

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

**Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou**  
**Faculté des Sciences Biologiques et Sciences Agronomiques**  
**Département d'Ecologie et Environnement**



***Mémoire de fin de cycle***

***En vue de l'obtention du diplôme de Master en Ecologie et Environnement***  
***Spécialité : Protection des écosystèmes***

**Thème**

**Analyse physico-chimique et bactériologique de  
l'eau de la source Adardar sur deux périodes  
d'échantillonnage au niveau de la commune de  
Bouzeguène dans la région de Tizi-Ouzou**

***Présenté par :***

**M<sup>elle</sup> BEN CHABANE Hadjila**

**et**

**M<sup>elle</sup> FERRAS Kenza**

***Évalué par le jury composé de :***

**Présidente : M<sup>me</sup> Metna F.**

**M C A**

**UMMTO**

**Promoteur: M<sup>f</sup> Mezani S.**

**M C A**

**UMMTO**

**Examineur: M<sup>f</sup> Berradj O.**

**M C A**

**UMMTO**

**Année universitaire : 2022/2023**

## Remerciements

*Au terme de ce modeste travail, nous tenons à remercier DIEU tout-puissant de nous avoir donné du courage, de la volonté, la patience et surtout la santé pour que nous puissions réaliser ce travail.*

*Nous exprimons notre profonde gratitude et reconnaissance envers notre promoteur, Monsieur **MEZANI S.**, Maître de Conférences de classe A à l'Université Mouloud MAMMERY de Tizi-Ouzou, pour ses précieux conseils, ses orientations éclairées, ainsi que pour les compétences qu'il a mises à notre disposition.*

*Nous adressons nos sincères remerciements à **M<sup>me</sup> METNA F.**, maitre de conférences classe A l'université mouloud MAMMERY de Tizi-Ouzou pour l'honneur qu'elle nous a faite en acceptant la présidence du jury.*

*Nous voulons adresser nos plus vifs remerciements à **M<sup>r</sup> BERRADJ O.**, maitre de conférences classe A à l'université Mouloud MAMMERY de Tizi-Ouzou, d'avoir accepté d'examiner notre travail.*

*Nous tenons aussi à remercier **M<sup>me</sup> LAMRI T.**, enseignante-chercheur à la faculté des sciences biologique et des sciences agronomiques de l'université MAMMERY de Tizi-Ouzou de nous avoir identifié les caractéristiques de l'échantillon du sol de la source d'eau étudiée.*

*Nous adressons nos sincères remerciements **M<sup>me</sup> LADJAL S.** responsable du laboratoire de l'Algérienne Des Eaux, unité Boukhalfa de Tizi-Ouzou, de nous avoir bien accueillies au sein de son établissement et pour la confiance et l'aide qu'il nous a accordé.*

*Nous exprimons également notre gratitude envers tout le personnel du laboratoire qui a partagé ses expériences et ses connaissances avec nous, contribuant ainsi à la réussite de nos expérimentations, tout en créant une ambiance de convivialité au quotidien.*

*Nous tenons à remercier chaleureusement tous qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.*

*Enfin, nous tenons à exprimer notre sincère gratitude envers notre famille, en particulier nos parents, qui n'ont jamais cessé de nous encourager et de nous accompagner tout au long de nos études.*

# Dédicace

**A** *La mémoire de mon père, parti bien trop tôt, demeure dans nos cœurs. J'espère qu'où qu'il soit, il perçoit cet humble geste comme une manifestation de gratitude de la part de sa fille, qui a toujours prié pour le repos de son âme. Que Dieu Tout-Puissant l'accueille dans Sa sainte miséricorde.*

*Ma mère adorée pour son soutien, sa patience et ses sacrifices, tout au long de ce parcours académique.*

*Ma merveilleuse sœur Taous, sa présence bienveillante et ses mots de motivations dont elle a fait preuve à mon égard.*

*Mes frères Ahmed et Amar, ainsi que mes chères sœurs et leurs conjoints je leurs suis reconnaissante pour leurs encouragements.*

*Mes neveux que j'apprécie beaucoup, Cerine, Mohamed, Mirina, Dacine et Léa.*

*Ma chère camarade Kenza pour son soutien moral et exceptionnel à l'aboutissement de ce travail.*

*Mes amis et proches, et à ceux qui me donnent de l'amour et de la vivacité*

*Que cette dédicace témoigne de mon amour et de ma gratitude éternelle envers vous*

*Hadjila*

# Dédicace

**A** *Mes parents bien-aimés, qui m'ont apporté leur soutien et leurs encouragements tout au long de ma vie, et je tiens à les remercier de m'avoir épaulé pour que je puisse atteindre mes objectifs. Que ces mots expriment ma gratitude sincère envers eux.*

