entonnoir et les membranes poreuses à l'aide d'un bec bunsen (figure 22), puis nous avons mis en place une membrane de porosité de 0.45 µm qui se place entre la membrane poreuse et l'entonnoir. Ensuite nous avons agité soigneusement le flacon d'eau de source à analyser et versé stérilement (dans la zone de stérilité du bec bunsen) 100 ml de l'eau à analyser en actionnant la pompe à vide pour faire absorber l'eau à travers la membrane. Nous avons finalement transféré la membrane en utilisant une pince stérile pour la saisir par son bord et nous l'avons placée dans une boîte de pétrie dans le milieu de culture CCA préalablement préparée et incubée à 37°C pendant 24 h voire 48 h.



Figure 22 : Dénombrement des coliformes et *Escherichia coli* par la méthode solide (photographie originelle, 2024).

- **Lecture**

Les coliformes sont représentés par des colonies de couleur rose, ayant une réaction négative à l'oxydase, tandis que les *E. coli* se présentent sous la forme de colonies de couleur bleu et ont une réaction positive à l'indole.



Figure 23 : Confirmation des coliformes fécaux sur disque d'oxydase (Photographie originelle, 2024).

4.6.1.2. Dénombrement des streptocoques

- **Principe**

Dénombrement et recherche des streptocoques éventuellement présents dans l'échantillon d'eau à analyser par comptage des colonies obtenues après l'incubation à 37°C pendant 48h.

- **Milieux de culture**

Gélose Slanetz et Brtely. et gélose Bile Esculine Azoture (BEA).

- **Lecture**

Les streptocoques se manifestent sous la forme de petites colonies lisses légèrement bombées et pigmentées en rouge (figure 24). Ensuite, nous avons transféré aseptiquement la membrane du milieu Slanetz et Barteley à une autre boîte de pétri contenant de la gélose Bile Esculine Azoture (BEA) qui est incubée à une température de 44°C pendant 2 heures.

Les colonies spécifiques acquièrent une teinte noire, ce qui témoigne de l'hydrolyse de l'esculine présente dans le milieu. Ensuite, nous déterminons le nombre de colonies.

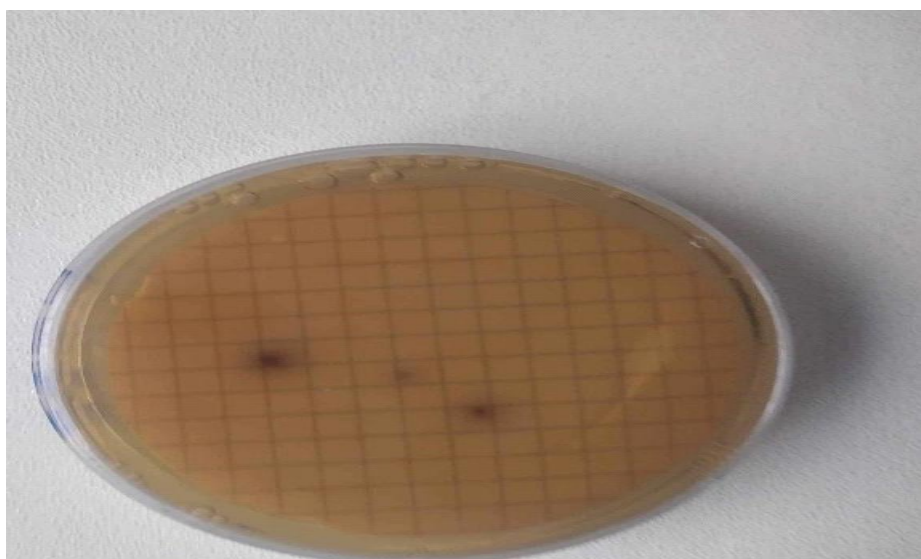


Figure 24 : Confirmation des streptocoques sur un milieu BEA (Photographie originelle, 2024).

4.6.2. Dénombrement des bactéries par la méthode en milieu liquide par détermination du nombre le plus probable (NPP)

4.6.2. 1. Dénombrement des coliformes totaux et thermo-tolérant (*E.Coli*)

- **Principe**

Dénombrement et recherche des coliformes totaux et coliformes thermo-tolérants (*E. coli*) dans le milieu de bouillon lactosé au pourpre bromocresol (BCPL) simple concentration et double concentration.

- **Milieus de culture**

- Bouillon lactosé au pourpre de Bromocrésol (BCPL) à double concentration (DC).
- Bouillon lactosé au pourpre de Bromocrésol (BCPL) à simple concentration (SC).
- Milieu de confirmation : bouillon de Schubert et réactif de Kovacs pour la recherche de l'indole.

- **Mode opératoire**

Cette méthode consiste à la recherche d'*Escherichia Coli*, les coliformes et les streptocoques fécaux et se fait en deux tests :

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

- **Test de présomption**

L'objectif de ce test est de détecter les coliformes en ensemençant sept tubes de bouillon lactosé au pourpre de Bromocrésol (BCPL), chacun équipé d'une cloche de Durham, dont cinq tubes utilisent une double concentration (DC) et deux tubes utilisent une simple concentration (SC). Ainsi, de manière aseptique, nous avons introduit 10ml d'eau à analyser dans chaque tube de double concentration et 1 ml dans l'un des tubes SC et 0.1 ml dans l'autre. Une fois que nous avons éliminé toute bulle d'air possible dans les cloches de Durham et bien mélangé le milieu de culture, nous l'avons fait incuber à une température de 37°C pendant 24 à 48 heures.

- **Lecture**

Les tubes sont considérés comme positifs après incubation s'ils présentent à la fois un dégagement de gaz supérieur au 1/10 de la hauteur de la cloche et un trouble microbien avec un changement de couleur du milieu au jaune (figure 25). Cela ne signale que l'existence des bactéries, mais leur confirmation requiert un test confirmatif effectué dans un bouillon spécifique pour chaque type de bactéries (*E.coli* et coliformes fécaux).



Figure 25 : Milieu BCPL en présence des coliformes fécaux et thermo tolérants
(Photographie originelle ADE, 2024).

➤ **Test de confirmation**

- ***E.Coli***

Le test de confirmation est basé sur la recherche des coliformes thermo tolérant parmi lesquels la présence *E.coli* qui ont les mêmes priorités de fermentation que les coliformes mais a 44°C. Les tubes BCPL qui ont été détectés positifs seront recueillis à l'aide d'une pipette dans des tubes contenant le milieu Schubert équipés d'une cloche de Durham. Nous avons procédé à l'incubation à une température de 44°C pendant 24 h après avoir éliminé l'air présent dans la cloche et bien mélangé les milieux.

- **Lecture**

Après l'incubation, on considère les tubes présentant :

- Un trouble microbien ;
- Un dégagement du gaz ;

- Un anneau rouge en surface, témoin de la production d'indole par *E.coli*, après adjonction de deux à trois gouttes du réactif de Kovacs.

La lecture finale est toujours effectuée conformément aux directives de la table de NPP, en prenant en considération que les *E.coli* génèrent du gaz et de l'indole à une température de 44°C.

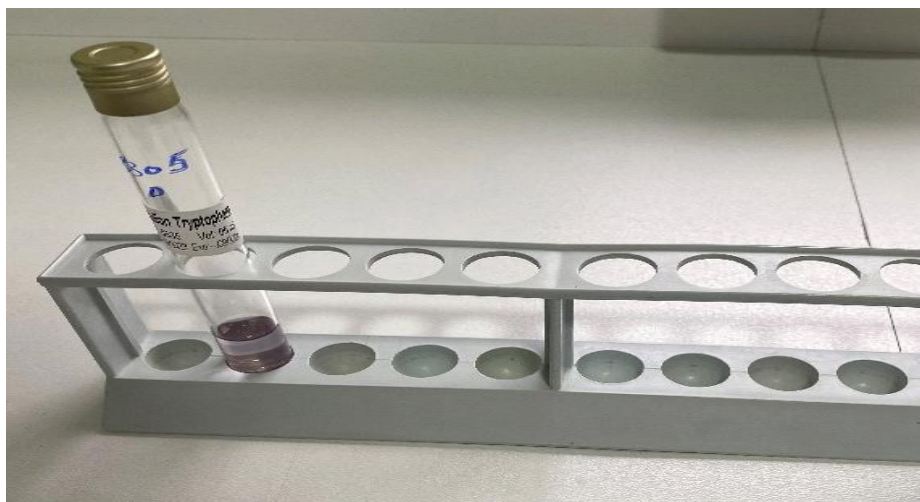


Figure 26 : Confirmation de présence *E.coli* par le réactif kovacs dans un milieu tryptophane (Photographie originelle, 2024).

- **Coliformes fécaux**

Les tubes BCPL positifs doivent être transférés vers un milieu BLBVB (figure 27), équipé d'une cloche du Durham, et quelques gouttes du mélange (milieu et inoculum) doivent être ajoutées à l'aide d'une pipette. Ensuite, ils doivent être incubés dans une étuve pendant 24 heures à une température de 37 °C. Les coliformes fécaux sont signalés par l'apparition d'un trouble microbien suivi d'un dégagement de gaz.



Figure 27 : Milieu BLBVB (Photographie originelle, 2024).

4.6.2.2. Dénombrement des streptocoques

- **Principe**

Dénombrement et recherche des streptocoques dans les eaux de source par ensemencement au milieu liquide (NPP).

- **Milieus de culture**

- Milieu de Roth.
- Milieu d'Eva Litsky.

- **Mode opératoire**

Cette méthode consiste à la recherche des streptocoques et se fait en deux tests :

- **Test de présomption**

Nous avons prélevé 50 ml d'eau à analyser de manière aseptique et les avons placés dans un flacon contenant le milieu Roth (figure 28) d'une manière :

- 05 fois 10 ml dans 05 tubes contenant 10 ml du milieu de Roth à D/C
- 05 fois 1 ml dans 05 tubes contenant 10 ml du milieu de Roth à S/C).

Ensuite, nous avons bien mélangé les milieux et nous les avons incubés dans 37°C pendant 24 à 48 h.



Figure 28 : Recherche des streptocoques dans le bouillon Roth (Photographie originale, 2024).

- **Lecture**

Après l'incubation, les tubes qui présentent un trouble microbien sont considérés comme étant positifs. Mais ces derniers ne doivent en aucun cas faire l'objet de dénombrement, par contre doivent absolument faire l'objet d'un repiquage sur milieu LITSKY EVA dans le but d'être confirmés.

- **Test de confirmation**

Le test de confirmation est basé sur la confirmation des Streptocoques fécaux éventuellement présents dans le test de présomption. Les tubes de ROTHE trouvés positifs feront donc l'objet d'un repiquage à l'aide d'une pipette dans tube contenant le milieu LITSKY EVA coloré en jaune. Ensuite nous mélangeons bien le milieu et l'inoculum, et nous laissons incuber à 37 °C pendant 24 h.

- **Lecture**

Après l'incubation, Les tubes considérés comme positifs sont ceux qui présentent un trouble microbien et une pastille blanchâtre au fond de ces derniers.

La lecture finale et le dénombrement des bactéries selon la prescription de la table du Nombre le Plus Probable (NPP).



Chapitre **III**

Résultats et discussion

1. Paramètre organoleptique

1.1. Couleur

Les analyses des échantillons prélevés montrent que l'eau de notre source est incolore et limpide. Cette transparence suggère l'absence d'ions métalliques tels que le fer ferreux (Fe^{2+}) et le fer ferrique (Fe^{3+}), qui sont les principaux responsables des changements de couleur dans l'eau, ainsi que d'éventuels colloïdes.

1.2. Goût

La source d'eau Ait Ergane ne contient pas de phosphate, de nitrite, ni d'ammonium, ce qui signifie qu'elle a un goût neutre, sans altération due à ces substances.

1.3. Odeur

La source d'eau Ait Ergane n'a pas d'odeur, ce qui indique qu'elle est propre et sans contaminants pour ce paramètre.

2. Paramètres physico-chimiques

2.1. Résidu sec à 105°

La Figure 33 illustre les résultats des résidus secs de notre source d'eau mesurés sur les deux périodes. Les valeurs du résidu sec varient de 172 mg/l en hiver et 169 mg/l en été. Ces valeurs sont largement inférieures à la limite de 500 mg/l, ce qui indique que ces eaux brutes possèdent une bonne potabilité (RODIER, 2005).

Nos résultats sont proches de ceux trouvés par BESSALEM et HASSANI (2017) qui ont étudié les paramètres physico-chimique et bactériologique sur deux périodes d'échantillonnage de deux sources d'eau au niveau de deux communes Ouacif et Ouadhia, wilaya Tizi Ouzou (valeurs comprises entre 164,41 et 146,97 mg/l pour la source Ainsar (Ouacif)).