*Ma chère sœur Katia, que j'aime profondément, je souhaite tout le succès dans ses études.*

*Mes chers frères, Ferhat et Walid, qui m'ont chaleureusement soutenu et encouragé tout au long de mon parcours académique.*

*Mon fiancé, qui a toujours été un pilier d'encouragement et de soutien, même dans les moments les plus difficiles. Je te souhaite une vie remplie de bonheur.*

*Ma famille, mes proches, ainsi qu'à ceux qui m'entourent avec amour et vitalité, je vous remercie du fond du cœur.*

*Ma chère camarade Hadjila, pour tous les précieux souvenirs que nous avons partagés, pour ton soutien inébranlable et ta patience infinie.*

*A tous ce qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.*

*Kenza*

**ADE** : Algérienne des eaux.  
**BEA** : Bile Esculine Azoture  
**C** : Colonie  
**CE** : Conductivité électrique.  
**DC** : Double concentré.  
**DO** : Oxygène dissous.  
**DPD** :Diethyl-p-phénylénédiamine.  
**E. coli** :*Escherichia coli*.  
**EDTA** : acide Ethylène Diamine Tétracétique.  
**Juill** : Juillet  
**H<sub>2</sub>S** : Sulfure d'hydrogène.  
**KCL** : Chlorure de Potassium.  
**LNA** : Limite Norme Algérienne.  
**MES** : Matières en Suspension  
**MgCl<sub>2</sub>**:Chlorure de Magnésium.  
**Mg/l** : Milligramme par litre.  
**MT H** : Maladies à Transmissions Hydriques.  
**NaCl** : Chlorure de Sodium.  
**NTU** : Unité de Turbidité Néphélométrique.  
**OMS** : Organisation Mondiale de la Santé.  
**pH** : Le potentiel Hydrogène.  
**SC** :Simple concentré.  
**TA** : Titre Alcalimétrique.  
**TAC** : Titre Alcalimétrique Complet.  
**TH** : Titre Hydrotimétrique.  
**TSD** : totale des solides dissous.  
**UV** : Ultra-violet.  
**°C** : Degré Celsius.  
**μS/cm** :Micro-siemens par centimètre.

---

<b>Figure 01</b> : Cycle de l'eau (Chelli et Djouhri, 2013) .....	04
<b>Figure 02</b> : Source d'eau Adardar (photographie originelle, 2023).....	17
<b>Figure 03</b> : Localisation satellite de la source Adardar (Google Earth, 2023).....	17
<b>Figure 04</b> : Relief et couvert végétal de la source d'eau Adardar (photographie originelle, 2023).....	18
<b>Figure 05</b> : Echantillon du sol de la source Adardar (Photographie originelle 2023)....	19
<b>Figure 06</b> : Autoclave et flacons utilisés pour les prélèvements physicochimiques et bactériologiques (photographie originelle, 2023). .....	20
<b>Figure 07</b> : Glacière utilisée pour les échantillons de l'eau de source (photographie originelle 2023).....	21
<b>Figure 08</b> : spectrophotométrie (photographie originelle 2023) .....	22
<b>Figure 09</b> : pH-mètre (photographie originelle, 2023) .....	23
<b>Figure 10</b> : Conductivimètre (photographie originelle, 2023) .....	24
<b>Figure 11</b> : Dosage de l'alcalinité (photographie originelle, 2023).....	24
<b>Figure 12</b> : Dosage volumétrique du calcium (photographie originelle, 2023) .....	26
<b>Figure 13</b> : Dosage des chlorures (photographie originelle, 2023).....	27
<b>Figure 14</b> : Spectrophotomètre à flemme (photographie originelle, 2023).....	28
<b>Figure 15</b> : Dosage de l'ammonium (photographie originelle, 2023).....	29
<b>Figure 16</b> : Dosage des nitrites (photographie originelle, 2023).....	30
<b>Figure 17</b> : Dosage des nitrates (photographies originelle, 2023) .....	31
<b>Figure 18</b> : dosage de phosphate (photographie originelle 2023) .....	32
<b>Figure 19</b> : Dosage de fer (photographie originelle, 2023).....	32
<b>Figure 20</b> : Dosage de la MO (photographie originelle, 2023).....	33
<b>Figure 21</b> : Dénombrement des coliformes et <i>Escherichia coli</i> par la méthode solide (photographie originelle, 2023).....	35
<b>Figure 22</b> : Coliformes fécaux et thermo tolérants (photographie originelle, 2023).....	35
<b>Figure 23</b> : Confirmation des coliformes fécaux sur le disque d'oxydase (Photographie originelle, 2023) .....	36
<b>Figure 24</b> : streptocoque sur un milieu Slanetz (Photographie originelle, 2023).....	37
<b>Figure 25</b> : Variation de la température des deux saisons étudiées (hiver et été) de la source Adardar de l'année 2023. ....	38
<b>Figure 26</b> : Variation de pH des deux saisons étudiées (hiver et été) de la source Adardar de l'année 2023. ....	39