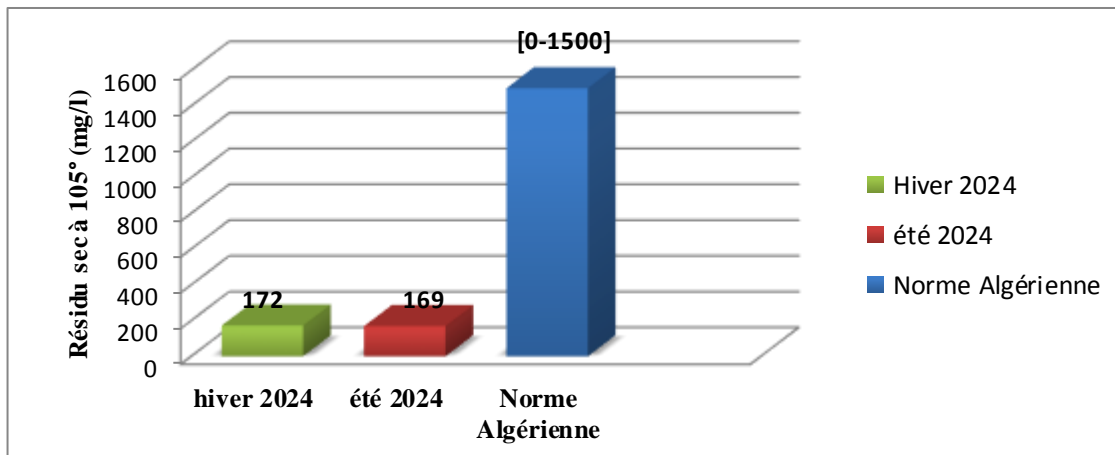


Figure 29 : Variation des résidus sec entre les deux saisons hiver et été de la source Ait Ergane pour l'année 2024.

2.2. Potentiel d'hydrogène (pH)

La Figure 29 illustre les valeurs du pH de la source d'eau Ait Ergane au cours des deux saisons échantillonnées. Les mesures du pH de cette source varient entre 7,97 en hiver et 7,74 en été, indiquant une eau neutre et presque stable au cours des deux périodes.

Selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS, 1986), les valeurs enregistrées du pH se situent dans la plage requise pour l'eau potable, qui est de 6,5 à 8,5. Les valeurs du pH observées durant la période hivernale sont relativement plus élevées que celles de la période estivale, ce qui pourrait être lié à la température de l'eau. Selon PUJEH JUNIOR (2021), la température a un effet direct sur le pH : un pH plus faible est généralement associé à une température de l'eau plus élevée.

Nos résultats sont cohérents avec ceux rapportés par HAMMOUDI et CHEGRANI (2022), qui ont mesuré des valeurs de pH comprises entre 7,29 et 8,09 durant l'été de deux années successives 2021 et 2022 dans leur étude sur les paramètres physico-chimiques et bactériologiques de la source d'eau Lainer Ouqarmoud au niveau de la commune d'Illoula Oumalou dans la région de Tizi Ouzou. Nos résultats sont également proches à la valeur enregistrée par TOUABI et ATEK (2022) qui ont réalisé une étude sur les paramètres physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source Aghbalou sur deux périodes d'échantillonnage (hiver et été, 2022) au niveau de la commune de Makouda dans la région de Tizi Ouzou (résultats varient entre 7,29 et 7,32).

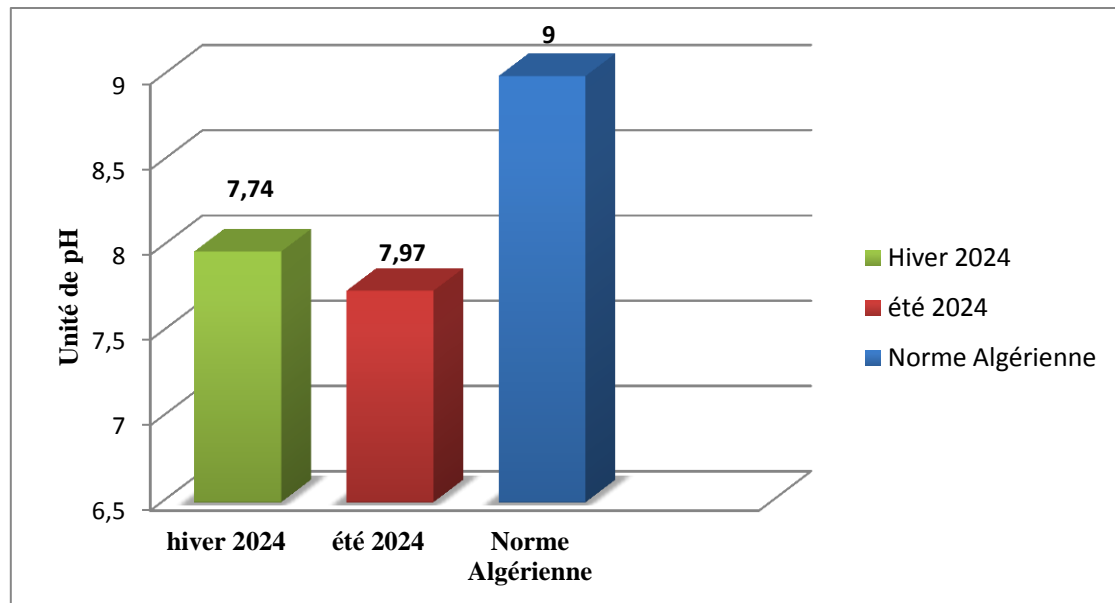


Figure 30 : Variation du pH entre les deux saisons hiver et été de la source Ait Ergane pour l'année 2024.

2.3. Température (T°)

La Figure 30 illustre les valeurs de la température pour la source d'eau Ait Ergane sur deux périodes de l'année. Nous observons que la température de l'eau varie selon les saisons : elle diminue en hiver (février) et reste relativement stable en été (juillet). Ainsi, la température de l'eau suit celle de l'air. Ces températures, proches de la température ambiante, suggèrent une origine peu profonde de l'eau étudiée.

Les valeurs de températures enregistrées varient considérablement entre les deux saisons d'échantillonnage, allant de 15,7°C en hiver à 20,3°C en été. Ces valeurs sont conformes aux normes établies par l'OMS (1986), qui fixent la température maximale à 25°C pour l'eau potable.

Nos résultats sont en accord avec ceux de TOUABI et ATEK (2022), qui ont observé des températures de l'eau variant entre 16°C et 23,7°C. Nos résultats sont également proches aux résultats de YAHMI et ZEROUKHI (2022) qui ont mesuré des températures comprises entre 23,3 et 23,7 durant l'été de deux années successives 2021 et 2022 dans leur étude sur les paramètres physico-chimiques et bactériologiques de la source d'eau Thala Ouguellidh au niveau de la commune de Mechtras dans la région de Tizi Ouzou.

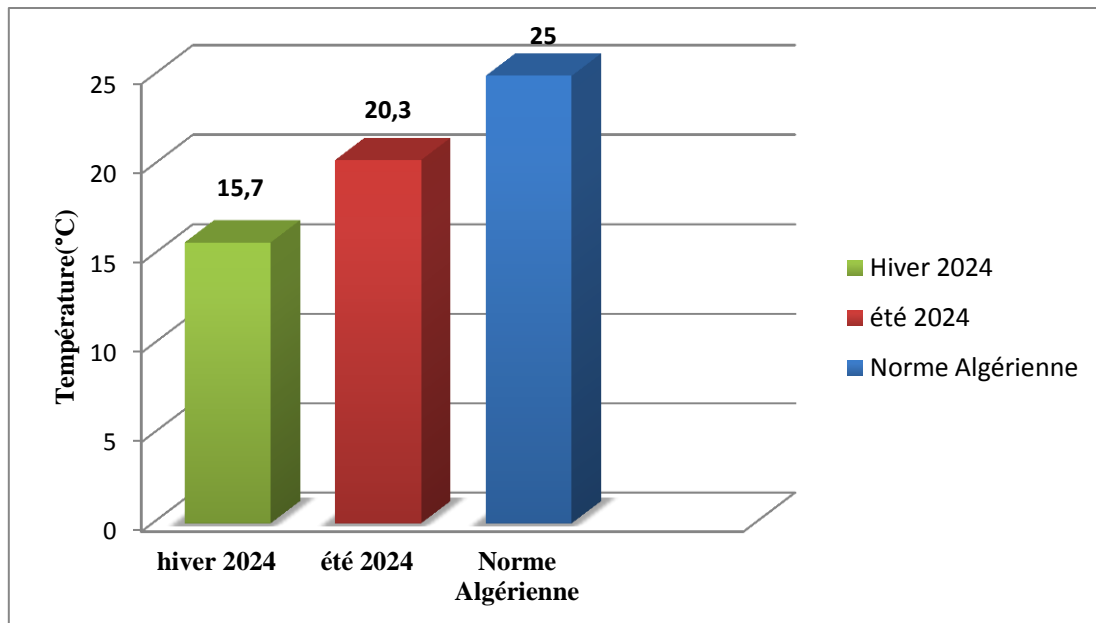


Figure 31 : Variation de la température entre les deux saisons hiver et été de la source Ait Ergane pour l'année 2024.

2.4. Conductivité à 20°C (CE)

La Figure 31 présente les valeurs de conductivité en $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 20°C pour la source d'eau Ait Ergane au cours des deux périodes de l'année. La conductivité de l'eau est déterminée par la concentration de substances dissoutes, principalement des minéraux.

Une concentration élevée en sels minéraux ionisés entraîne une conductivité plus élevée, ce qui modifie la viscosité de l'eau.

Dans notre étude, la conductivité électrique est relativement plus élevée en été (juillet) qu'en hiver (février). Cela peut être attribué à la température, qui influence la stabilité des sels et des gaz, entraînant une minéralisation accrue de l'eau brute et une augmentation de sa conductivité. Selon PUJEH JUNIOR (2021), la conductivité est influencée par la température : plus l'eau est froide, plus sa conductivité diminue, et inversement, plus l'eau est chaude, plus sa conductivité augmente. Les valeurs de conductivité mesurées varient de 277 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en hiver à 293 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en été. Selon les critères de qualité de l'eau, ces valeurs indiquent une eau à minéralisation moyenne. Cependant, elles sont bien en deçà des normes algériennes pour les eaux de consommation, fixées à 2800 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Nos résultats sont proches à ceux trouvés par HAMMOUDI et CHEGRANI (2022), qui ont observé des valeurs de conductivité comprises entre 244 et 246 $\mu\text{S}/\text{cm}$ durant l'été de deux années successives. Par contre, nos résultats ne concordent pas à ceux obtenues par YAHMI et

ZEROUKHI (2022) (valeurs varient entre 510 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 538 $\mu\text{S}/\text{cm}$) durant l'été de deux années successive 2021 et 2022, ainsi ceux de TOUABI et ATEK (2022) qui ont trouvés des valeurs varient entre 973 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 971 $\mu\text{S}/\text{cm}$ durant les deux période d'étude.

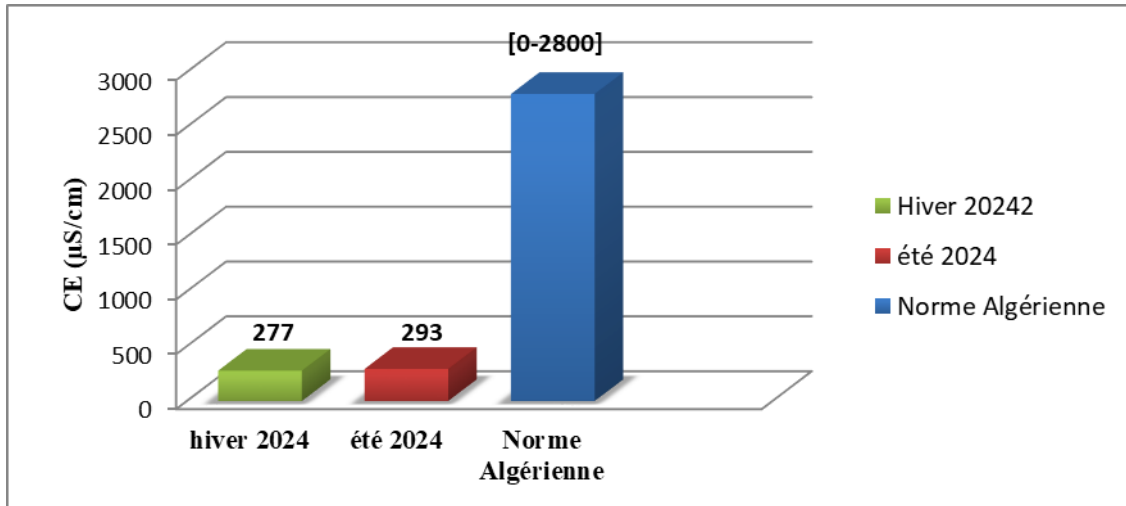


Figure 32 : Variation de la conductivité entre les deux saisons hiver et été de la source Ait Ergane pour l'année 2024.

2.5. Turbidité

La Figure 32 présente les valeurs de turbidité en NTU (Unités Néphéométriques) pour la source d'eau Ait Ergane. Conformément à la norme algérienne, qui fixe la limite de turbidité à 5 NTU, l'eau de notre source affiche une faible turbidité pendant les deux périodes d'échantillonnage. Les valeurs mesurées varient entre 0,72 NTU en hiver et 0,86 NTU en été, ce qui indique une eau claire, probablement en raison de la filtration naturelle effectuée par le sol (REJSEK, 2002).

Nous avons observé que la turbidité est légèrement inférieure en hiver (0,72 NTU) par rapport à l'été (0,86 NTU). Cette variation pourrait être liée à la sécheresse estivale, qui influence la transparence de l'eau en augmentant la concentration de matières non dissoutes.

Les résultats de notre étude concordent avec les travaux de HAMMOUDI et CHEGRANI (2022), qui ont trouvé une valeur stable de turbidité durant l'été de deux années successives 2021 et 2022, qui est 0,51 NTU. Ainsi ceux de TOUABI et ATEK (2022) qui ont obtenus des valeurs varient entre 0,35 et 0,5 NTU.

Cependant, nos résultats ne concordent pas avec ceux obtenus par BESSALEM et HASSANI (2017) qui ont enregistré des résultats variant entre 0,71 NTU et 2,15 NTU pour la source Kebout (Ouadhia).

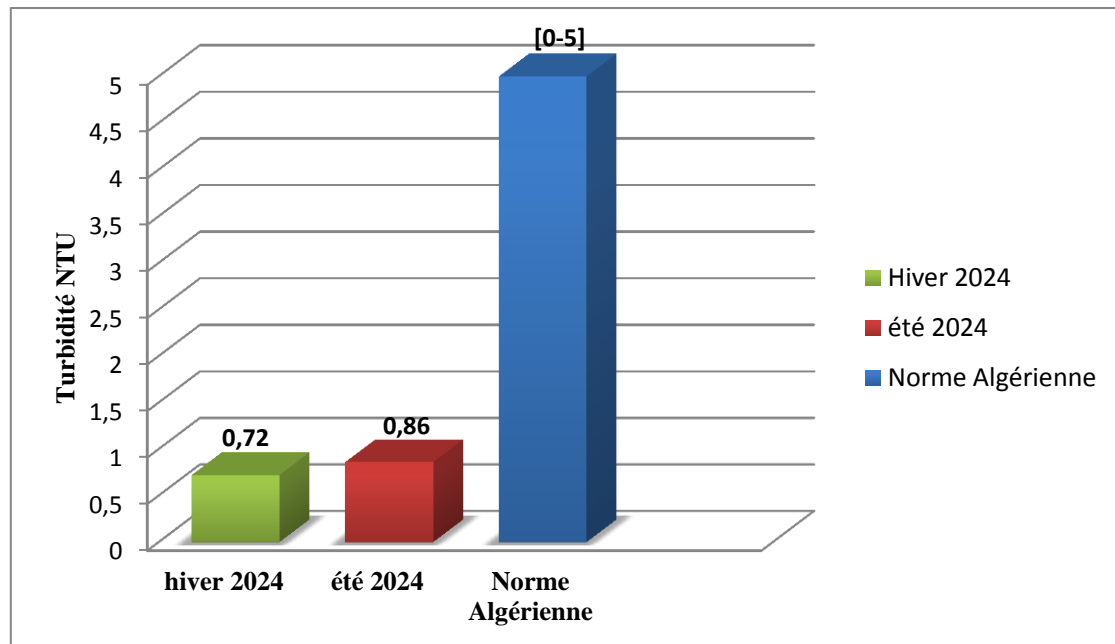


Figure 33 : Variation de la turbidité entre les deux saisons hiver et été de la source Ait Ergane pour l'année 2024.

3. Paramètre de minéralisation

3.1. Dureté total (TH)

La Figure 34 montre les valeurs de la dureté totale en mg/l de CaCO_3 . La dureté totale mesurée dans notre source varie de 150 mg/l en hiver à 140 mg/l en été, ce qui qualifie l'eau très dure. Selon ALKAUSOR et al (2017), la dureté de l'eau est principalement due au contact des eaux souterraines avec les formations rocheuses. Elle résulte du mélange de certains sels, notamment les bicarbonates et les sulfates de calcium et de magnésium, avec l'eau de pluie qui s'écoule à la surface et pénètre dans les eaux souterraines. Les valeurs obtenues sont bien en deçà de la norme réglementaire algérienne, fixée à 500 mg/l de CaCO_3 , ce qui indique que l'eau respecte les critères de potabilité pour la consommation.

Nos résultats sont proches à ceux trouvés par HAMMOUDI et CHEGRANI (2022), qui ont mesuré une dureté de 124 mg/l durant l'été 2022. Par contre, nos résultats ne sont pas similaires à ceux trouvés par TOUABI et ATEK (2022) (résultats varient entre 412 et 424 NTU).

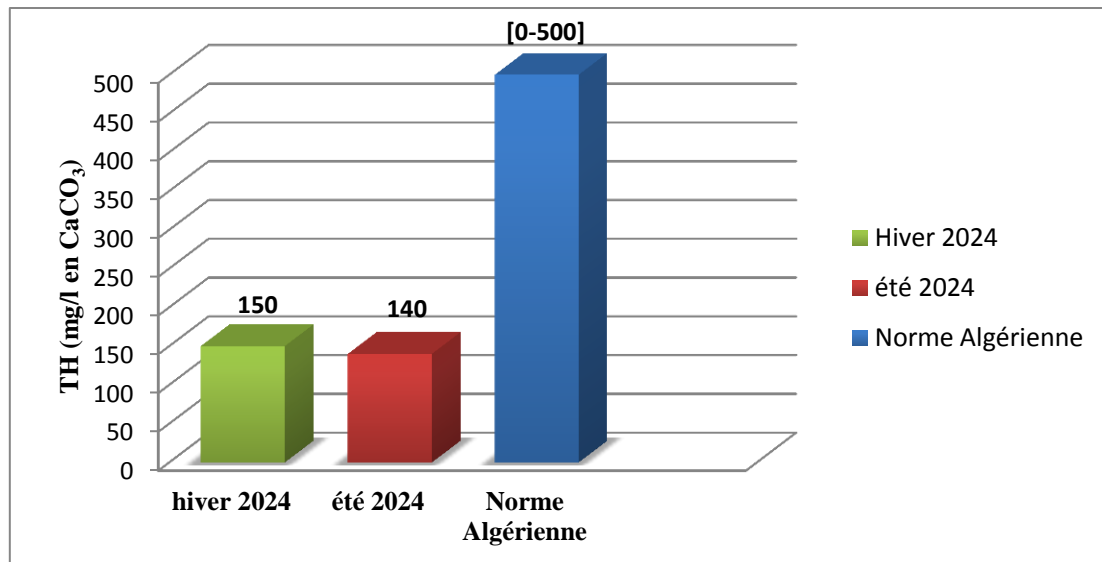


Figure 34 : Variation du TH entre les deux saisons hiver et été de la source Ait Ergane pour l'année 2024.

3.2. Calcium (Ca²⁺)

La Figure 35 présente les valeurs de la concentration en calcium, exprimées en mg/l, pour notre source d'eau au cours des deux saisons. Nous constatons que la concentration moyenne de calcium dans l'eau de la source Ait Ergane est relativement stable entre les deux saisons, avec des valeurs de 55 mg/l en hiver et 52 mg/l en été. Cette stabilité pourrait être attribuée à la nature des roches et des terrains traversés par l'eau. La présence de calcium dans l'eau de la source est probablement due à la dissolution des formations carbonatées et gypseuses (AOUISSI et HOUHAMDI, 2014). Les valeurs mesurées sont bien en dessous de la norme algérienne de potabilité, qui est fixée à 200 mg/l de Ca²⁺.

Nos résultats sont proches à ceux trouvés par YAHMI et ZEROUKHI (2022), qui ont enregistré des valeurs de calcium comprises entre 75 mg/l et 80 mg/l durant deux années successive (été 2021 et été 2022), par contre ne concordent pas à ceux de TOUABI et ATEK (2022) qui ont obtenus des valeurs comprises entre 120 mg/l et 122 mg/l.

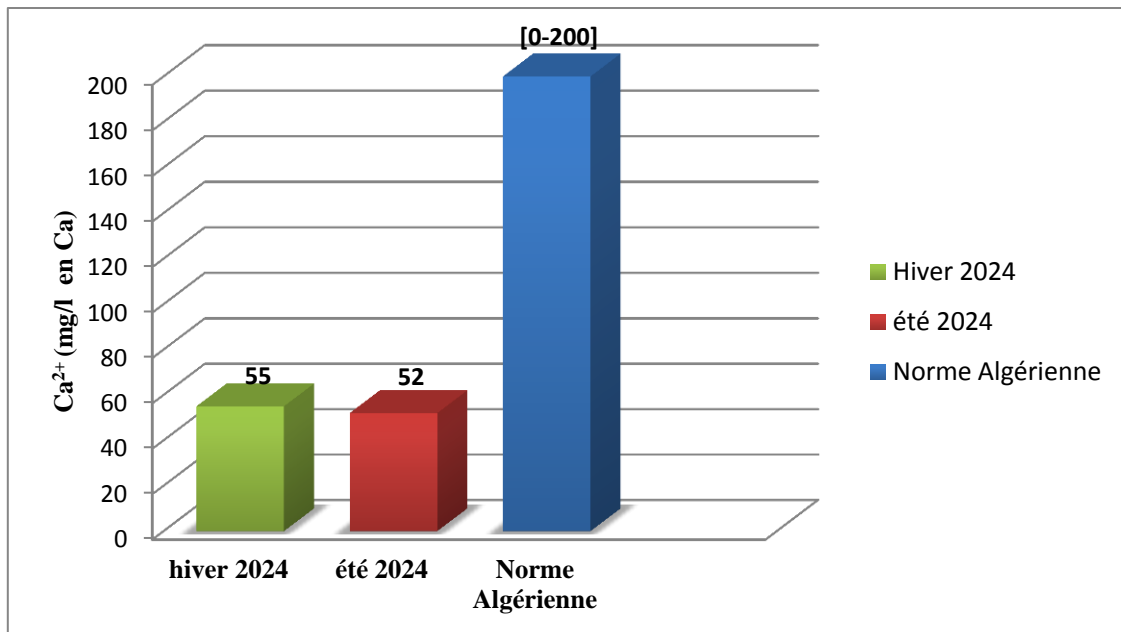


Figure 35 : Variation du calcium entre les deux saisons hiver et été de la source Ait Ergane pour l'année 2024.

3.3. Magnésium (Mg^{2+})

La Figure 36 présente les niveaux de magnésium dans notre source d'eau au cours des deux saisons. Nous constatons que la concentration en magnésium de la source d'eau Ait Ergane est relativement faible, avec des valeurs de 3 mg/l en hiver et 2 mg/l en été. La faible minéralisation de ces eaux peut être attribuée à la composition des formations géologiques et des roches présentes dans la région étudiée.

Ces valeurs sont inférieures à la concentration maximale autorisée par les normes algériennes, fixée à 50 mg/l de Mg^{2+} . Nos résultats sont proches à ceux rapportés par HAMMOUDI et CHEGRANI (2022), qui ont trouvé des concentrations variant entre 8 mg/l et 9 mg/l durant l'été de deux années successives 2021 et 2022. Par contre ne concordent pas à ceux de TOUABI et ATEK (2022) qui ont obtenus des valeurs comprises entre 27 mg/l et 29 mg/l.

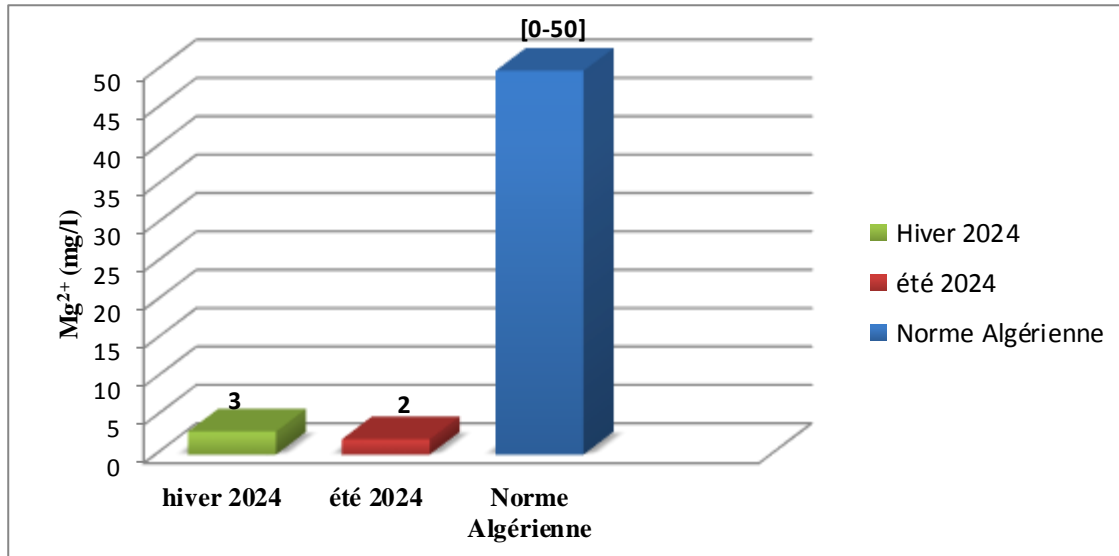


Figure 36 : Variation du magnésium entre les deux saisons hiver et été de la source Ait Ergane pour l'année 2024.

3.4. Sodium (Na⁺)

La Figure 37 illustre les concentrations de sodium mesurées pour notre source d'eau. Les niveaux de Na⁺ observés durant les deux périodes sont relativement faibles, avec des valeurs de 5 mg/l en hiver et 8 mg/l en été. Ces faibles concentrations peuvent être attribuées à une faible altération des matériaux contenant des sels solubles, ce qui pourrait également être dû à l'absence de sodium dans les terrains traversés par l'eau.