---

<b>Figure 27</b> : Variation de CE des deux saisons étudiées (hiver et été) de la source Adardar de l'année 2023. ....	40
<b>Figure 28</b> : Variation de titre alcalimétrique des deux saisons étudiées (hiver et été) de la source Adardar de l'année 2023. ....	41
<b>Figure 29</b> : Variation de titre alcalimétrique complet des deux saisons étudiées (hiver et été) de la source Adardar de l'année 2023. ....	42
<b>Figure 30</b> : Variation de la dureté totale des deux saisons étudiées (hiver et été) de la source Adardar de l'année 2023. ....	43
<b>Figure 31</b> : Variations de calcium des deux saisons étudiées (hiver et été) de la source Adardar de l'année 2023. ....	44
<b>Figure 32</b> : Variations de Magnésium des deux saisons étudiées (hiver et été) de la source Adardar de l'année 2023. ....	44
<b>Figure 33</b> : Variation de sodium des deux saisons étudiées (hiver et été) de la source Adardar de l'année 2023. ....	47
<b>Figure 34</b> : variations de potassium des deux saisons étudiées (hiver et été) de la source Adardar de l'année 2023. ....	46
<b>Figure 35</b> : variation de chlore des deux saisons étudiées (hiver et été) de la source Adardar de l'année 2023. ....	47
<b>Figure 36</b> :Variation des sulfates des deux saisons étudiées (hiver et été) de la source Adardar de l'année 2023. ....	48
<b>Figure 37</b> : variations d'Ammonium des deux saisons étudiées (hiver et été) de la source Adardar de l'année 2023. ....	48
<b>Figure 38</b> : variations de nitrite des deux saisons étudiées (hiver et été) de la source Adardar de l'année 2023. ....	49
<b>Figure 39</b> : variations de nitrates des deux saisons étudiées (hiver et été) de la source Adardar de l'année 2023. ....	50
<b>Figure 40</b> : variations de phosphore des deux saisons étudiées (hiver et été) de la source Adardar de l'année 2023. ....	51
<b>Figure 41</b> : variations de Fer dessous des deux saisons étudiées (hiver et été) de la source Adardar de l'année 2023. ....	
<b>Figure 42</b> : variations de Matière organique des deux saisons étudiées (hiver et été) de la source Adardar de l'année 2023. ....	52

**Tableau 1 :** Normes OMS et algériennes des paramètres physico-chimiques pour l'eau potable (OMS, 2003)..... 06.

**Tableau 2 :** Normes OMS des paramètres bactériologiques pour l'eau potable (OMS,2003) ..... 07.

**Tableau 3 :**Présentation des différentes maladies à transmission hydrique en Algérie et leurs origines (Kherifi et Bekiri, 2017)..... 09.

**Tableau 4 :**La qualité d l'eau en fonction de la turbidité (Robert,2014)..... 11.

**Tableau 5 :**La qualité de l'eau en fonction de la conductivité électrique (Touhari,2015). ..... 11.

**Tableau 6 :**Potabilité de l'eau en fonction des résidus secs (Rrodier et al., 2009) ..... 11.

**Tableau 07 :** Résultats des analyses bactériologiques de la source d'eau Adardar pour les deux saisons hiver, été, 2023 ..... 53



# Sommaire

<b>Introduction .....</b>	<b>01</b>
---------------------------	-----------

## **Chapitre I : Généralité sur l'eau**

<b>1. Définition de l'eau .....</b>	<b>03</b>
<b>1.1.Importance de l'eau .....</b>	<b>03</b>
<b>2. Origine de l'eau .....</b>	<b>03</b>
<b>3. Cycle de l'eau .....</b>	<b>03</b>
<b>4. Propriétés de l'eau .....</b>	<b>05</b>
4.1.Propriétés physiques.....	05
4.2. Propriétés chimiques .....	05
4.3. Propriétés optiques .....	05
<b>5. Eau de source.....</b>	<b>05</b>
<b>6. Eau potable .....</b>	<b>06</b>
6.1. Normes de potabilité .....	06
<b>7. La pollution de l'eau .....</b>	<b>08</b>
<b>7.1.Type de pollution.....</b>	<b>08</b>
<b>8. Maladies à transmission hydriques .....</b>	<b>08</b>
<b>9. Paramètres et qualité d'une eau potable.....</b>	<b>09</b>
9.1. Paramètres organoleptiques .....	09
9.2. Paramètres physico-chimiques .....	10
9.3. Paramètres minéralisations .....	11
9.4. Paramètres indésirables .....	13
9.5. Paramètres de toxicité .....	14
9.6. Paramètre de pollution .....	14
9.7. Paramètres bactériologiques .....	15