Les valeurs mesurées sont bien en dessous des concentrations minimales recommandées par les normes algériennes et l'OMS, qui fixent la plage acceptable entre 20 et 200 mg/l. Cette eau brute est donc particulièrement adaptée aux personnes hypertendues suivant un régime pauvre en sodium.

Nos résultats sont proches à ceux de HAMMOUDI et CHEGRANI (2022), qui ont trouvé des concentrations de sodium variant entre 3 et 6 mg/l durant l'été de deux années successives. Nos résultats sont proches également à ceux de BESSALEM et HASSANI pour les deux sources d'eau étudiées sur deux périodes d'échantillonnage en hiver et en été 2017, avec des résultats variant entre 4 et 3 mg/l pour la source Ainsar à Ouacif, et des résultats variant entre 5 et 6 mg/l pour la source Kebout à Oudhia. Cependant, ils ne correspondent pas aux résultats de TOUABI et ATEK (2022) qui ont obtenu des valeurs comprises entre 40 mg/l et 52 mg/l.

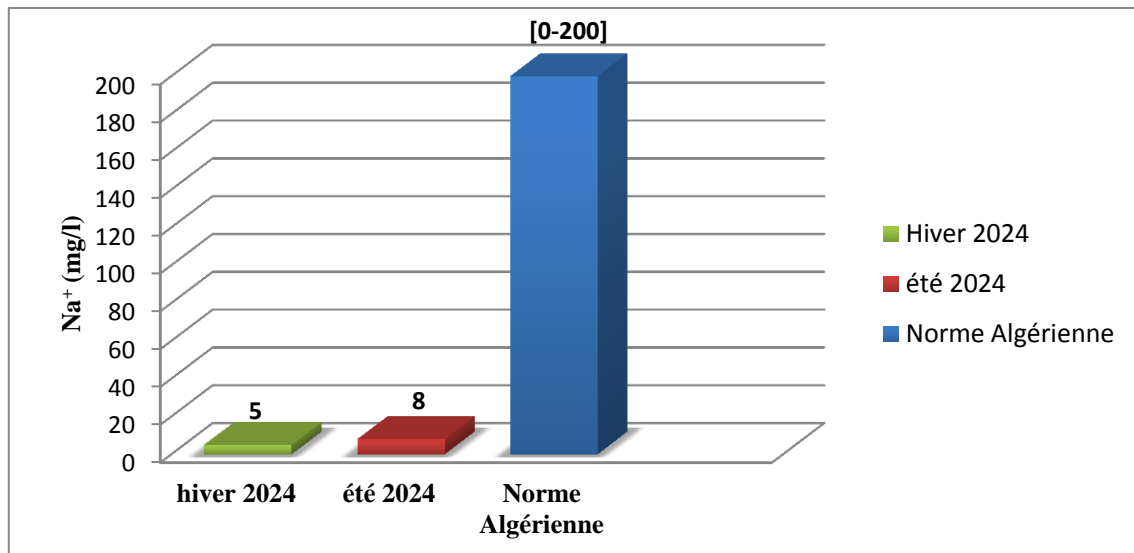


Figure 37 : Variation du sodium entre les deux saisons hiver et été de la source Ait Ergane pour l'année 2024.

3.5. Potassium (K⁺)

La Figure 38 montre les concentrations de potassium, exprimées en mg/l, pour notre source d'eau au cours des deux périodes étudiées. Les analyses révèlent des valeurs constantes de K⁺, avec 1 mg/l tant en hiver qu'en été. Cette concentration est conforme aux normes algériennes, qui fixent la valeur maximale admissible à 12 mg/l.

Les résultats obtenus par HAMMOUDI et CHEGRANI (2022), qui ont trouvés la même concentration de sodium qui est 1 mg/l durant l'été de deux années successives (été 2021, été 2022), ainsi que les travaux de TOUABI et ATEK (2022) (résultats varient entre 1 et 2 mg/l) montrent que ces résultats sont similaires avec ceux trouvés dans notre travail.

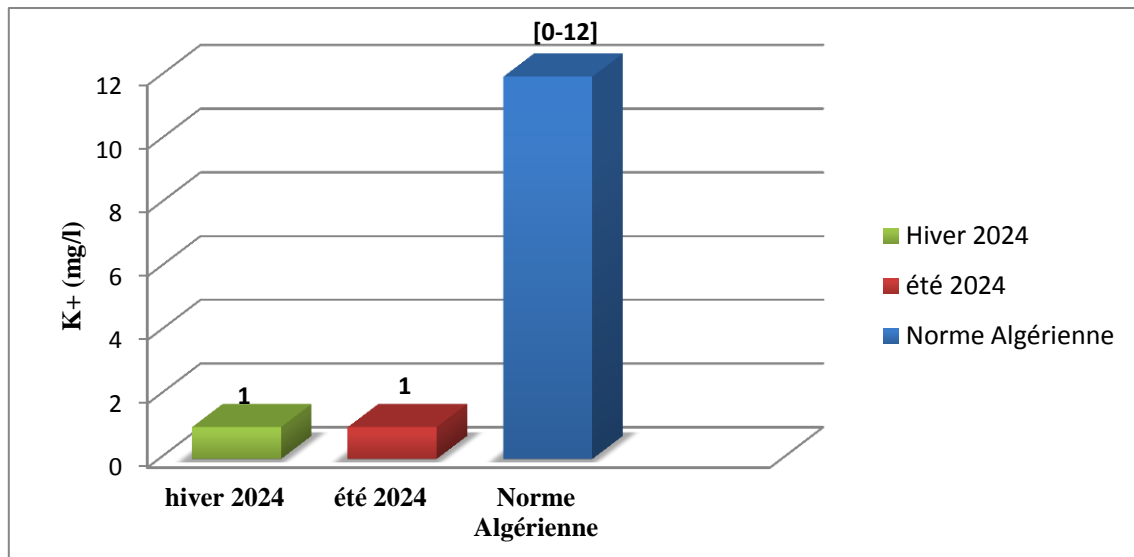


Figure 38 : Variation du potassium entre les deux saisons hiver et été de la source Ait Ergane pour l'année 2024.

3.6. Chlorures (Cl⁻)

La Figure 39 présente les valeurs de chlorures mesurées dans notre source d'eau au cours des deux périodes. Les concentrations de chlorures varient entre 16 mg/l en hiver et 21 mg/l en été, indiquant des teneurs relativement faibles. Ces valeurs sont bien en deçà du seuil guide algérien de 200 mg/l pour les chlorures. Cette faible concentration peut être attribuée à la nature du terrain traversé par l'eau infiltrée et au cours de temps de contact avec les roches. Ainsi, ces eaux présentent une faible concentration en chlorures (REJSEK, 2002).

Les résultats de notre étude sont proches à ceux trouvés par YAHMI et ZEROUKHI (2022), qui ont trouvé des concentrations de chlorures variant entre 23 et 25 mg/l durant deux années successives (été 2021 et 2022), par contre ne concordent pas à ceux de TOUABI et ATEK (2022) qui ont trouvés des valeurs comprises entre 79 mg/l et 85 mg/l.

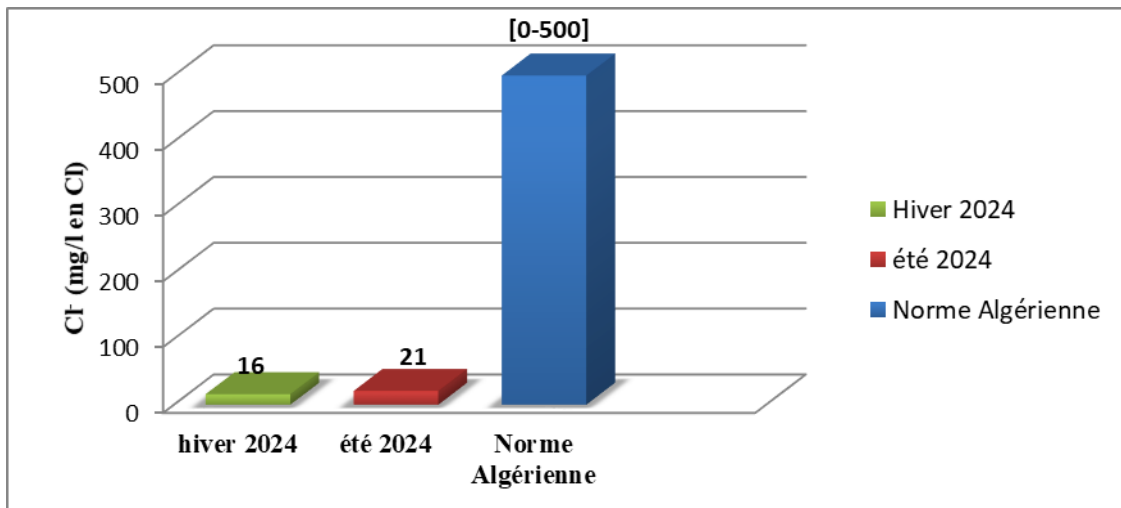


Figure 39 : Variation des chlorures entre les deux saisons hiver et été de la source Ait Ergane pour l'année 2024.

3.7. Sulfate (SO_4^{2-})

La Figure 40 présente les résultats du dosage des sulfates. Les analyses révèlent des concentrations de sulfate très faibles et constantes, avec des valeurs de 8 mg/l durant les deux saisons, hiver et été. Ces valeurs sont inférieures à la plage recommandée par les normes algériennes pour l'eau potable, qui est de 200 à 400 mg/l.

Nos résultats sont proches à ceux de AMICHI et AMIRI (2020), qui ont trouvé des concentrations en sulfates variant entre 2 et 4 mg/l dans leur étude sur les paramètres physico-chimiques et bactériologiques de la source d'eau Thabout (Ouadhias), wilaya Tizi Ouzou. Cependant nos résultats ne concordent pas à ceux de BESSALEM et HASSANI (2017) (résultats varient entre 13,1 et 21,2 mg/l pour la source Ainsér).

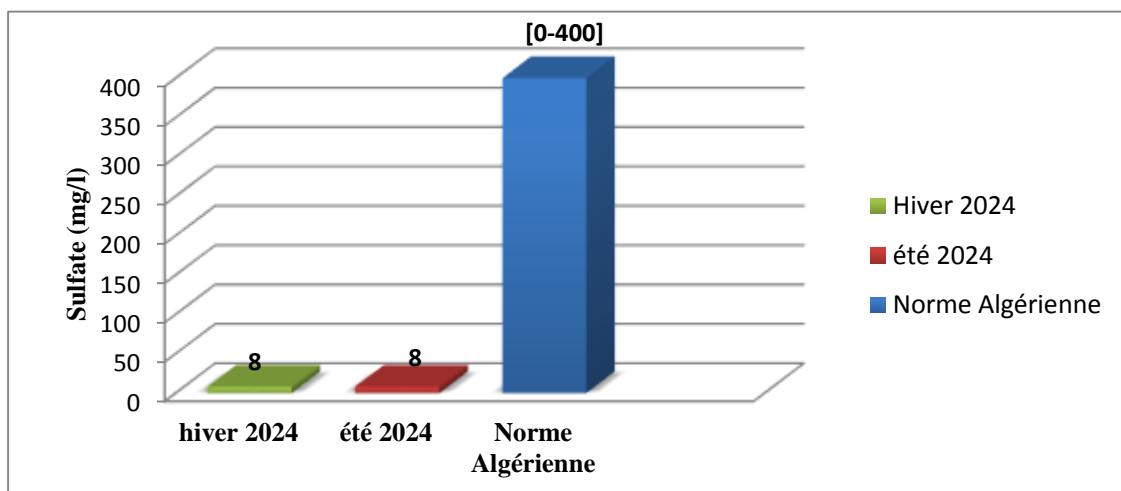


Figure 40 : Variation des sulfates entre les deux saisons hiver et été de la source Ait Ergane pour l'année 2024.

3.8. Bicarbonates (HCO_3^-)

La Figure 41 présente les concentrations de bicarbonates, exprimées en mg/l, pour notre source d'eau au cours des deux périodes. La présence de bicarbonates dans l'eau est influencée par plusieurs paramètres, tels que le pH, la température, le CO_2 , ainsi que la nature des terrains traversés. Nous observons que les valeurs de bicarbonates varient entre 156 mg/l en hiver et 139 mg/l en été. Ces variations dépendent du type de terrain et du pH de l'eau. Toutefois, malgré ces variations, la potabilité de l'eau et la santé humaine ne sont pas affectées, ce qui explique l'absence de valeurs limites spécifiques pour ce paramètre.

Nos résultats sont en accord avec ceux rapportés par BESSALEM et HASSANI (2017), qui ont mesuré des concentrations de bicarbonates comprises entre 129,26 et 216,1 mg/l pour la source Kebout (Ouadhia).

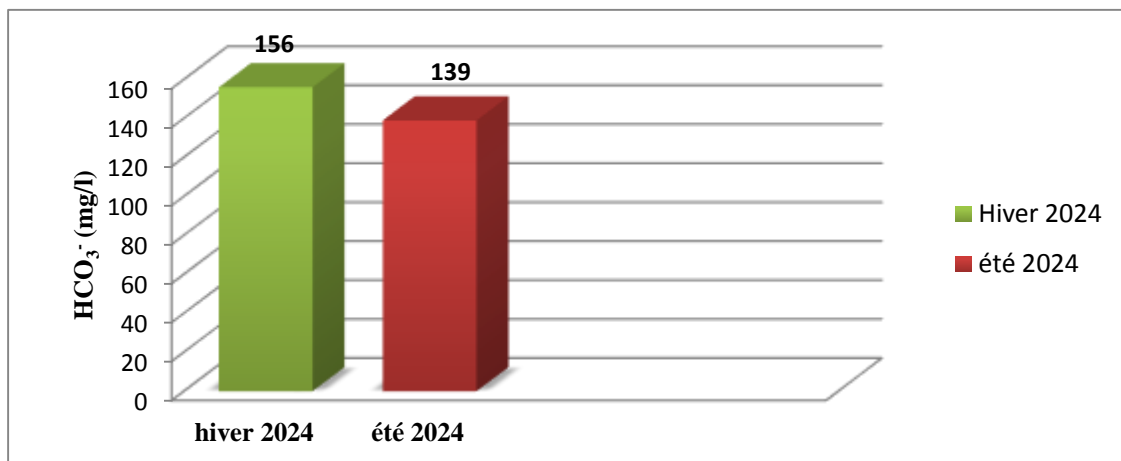


Figure 41 : Variation des teneurs en carbonates entre les deux saisons hiver et été de la source d'eau Ait Ergane pour l'année 2024.

3.9. Titre alcalimétrique complet (TAC)

La Figure 42 illustre les teneurs en TAC de notre source d'eau pour les deux périodes d'échantillonnage. Les valeurs mesurées varient entre 128 mg/l de CaCO_3 en hiver et 114 mg/l de CaCO_3 en été. Ces résultats sont conformes aux normes de la réglementation algérienne, qui fixe les limites de TAC entre 100 et 350 mg/l de CaCO_3 .

Les données obtenues sont proches à ceux de HAMMOUDI et CHEGRANI (2022) qui ont trouvés des valeurs comprises entre 126 et 115 mg/l pendant deux années successives (été 2021 et 2022), ceux de TOUABI et ATEK (2022) (valeurs comprises entre 120 et 122 mg/l). Ainsi, nos résultats répondent aux normes algériennes pour la qualité de l'eau, comme l'indiquent les études précédentes.

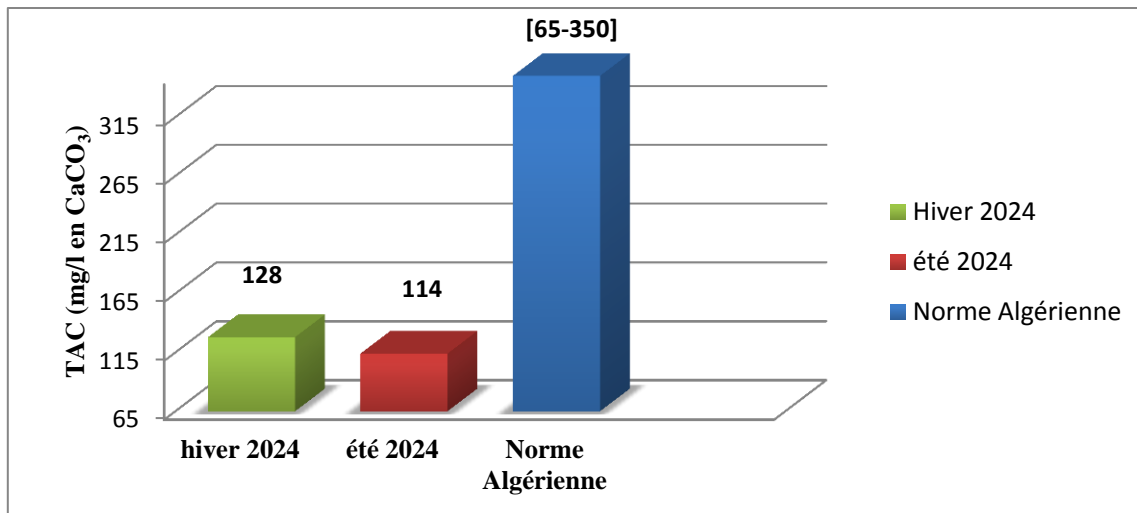


Figure 42 : Variation du titre alcalimétrique complet entre les deux saisons hiver et été de la source Ait Ergane pour l'année 2024.

4. Paramètre indésirable

4.1. Fer (Fe²⁺)

La Figure 43 montre les concentrations de fer dans notre source d'eau au cours des deux périodes d'échantillonnage. Le fer, étant un élément courant de la croûte terrestre, est présent en fonction des conditions physiques et hydrologiques locales. Les résultats obtenus sont constants pour les deux périodes, avec une concentration de 0,03 mg/l. Cette valeur est inférieure à la limite maximale fixée par la réglementation algérienne pour les eaux, qui est de 0,30 mg/l, indiquant ainsi que nos résultats sont conformes à cette norme. Les faibles concentrations de fer peuvent être attribuées à la faible présence de matières en suspension (MES) et à l'absence de rejets industriels dans la région d'étude.

Des études antérieures confirment ces résultats, telles que celles HAMMOUDI et CHEGRANI (2022), où la concentration en fer variait entre 0 et 0,03 mg/l pendant l'été de deux années successives 2021 et 2022, ainsi que celles de TOUABI et ATEK (2022), avec une valeur de 0,01 mg/l pendant les deux périodes d'étude (hiver et été).

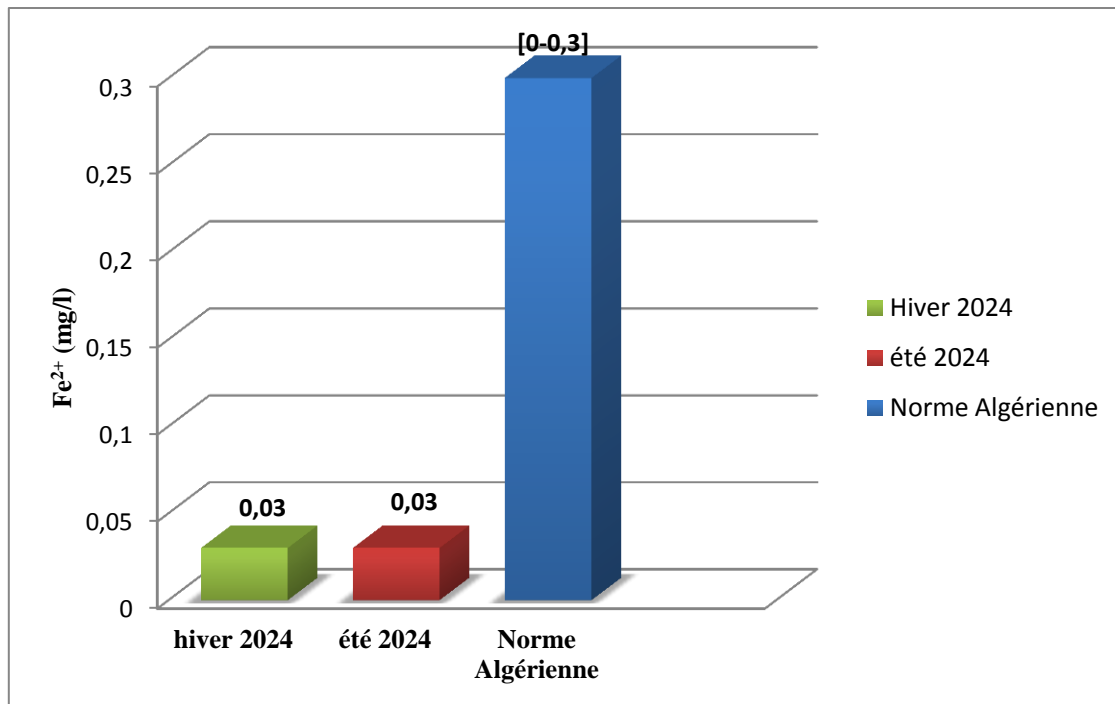


Figure 43 : Variation du fer entre les deux saisons hiver et été de la source Ait Ergane pour l'année 2024.

5. Paramètres de pollution

5.1. L'ammonium (NH₄⁺)

La Figure 44 présente les concentrations d'ammonium dans notre source d'eau pour les deux périodes d'échantillonnage. Nous observons une absence totale d'ammonium, avec des valeurs de 0 mg/l pour les deux saisons. Cette absence peut être attribuée à la dégradation complète de la matière organique ainsi qu'à l'absence de pollution due à des rejets organiques d'origine agricole, domestique ou industrielle. Selon PUJEH JUNIOR (2021), l'absence d'ammonium dans notre échantillon peut également indiquer que les réactions entre les minéraux contenant du fer et les nitrates, qui sont une source principale d'ammonium, ne se produisent pas.

D'après nos résultats, l'eau de cette source est pure, saine, et non polluée. Conformément à la réglementation algérienne, qui fixe la valeur limite pour l'ammonium à 0,5 mg/l, cette eau est qualifiée de potable et ne présente aucun risque pour la santé humaine.

Nos résultats sont cohérents avec ceux de HAMMOUDI et CHEGRANI (2022), ceux de YAHMI et ZEROUKHI (2022) durant l'été de deux années successive 2021 et 2022, et ceux de TOUABI et ATEK (2022) durant les deux périodes d'étude (hiver, été, 2022) qui ont tous trouvé une concentration d'ammonium de 0 mg/l dans leur étude sur la même thématique.

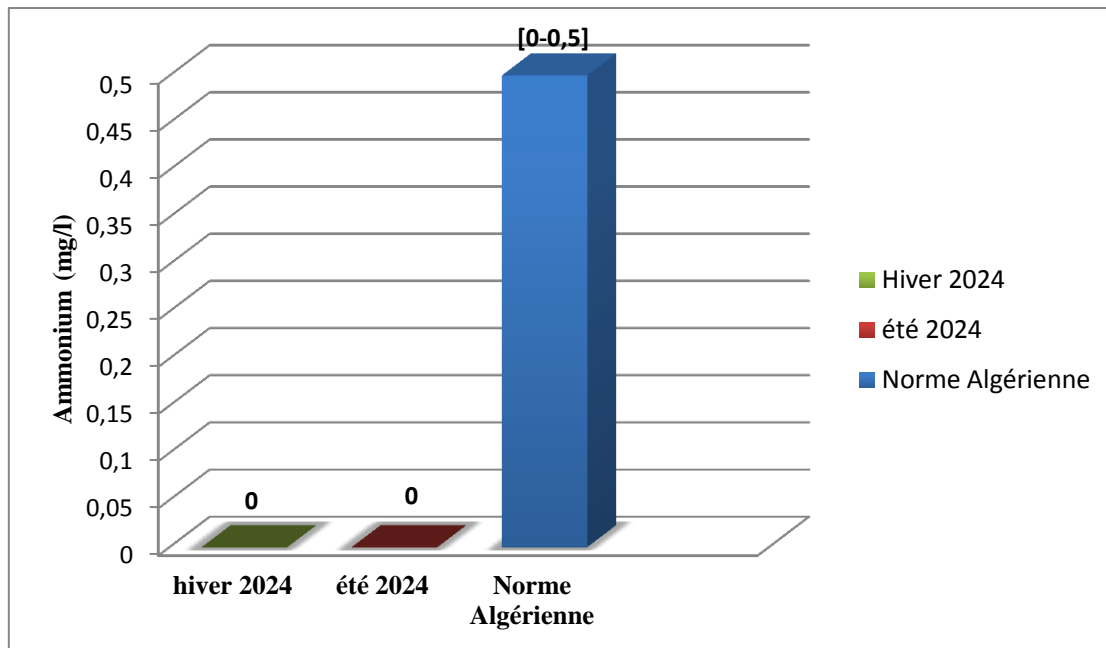


Figure 44 : Variation d'ammonium entre les deux saisons hiver et été de la source Ait Ergane pour l'année 2024.

5.2. Nitrites (NO_2^-)

La Figure 45 illustre les concentrations de nitrites dans notre source d'eau au cours des deux périodes d'échantillonnage. Les résultats montrent une absence totale de nitrites, avec des valeurs nulles (0 mg/l) pour les deux saisons. Selon HANE et al. (2020), cette absence peut être interprétée comme un signe d'oxydation complète de la matière organique ainsi que d'une absence d'utilisation d'engrais chimiques et de fumiers dans la zone d'étude.

Les concentrations observées sont conformes à la norme algérienne qui fixe la valeur limite des nitrites à 0,2 mg/l. Nos résultats sont similaires aux résultats de BESSALEM et HASSANI (2017), TOUABI et ATEK (2022), qui ont enregistré une valeur nulle en nitrites.

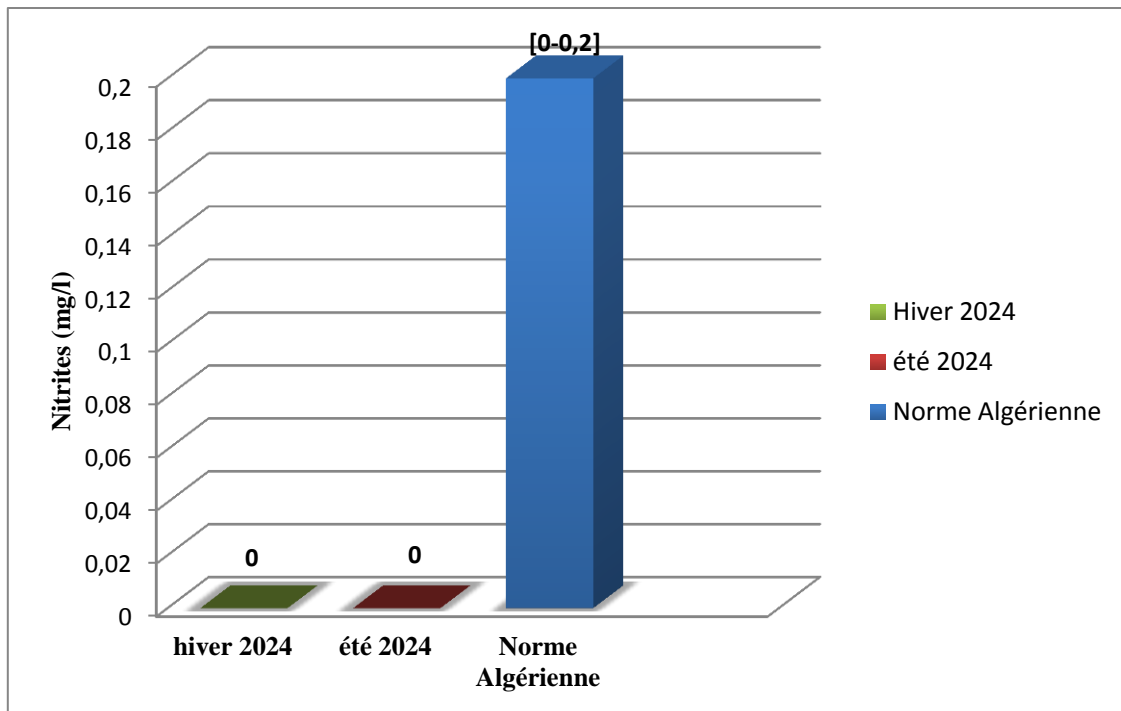


Figure 45 : Variation des nitrites entre les deux saisons hiver et été de la source Ait Ergane pour l'année 2024.

5.3. Nitrates (NO_3^-)

La Figure 46 illustre les concentrations de nitrates dans notre source d'eau au cours des deux périodes d'échantillonnage. Les valeurs mesurées sont constantes pour les deux saisons, à 6,19 mg/l. Selon BELGHITI et al. (2013), l'augmentation des nitrates dans l'eau peut être attribuée au lessivage des produits azotés présents dans le sol, ainsi qu'à la décomposition de la matière organique ou à l'utilisation d'engrais, qu'ils soient chimiques ou organiques. Les concentrations observées sont inférieures à la limite réglementaire fixée par la législation algérienne, qui est de 50 mg/l pour les eaux destinées à la consommation humaine.

Nos résultats sont comparables à ceux rapportés par TOUABI et ATEK (2022), où les concentrations de nitrates variaient entre 19,16 et 20,7 mg/l. ILTACHE (2015) souligne que bien que les taux de nitrates dans les eaux de source soient habituellement bas, ils peuvent atteindre des niveaux plus élevés en raison des rejets agricoles, des décharges et des déchets d'origine humaine et animale. De plus, les constatations de HAMMOUDI et CHEGRANI (2022) montrent des concentrations entre 1,15 mg/l et 2,4 mg/l, ce qui est en accord avec nos observations.

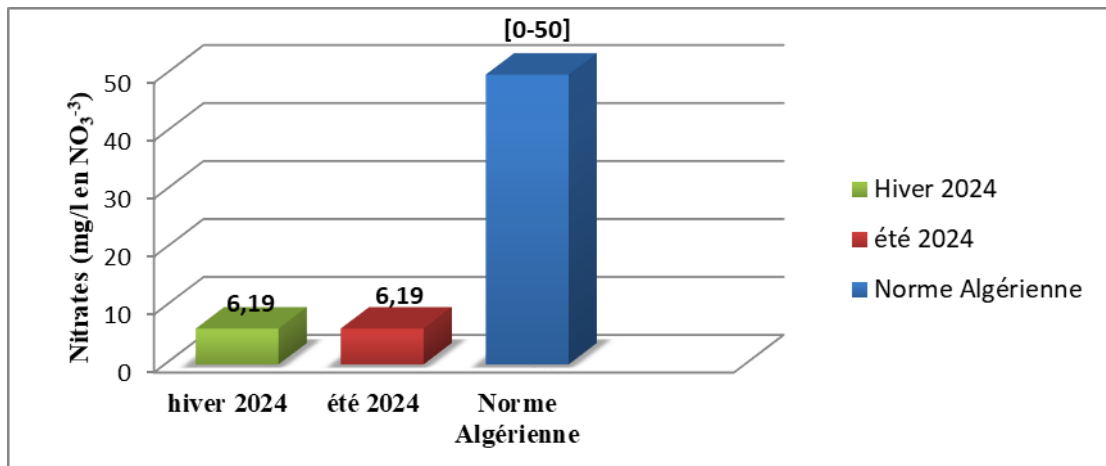


Figure 46 : Variation des nitrates entre les deux saisons hiver et été de la source Ait Ergane pour l'année 2024.

5.4. Phosphates (PO_4^{3-})

La Figure 47 illustre les concentrations de phosphates dans notre source d'eau pendant les deux périodes d'échantillonnage. Les résultats montrent une absence totale de phosphates, avec des valeurs de 0 mg/l pour les deux saisons. Cette absence suggère qu'il n'y a pas de pollution organique dans l'eau. Ce phénomène pourrait être dû à la nature des roches traversées par l'eau, qui semblent ne pas contenir de phosphates, ainsi qu'à l'absence d'érosion du sol.

Les valeurs mesurées sont conformes à la norme algérienne, qui fixe la limite acceptable pour les phosphates à 0,2 mg/l. Nos résultats sont cohérents avec ceux de HAMMOUDI et CHERGANI (2022), ceux de YAHMI et ZEROUKHI (2022) durant l'été de deux années successives 2021 et 2022, et ceux de TOUABI et ATEK (2022) qui ont tous trouvé une concentration de 0 mg/l de phosphate dans leur étude sur la même thématique.

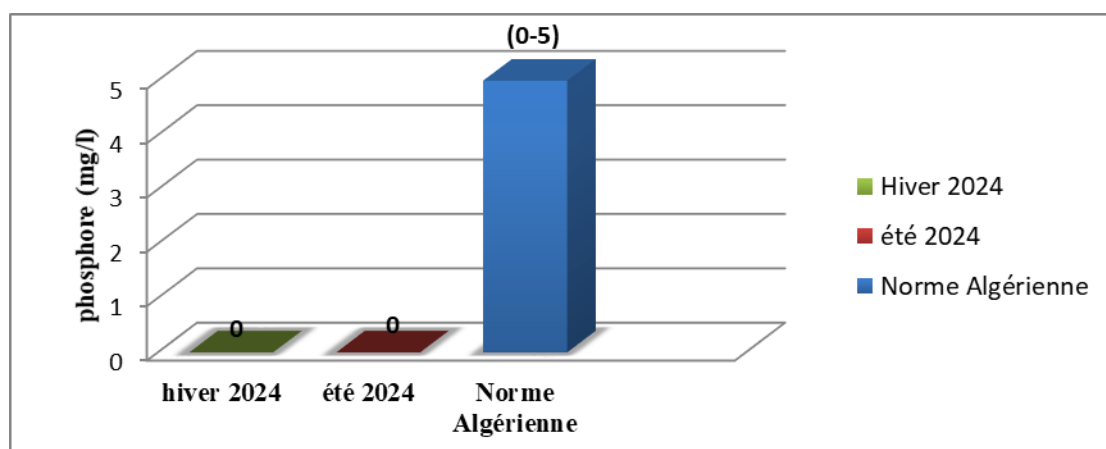


Figure 47 : Variation des phosphates entre les deux saisons hiver et été de la source Ait Ergane pour l'année 2024.

5.5. Matière organique (MO)

La Figure 48 présente les concentrations de matière organique dans notre source d'eau pour les deux périodes d'échantillonnage. Les résultats montrent une faible concentration en matière organique, avec des valeurs de 0,4 mg/l en hiver et 0,08 mg/l en été. Selon la classification de RODIER (2006), ces eaux peuvent être qualifiées de pures, étant bien en dessous du seuil de 10 mg/l fixé par la norme algérienne pour les eaux potables. Ces faibles concentrations peuvent être attribuées à la décomposition de matière organique d'origine animale ou végétale, dégradée par des micro-organismes.

Des études antérieures ont rapporté des résultats similaires à ceux obtenus dans notre analyse. Par exemple, TOUABI et ATEK (2022) ont mesuré des teneurs en matière organique comprises entre 0,08 et 0,32 mg/l, ceux de YAHMI et ZEROUKHI (2022) qui ont obtenus une valeur comprise entre 0,4 et 0,56 mg/l durant l'été de deux années successives 2021 et 2022, tandis que BESSALEM et HASSANI (2017) ont trouvé des concentrations variant entre 0,99 et 3,3 mg/l.

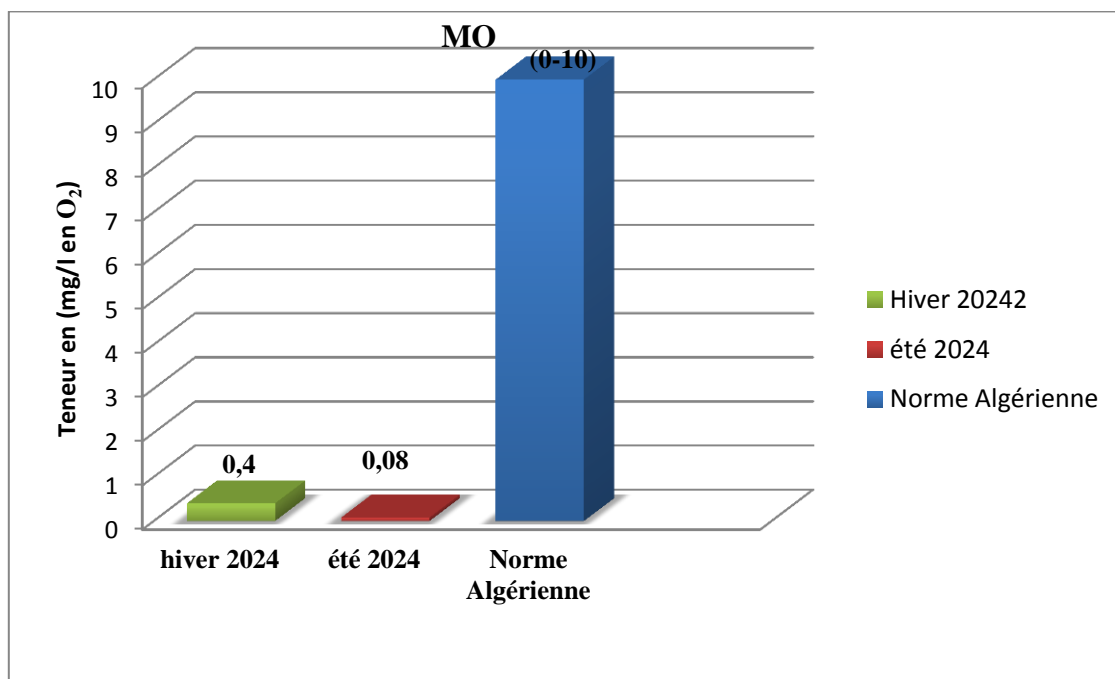


Figure 48 : Variation de matière organique entre les deux saisons hiver et été de la source Ait Ergane pour l'année 2024.

6. Résultats des analyses bactériologiques

Le tableau 6 représente les résultats de l'analyse bactériologique de la source d'eau Ait Ergane pour les deux périodes d'échantillonnages (hiver et été 2024).

Tableau 7 : Résultats des analyses bactériologiques de la source Ait Ergane pour les deux saisons hiver et été, 2024

Germe (C/100ml) Saisons	Coliformes totaux	Streptocoques fécaux	<i>Escherichia coli</i>
Hivernale	04	00	00
Estivale	00	00	00
Norme algérienne	0-50	0-20	0-20

C : Colonies

6.1. Coliformes totaux

Grâce à nos analyses, nous avons pu observer la présence de quatre colonies de coliformes totaux par 100 ml (4 C/100 ml) dans la source Ait Ergane pendant l'hiver (1er prélèvement). Cependant, pour le deuxième prélèvement (été), nous n'avons pas observé de colonies de coliformes totaux dans la même source, ces deux valeurs ne dépassent pas la valeur fixée par la réglementation algérienne de 50/100ml. Cela peut être attribué à l'absence de précipitations, ce qui a entraîné un débit faible de la source. Ainsi le changement de température ce qui nous laisse suspecter une présence de contamination fécale au niveau de la source Ait Ergane.

Les travaux réalisés sur la même problématique par HOUMEL (2017) résultats varient entre 0 et 4 C/100 ml pour la source Thala Toulmouts sont similaire à ceux que nous avons trouvés. Or les résultats de TOUABI et ATEK (2021) qui révèlent des valeurs nulles (0 C/100 ml) ceux de HAMMOUDI et CHEGRANI (2022) qui varient entre 10 C/100 ml (été 2021) et 1100 C/100 ml (été 2022) ne concordent pas avec les résultats de notre travail.

6.2. Streptocoques fécaux

Les résultats d'analyse bactériologique indiquent une absence totale des streptocoques dans la source d'eau Ait Ergane pour les deux périodes d'échantillonnage, ce que signifie une absence d'une contamination fécale. Les résultats obtenus par TOUABI et ATEK (2022) pour (0 C/100 ml) sont similaire à ceux que nous avons trouvés. Cependant les résultats trouvés par HAMMOUDI et CHEGRANI (2022) durant l'été de deux années successives 2021 et 2022 (varient entre 0 et 12 C/100 ml) ne concordent pas avec les résultats de notre travail.

6.3. *Escherichia coli*

Les résultats des d'analyse bactériologiques (tableau 6) indiquent que l'eau provenant de la source Ait Ergane ne contient aucune bactérie *E.coli*, pendant les deux périodes (hiver, été, 2024), ce qui démontre l'absence de contamination par ce genre de bactéries. Les résultats trouvés par TOUABI et ATEK (2022) (0 C/100 ml) pour les deux saisons sont similaire à ceux que nous avons trouvés. Or les résultats trouvés par HAMMOUDI et CHEGRANI (2022) varient entre 0 et 14 C/100 ml durant l'été de deux années successives 2021 et 2022 ne concordent pas avec les résultats de notre travail.



Conclusion

L'eau joue un rôle essentiel tant pour la vie, la santé, que pour la dignité humaine. La qualité de l'eau de consommation est appréciée par ses propriétés physicochimique et bactériologique.

L'objectif de notre étude est l'analyse physico-chimique et bactériologique de la source Ait Ergane, sur deux périodes d'échantillonnage (hiver et été) au niveau de la commune des Ouadhias, wilaya Tizi Ouzou, L'analyse des différents échantillons a permis de faire les observations suivantes :

Sur le plan organoleptique les échantillons d'eau prélevés pendant les deux périodes étaient incolores, sans goût et sans odeur.

Sur le plan physico-chimique, la plupart des paramètres sont conformes aux normes Algériennes. Selon les résultats, l'eau de cette source est basique pendant les deux saisons, avec un pH variant entre (7,74-7,97). Les valeurs de turbidité (0,72-0,86 NTU) et de conductivité électrique (277-293 $\mu\text{S}/\text{cm}$) indiquent un degré de minéralisation moyen de cette eau, qui a été conforme à la norme Algérienne pendant les deux saisons (hiver, été, 2024). Les concentrations de calcium, de magnésium et de sodium ont été observées avec des niveaux de (52-55mg/l), (2 à 3 mg/l) et (5 à 8 mg/l).

Sur le plan pollution organique nous avons observé une absence d'ammonium, de nitrites, de phosphate, ainsi qu'une faible concentration de nitrates, qui reste stable pendant les deux saisons à une concentration de 6,19 mg/l, ainsi qu'une faible concentration de matière organique (0,08-0,4 mg/l).

Sur le plan bactériologique, nous avons marqué une absence des germes indicateurs de pollution tels que les coliformes thermotolérants *E.coli* et les streptocoques pendant les deux saisons (hiver, été, 2024) à l'exception des coliformes fécaux, nous avons marqué (4 C/100ml) en hiver qui sera nulle en été (0 C/100ml) qui sont inférieure à la norme algérienne, cela peut être attribué à l'absence de précipitations ou un changement des températures.

Les résultats obtenus en 2024 démontrent que l'eau de la source Ait Ergane présente une qualité bactériologique satisfaisante. Elle n'est pas bactériologiquement dangereuse pour la consommation humaine.

Enfin, la préservation des sources d'eau permet de préserver de nombreuse vie, pour une meilleure préservation nous recommandons :

- L'implémentation d'un programme de contrôle de la qualité et de garantie de conformité.
- Préserver les eaux des sources de la pollution et de la contamination et sensibilisation de la population à diminuer leurs déchets et ordures pour préserver l'environnement et préserver cette ressource.
- Vérification des eaux de sources en effectuant plusieurs prélèvements à diverses périodes de l'année.
- Sensibiliser les communautés à propos des maladies liées à l'eau.



Références bibliographiques

1. **ABBERTON C. L., BERESSHENKO L., VAN DER WIELEN P. W. J. J et SMITH C. J., 2016.** Survival, biofilm formation, and growth potential of environmental and enteric *coli* strains in drinking water microcosms. *Appl Environ Microbiol* 82:5320–5331. Doi: 10.1128/AEM.01569-16.
2. **AMICHI N., 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, 90p.
3. **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). *1er séminaire national sur la santé et bio-surveillance des écosystèmes aquatique, 12p.*
4. **AKIL A., HASSAN T., FATIMA E. H., LAHCEN B., ABDERRAHIM L., 2014.** Etude de la qualité physicochimique et contamination métallique des eaux de surface du bassin versant de Guigou, Maroc, 11p.
5. **BELGHITI M. L., CHAHLAOUI A., BENGOUMI D., EI MOUSTAINE R., 2013.** Etude de la qualité physicochimique et bactériologique de la nappe plio-quadernaire de la région de Meknès (Maroc), 16p.
6. **BELGHITI M. L., CHAHLAOUI A., BENGOUMI D., EI MOUSTAINE R., 2013.** Etude de la qualité physico -chimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappe plio-quadernaire dans la région de meknès (Maroc). *Larhyss Journal* n°14: 21-36
7. **BENISTON M., 2009.** Changement climatique et impact, Lausanne : presses universitaires romandes, 41p.
8. **BESSALEM Z., et HASSANI S., 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 « 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.
9. **BONNIN J., 1982.** Aide-mémoire d'hydraulique urbaine. Edition. Eyrolles. P : (23 -33).

10. **BORDET J., 2007.** L'eau dans son environnement rural. 1er Ed Johanet. Paris. ISBN: 978-2-9000-86-71-1, pp 53-174.
11. **BOUZIANI M., 2000.** Eau de l'épuration aux maladies. Editions Iben-khaldoun pages 60, 61,71, 72, 74, 75.
12. **C.I.E., 2005.** Centre d'information sur l'eau disponible sur internet: www.Cieau.com.
13. **CHOCAT B., LEVI Y., BRELOT E., 2015.** *L'eau du robinet est-elle différente de l'eau en bouteille ?* .Méli-Mélo. Démêlons les fils de l'eau.
14. **COLLIN J., 2004.** Les eaux souterraines, connaissances et gestion. Edition BRGM HERMANN, Editeurs des sciences et des arts, pp 01-150.
15. **DARTIGUES J-F., BERR C., HELMER C., LETENNEUR L., 2002.** Épidémiologie de la maladie d'Alzheimer, 7p.
16. **DEBBAKH A., 2012.** Qualité et dynamique des eaux des systèmes lacustres en amont de l'Oued Righ. Mémoire magister. Université de Kasdi Merbah. Spécialité : hydraulique, 176p.
17. **DJEMMAL S. (2008-2009),** Les Ressources en Eau et L'environnement, l'effet de la sebkha sur la qualité des eaux Souterraines dans la partie sud -est de Sétif Cas du Guidjal, Université de Constantine, Algérie.
18. **DELARRAS C., 2014.** Pratique en microbiologie de laboratoire.1er Ed Lavoisier. Paris. ISBN : 978-2-7430-1565-7, pp 234-652.
19. **De WEVER P., 2015.** L'eau de la vie.1er Ed, EDP sciences, France ; ISBN : 978-2-7598-11892. Enlinge, 63p.
20. **DOVONON L., 2011.** Qualité chimique des eaux souterraines dans la commune de Das-sazoumé (Bénin) : Impacts sanitaires des teneurs hors normes en fluorure et essais de traitement à l'os calciné de bovin, thèse de doctorat, FAST, Université d'Abomey-Calavi, 206p.
21. **FARCH S., 2017.** Incidence des eaux embouteillées sur la dissolution de l'hydroxyapatite dentaire. Influence de différents paramètres. Thèse de doctorat. Université Djilali Liabes. Faculté des sciences exactes Sidi Bel Abbes, 37p.

22. **FESTY B., HARTEMANN P., LERDRANS M., PARTICK L., 2003.** *Qualité de l'eau*. In : Environnement et santé publique- Fondement et pratiques. Chapitre 13, p333-368.
23. **GAUJOUS D., 1995.** La pollution des milieux aquatiques. Aide-mémoire. Ed. Technique et Documentation. Lavoisier, Paris, 220p.
24. **GHAZZALI D et ZAID A., 2013 :** Etude de la qualité physicochimiques et bactériologique des eaux de la source Ain Salama-Jerri (région de Meknes-Maroc). *Lrhyss Journal*,12 : pp 25-36.
25. **GERARD G., PHILIPPE H., 2014.** Eaux et santé. *Hegel*. Vol 4, N° 3.3 p. DOI : 10.4267/2042/54108
26. **GOMELLA G et GUERREE H., 1980.** Guide de l'alimentation en eau dans les agglomérations urbaines et rurales. Tome 1 : La distribution. 3ème édition Eyrolles, pp21-22.
27. **GROSCLAUDE G et COORD., 1999.** L'eau usage et polluants. Tome II. Paris. ISBN : 2-7380-0854-2, 59p.
28. **GUILLEMIN C et ROUX J., 1992.** La pollution des eaux souterraines. *Manuels et Méthodes n° 23*, éd. BRGM, 1-25.
29. **GURIAUD J., 1998.** Microbiologie alimentaire. Ed. Dunod. Paris, 45p.
30. **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.
31. **HASLAY et LECLETC., 1993 ;** Microbiologie des eaux d'alimentation. Technique et documentation, édition Lavoisier, pp 67,70.
32. **HAMMOUDI S et CHEGRANI T., 2022.** Analyse physico-chimiques et bactériologie de l'eau de la source Lainsar Ouqarmoud au niveau de la commune d'Illoula Oumalou dans la région de Tizi Ouzou. Mémoire de master. Faculté des sciences biologiques et sciences agronomiques. Département Biologie. Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou, 50p.

33. **HEM J.D., 1985.** Study and interpretation of chemical characteristic of natural water. 3rd Edition. University of Virginia, United States of Geological Survey Water-Supply. Paper 2254 Washington, DC, USA, 263p.
34. **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.
35. **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. Faculté des sciences biologiques et agronomiques. Département de biologie animale et végétale. Université Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou, 77p.
36. **JOLY B., REYNAUD A., 2003 :** Entérobactéries : systématiques et méthodes d'analyses. Edition Technique et documentation, Paris, 356p.
37. **JORA., 2011.** « Journal Officiel de la République Algérienne ». N °18. P7-9.
38. **KAHOUL M et TOUHAMI M., 2014.** Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux de consommation de la ville d'Annaba (Algérie). Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°19, pp.129-138.
39. **LABADI A.S et HAMMACHE H., 2016.** *Etude comparative des eaux minérales et des eaux de sources produites en algérie.* Larhyss Journal, N°28, p319-342.
40. **LARPENT J.P et GOURGAUD M.L., 1997 :** Techniques de microbiologie microorganisme eucaryotes et procaryotes, structure, métabolisme systématique, applications industrielles, milieu de culture et réactifs. 3ème Edition TEC et DOC, 417p.
41. **MAKOUTODE M., ASSANI A.K., OUENDO E.M., AGUEH V.D., DIALLO P., 1999.** Qualité et mode de gestion de l'eau de puits en milieu rural au Bénin : cas de la sous-préfecture de Grand-Popo. *Médecine d'Afrique Noire*, 46(11) : 528-534.
42. **MANUEL de BERGEY., 1984.** Systématique bactériologie ; 9th édition, 533p.
43. **MEYEBECK., 1989.** La qualité des cours d'eau : de l'état vierge au niveau mondial pollution. *palaeogeogr. palaeoclimatol. palaeoecol. (Global Section Planète Change)*, 309p.

44. **MENRTON P., 2001.** Le chlorure de sodium dans l'alimentation : un problème de santé publique non résolu, 17p.
45. **MORABBI., 2013.** Caractérisation la qualité des ressources en eau dans le sous-bassin. Ksob (région d'Essaouira, Maroc. Mémoire de licence, Université Cadi Ayyed, p27-28.
46. **NISKAK B., 2008.** Encyclopedia of Global warming and climate change. Ed. S. Philander. Vol 3. Thousand Oaks.CA: Sage Publication Inc.3:813-817.
47. **OUHAMOUCHE C.H et ZANE N., 2021.** Evaluation des paramètres physicochimiques et bactériologiques des eaux de trois sources (Thianserine, Thala Bouada et Ait Naïm) dans la région de Tizi-Ouzou. Mémoire de Master. Faculté des sciences Biologiques et Agronomiques. Département de Biologie. Université Mouloud MAMMERI de Tizi–Ouzou, 66p.
48. **Organisation Mondiale de la Santé (OMS), 1986 :** Directives de qualité pour l'eau de boisson. Volume 2 :1ere Edition, Genève, 134p.
49. **Organisation Mondiale de la Santé (OMS), 2011.** Rapport mondial sur le développent des ressources en eau. World Health Statistics 2011.Genève.
50. **Organisation Mondiale de la Santé (OMS), 2015.** La qualité des eaux conditionnées en France.
51. **Organisation Mondiale de la Santé (OMS), 2017.** Directives de qualité pour l'eau de boisson.4^e édition.
52. **PARK C., 2007.** A dictionary of Environnement and Conservation: water pollution. Oxord University press, 2007. Oxford Reference Online
:www.oxordreference.com.edlis.ied.edu.hk/views/ENTRY.html?subview=Main&entry=44.e8816.
53. **PNUE/OMS., 1977.** Recommandation pour la surveillance sanitaire des zones côtières à usage récréatif et des zones conchylicoles. Bureau régional de l'OMS pour l'Europe, Copenhague, 168p.
54. **PREVEDELLO C., 2006.** La qualité de l'eau d distribution. Dossier scientifique réalisé dans le cadre de l'élaboration du rapport analytique 2006-2007 sur l'état de l'environnement wallon, 44p.

55. **PUJEH JUNIOR M., GOGRA A., KAISAM P., KUDUSH Y., 2021.** Physicochemical and bacteriological analysis of the quality of sachet water and their source point (spring box) consumed in Bo city, Sierra Leone. *JECE*. 13(1). pp 14-22.
56. **RAMADE F., 2005.** Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'eau. Edition Ediscience international. Paris, France.
57. **REJESK F., 2002.** Analyse des eaux. Aspects réglementaires et techniques. Série sciences et techniques de l'environnement. Edition Scérén, 360p.
58. **RODIER et al., 1996.** L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer, Ed. Dunod, 8 ème Edition, Paris.
59. **RODIER J., 2005.** L'analyse de l'eau. Eaux naturelle, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer 8ème édition. Edition Dunod, 1381p.
60. **RODIER et al., 2005.** L'Analyse de l'eau, Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eaux de Mer, chimie, physico-chimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats, Ed Dunod, paris, 384p.
61. **RODIER J., 2006.** L'eau : sciences et techniques. Dunod.
62. **RODIER J., LEGUBE B., MERLET N., 2009.** L'analyse de l'eau. 9ème Ed. Dunod. Paris. ISBN 978-2-10-054179-9. P1493.
63. **RODIER J., LEGUBE B., MERLET N. et COLL., 2009.** L'analyse de l'eau. 9th Edition Dunod, Paris, 1579p.
64. **R.N.V.A., 2019 : RAPPORT NATIONAL VOLONTAIRE ALGERIE (2019).** ODD 6 : Garantir un accès de tous à l'eau et à l'assainissement et assurer une gestion durable des ressources en eau, 8p.
65. **SAL M., 2010.** Evaluation de la qualité microbiologique et physico-chimique de l'eau de l'adduction d'eau villageoise de Belefoungou-Centre (Djougou), 47p. Sezan A, Ahokpe M, Akpona S. 2009. Troubles dus aux carences iodées au Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 3(6):1246-1257.
66. **SAVARY P., 2010.** Guide des analyses de la qualité de l'eau. 1re Ed : Territal à Bresson.

67. **SINTONDI L.O., AWOYE H.R., AGBOSSOU K.E., 2008.** Modélisation du bilan hydrologique du bassin versant du Klouau Centre-Bénin : Contribution à la gestion durable des ressources en eau. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin*, 59 : 35-48.
68. **Statistiques annuelles de Tizi Ouzou., 2018.** Les ressources en eau de la wilaya de Tizi Ouzou comprennent des eaux souterraines, des barrages, des forages des retenues collinaires et es sources. Ministère de l'aménagement du territoire de l'urbanisme et de la ville de Tizi Ouzou.
69. **TALEB S., 2014.** Confrontation des normes Algériennes des eaux potables aux directives de l'organisation mondiale de la santé (OMS).
70. **TOUABI et ATEK., 2021.** 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 e master. Faculté des sciences biologiques et sciences agronomiques. Département Biologie. Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou, 26p.
71. **TREMBLAY., 1995 ; MOULY et al., 2008.** Caractérisation physicochimiques des bois raméaux fragmentés et leur effet sur la croissance des plantes. Mémoire de maitrise, Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation, Université Laval, Québec, 173p. (Rapport d'étude des sous-produit chloration dans l'eau destinée à la consommation humaine France-Compagne d'analyse des quatre systèmes de distribution d'eau et modélisation de l'évolution des trialomthanes,saint-maurice (Fra.Institut de veille sanitaire).
72. **VILAGINES R., 2000.** Eau, environnement et santé publique. Introduction à l'hydrologie. Edition : Tec et Doc. Lavoisier, 198p.
73. **VILAND M., MONTIEL A., DUCHEMIN J., ZARRABI P., 2001.** Eau et santé. Editions du Gret. Paris(France) : Groupe de recherche et d'échanges technologiques, 109p.
74. **WHO (Word Health Organization),, 2006.** Guidelines for drinking-water quality. First addendum to third edition. Volume 1. Recommendations, 595p.
75. **WHO (Word Health Organization),, 2011.** Guidelines for drinking-water quality. Fourth edition. Geneva, 564p.

76. **YAHMI et ZEROUKHI., 2021.** Analyse de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source Thala Oguellidh au niveau de la commune de Mechtras dans la région de Tizi Ouzou. Mémoire de master. Faculté des sciences biologiques et sciences agronomiques. Département Biologie. Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou, 48p.



Annexes

Annexe 1 : Paramètre avec valeurs indicatives (normes algériennes du ministre des ressources en eau depuis 22 mars 2011).

Groupe de paramètre	Paramètre	Unités	Valeurs indicatives
Paramètre physico-chimique en relation avec la structure naturelle des eaux	pH	Unité pH	Supérieur à 6.5 et inférieur à 9
	Conductivité	μS/cm à 20°C	2800
	Température	°C	25
	Dureté a	Mg/l en CaCo3	200
	Alcalinité	Mg/l en CaCo3	500
	Calcium	Mg/l en CaCo3	200
	Chlorures	Mg/l	500
	Potassium	Mg/l	12
	Résidu sec	Mg/l	1500
	Sodium	Mg/l	200
	Sulfates	Mg/l	400
Paramètre organoleptiques	Couleur	Mg/l Platine	15
	Turbidité	NTU	5
	Odeur 12°C	Taux dilution	4
	Saveur 25°C	Taux dilution	4
Paramètre chimiques	Aluminium	Mg/l	0.2
	Ammonium	Mg/l	0.5
	Baryum	Mg/l	0.7
	Bore	Mg/l	1
	Fer total	Mg/l	0.3
	Fluorures	Mg/l	1.5
	Manganèse	μg/l	50
	Nitrates	Mg/l	50
	Nitrites	Mg/l	0.2
	Oxydabilité	Mg/l O2	5
	Phosphore	Mg/l	5
	Acrylamide	μg/l	0.5
Antimoine	μg/l	20	

Paramètre chimiques	Argent	µg/l	100
	Arsenic	µg/l	10
	Cadmium	µg/l	3
	Chrome total	µg/l	50
	Cuivre	mg/l	2
	Cyanure	µg/l	70
	Mercure	µg/l	6
	Nickel	µg/l	70
	plomb	µg/l	10
	Sélénium	µg/l	10
	zinc	mg/l	2
	Hydrocarbures polycycliques aromatique totaux (H.P.A)	µg/l	0.2
	Phénols	µg/l	0.5
	Pesticides (totaux)	µg/l	0.5
	Bromates	µg/l	10
	Chlore	mg/l	5
	Chlorite	mg/l	0.07
	Trihalométhanes (THM)	µg/l	100
Radionucléides	Particules alpha	Pico curie/l	15
	Particules béta	Milli rems/an	4
	Tritium	Bequerel /l	100
	Uranium	µg/l	15
	Dose totale indicative (DTI)	(mSv/an)	0.1
Paramètre microbiologique	Escherichia Coli	Nb/100ml	0
	Entérocoques	Nb/100ml	0
	Bactéries sulitoréductices compris les spores	Nb/20ml	0

Annexe 02 : Les paramètres physicochimique et bactériologique (OMS, 2006) ; (JORA, 2011).

	Paramètre	Selon l'OMS	Selon le journal Algérien
Les normes physico chimique liée à la composition naturelle	pH	entre 6.5 et 9.5	≥ 6.5 et ≤ 9.5
	Conductivité	pas de norme	2800 $\mu\text{S}/\text{cm}$
	Température	Acceptable	25°C
Les normes physico chimique liée à la composition de la substance indésirable	Turbidité	5 NTU	5 NTU
	Les nitrates	50 mg/l	2005 mg/l
	La dureté	200 ppm	505 mg/l
	Les nitrites	0.2 mg/l	0,25 mg/l
	Ammonium	0.5 mg/l	0,55 mg/l
	Chlorures	250 mg/l	5005 mg/l
	Potassium	12 mg/l	125 mg/l
Les normes physico chimique liée à la composition de la substance toxique	Calcium	100 mg/l	2005 mg/l
	Magnésium	50 mg/l	Non mentionnées
	Fer	Pas de valeur guide	0,35 mg/l
	Cuivre	2 mg/l	25 mg/l
	Zinc	3 mg/l	5 mg/l
	Arsenic	0.01 mg/l	0.01 mg/l
	Cadmium	0.003 mg/l	0.003 mg/l
	Chrome	0.05 mg/l	0.05 mg/l
	Mercure	0.006(Inorganique)	0.006 mg/l
Plomb	0.01 mg/l	0.01 mg/l	
Les normes bactériologiques	Coliforme fécaux	0 nb /100ml	Non mentionnés
	E. Coli	Non mentionnés	0 nb /100ml

Résumé

L'eau est indispensable à la vie. Sans elle, il n'y aurait aucune vie possible sur terre. L'objectif de notre travail est d'évaluer la potabilité d'une source d'eau Ait Ergane située dans la commune des ouadhias, wilaya de Tizi-Ouzou par une analyse des paramètres physicochimiques et bactériologiques sur deux périodes d'échantillonnages (été et hiver) de l'année 2024, comparée à la norme algérienne de potabilité. Les résultats obtenus montrent que les paramètres physico-chimique analysés sont conformes aux normes de potabilité ainsi l'eau analysée est moyennement minéralisée avec une conductivité qui varie entre (277-293 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Les paramètres de pollution les plus dangereux, tels que l'ammonium et les nitrates, n'apparaissent pas dans l'eau analysée, Une concentration de nitrates de 6,19 mg/l marqué dans l'eau analysé qui est considérée comme relativement faible et généralement considérée comme sûre pour la consommation humaine. Les résultats des tests bactériologiques ont révélé l'absence complète des coliformes thermo tolérants et des streptocoques, à l'exception des coliformes fécaux dont on a détecté un faible nombre (04/100ml) en hiver, mais qui reste inférieur à la normale. Ainsi, il est possible de conclure que cette eau est potable et adaptée à la consommation humaine.

Mots clés : Source d'eau Ait Ergane, analyse physicochimiques et bactériologiques, Ouadhias, Tizi-Ouzou.

Abstract

Water is essential for life. Without it, there would be no life on earth. The objective of our work is to assess the drinkability of a water source Ait Ergane located in the municipality of Ouadhias, wilaya of Tizi-Ouzou by analyzing the physicochemical and bacteriological parameters on two sampling periods (summer and winter) of the year 2024, compared to the Algerian drinking standard. The results obtained show that the physico-chemical parameters analyzed are in compliance with drinking standards so the water analyzed is mediumly mineralized with a conductivity that varies between (277 and 293 $\mu\text{S}/\text{cm}$). The most dangerous pollution parameters, such as ammonia and nitrates, do not appear in the water analyzed, A nitrate concentration of 6.19 mg/l marked in the analysed water which is considered to be relatively low and generally considered safe for human consumption. The results of bacteriological tests revealed the complete absence of thermo-tolerant coliforms and streptococcus, with the exception of fecal coliforms which were detected in a small number (04/100ml) in winter, but which remains below normal. Thus, it can be concluded that this water is drinkable.

Key words : Spring water of Ait Ergane, physicochemical and bacteriological analyses, Ouadhias, Tizi-Ouzou.

ملخص

الماء ضروري للحياة. بدونها، لن تكون هناك حياة ممكنة على الأرض. الهدف من عملنا هو تقييم صلاحية مصدر مياه آيت أركان الواقع في بلدية وادياس بولاية تيزي وزو من خلال تحليل المعلمات الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية على فترتي أخذ العينات (الصيف والشتاء) من عام 2024، مقارنة بالمعيار الجزائري للشرب. أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن المعلمات الفيزيائية والكيميائية التي تم تحليلها تتوافق مع معايير الصلاحية للشرب، لذلك فإن المياه التي تم تحليلها تكون متمعدنة بشكل معتدل مع موصلية تتراوح بين (277-293 ميكرو ثانية/سم). لا تظهر أخطر معايير التلوث، مثل الأمونيوم والنترات، في المياه التي تم تحليلها، تركيز نترات 6.19 ملغم / لتر المسمى في المياه التي تم تحليلها والتي تعتبر منخفضة نسبياً وتعتبر بشكل عام آمنة للاستهلاك البشري. كشفت نتائج الاختبارات البكتريولوجية عن الغياب التام للقولونيات والمكورات العقدية المحتملة للحرارة، باستثناء القولونيات البرازية، والتي تم اكتشاف عدد قليل منها (04/100 مل) في الشتاء، لكنها لا تزال أقل من المعتاد. وبالتالي، من الممكن أن نستنتج أن هذه المياه آمنة للشرب ومناسبة للاستهلاك البشري.

الكلمات الدالة: منبع آيت أركان، التحليلات الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية، واديس، تيزي وزو.