## **Chapitre II : Présentation de la zone d'étude et Méthodes adoptées**

<b>1. Présentation de la zone d'étude.....</b>	<b>17</b>
1.1. Situation géographique de source d'eau.....	17
1.2. Climat.....	18
1.3. Relief et couvert végétal .....	18
1.4. Sol .....	18

<b>2. Echantillonnage de l'eau de source .....</b>	<b>19</b>
2.1. Echantillonnage pour l'analyse physico-chimique .....	19
2.2. Echantillonnage pour l'analyse bactériologique .....	20
2.3. Transport et conservation des échantillons d'eau à analyser .....	21
<b>3. Analyse des échantillons prélevés .....</b>	<b>21</b>
3.1. Analyses physico-chimiques .....	21
<b>4. Dosage des paramètres physico-chimiques .....</b>	<b>23</b>
4.1. Température .....	23
4.2. Potentiel d'hydrogène (pH).....	23
4.3. Conductivité électrique .....	23
<b>5. Dosage des paramètres de minéralisations .....</b>	<b>24</b>
5.1. Alcalinité TA et TAC .....	24
5.2. Dureté Totale .....	25
5.3. Calcium et Magnésium .....	26
5.4. Chlorure.....	27
5.5. Potassium et Sodium .....	28
5.6. Sulfate.....	29
<b>6. Dosage des paramètres de pollution .....</b>	<b>29</b>
6.1. Ammonium .....	29
6.2. Nitrites .....	30
6.3. Nitrates .....	30
6.4. Phosphate .....	31
<b>7. Dosage des paramètres indésirables .....</b>	<b>32</b>
7.1. Fer .....	32
7.2. Matière organique .....	33
<b>8. Analyses bactériologiques .....</b>	<b>34</b>
8.1. Méthode par filtration sur membrane .....	34
8.1.1. Dénombrement des coliformes et coliformes thermo tolérants (Escherichia coli)	34
8.1.2. Dénombrement des streptocoques .....	36
<b>Chapitre II : Résultats et discussion</b>	
<b>1. Résultats des analyses organoleptiques .....</b>	<b>38</b>
1.1. Couleur.....	38
1.2. Odeur.....	38

<b>2. Résultats des analyses physiques .....</b>	<b>38</b>
2.1. Température .....	38
2.2. pH.....	39
2.3. Conductivité .....	39
<b>3. Résultats des paramètres de minéralisation globale .....</b>	<b>40</b>
3.1. Alcalinité .....	40
3.1.1. Titre alcalimétrique .....	40
3.1.2. Titre alcalimétrique complet .....	41
3.2. Dureté totale .....	42
3.3. Calcium .....	43
3.4. Magnésium .....	44
3.5. Sodium .....	45
3.6. Potassium .....	45
3.7. Chlorure.....	46
3.8. Sulfates .....	47
<b>4. Résultats des paramètres de pollution .....</b>	<b>48</b>
4.1. Ammonium .....	48
4.2. Nitrites.....	49
4.3. Nitrates .....	49
4.4. Phosphates.....	50
<b>5. Résultats des paramètres indésirables .....</b>	<b>51</b>
5.1. Fer dissous .....	51
5.2. Matière organique .....	52
<b>6. Résultats des analyses bactériologiques .....</b>	<b>52</b>
6.1. Coliformes fécaux .....	53
6.2. Coliformes thermo tolérants ( <i>E. coli</i> ) .....	53
6.3. Streptocoques fécaux.....	54
<b>Conclusion.....</b>	<b>55</b>
<b>Références bibliographiques .....</b>	<b>56</b>
<b>Résumé</b>	

# *Introduction*

L'eau représente une ressource naturelle d'une grande valeur et exceptionnelle. Elle revêt une importance vitale pour la survie sur terre et assume un rôle fondamental dans de multiples processus naturels. L'eau peut être considérée à la fois comme une source de vie, parfois même un remède, une matière première essentielle dans les domaines de l'industrie, de l'énergie et de l'agriculture, tout en servant de moyen de déplacement (Henri, 2012).

Après les périodes de ruée vers l'or et l'essor de l'industrie pétrolière, l'humanité a graduellement pris conscience de l'importance cruciale de cette ressource précieuse, qui se distingue par son absence d'odeur, de couleur et de saveur. À l'échelle mondiale, la problématique de l'approvisionnement en eau devient de plus en plus alarmante au fil du temps. Dans certaines régions du monde, la situation est déjà précaire, et malheureusement, elle ne fera que s'aggraver dans les années à venir.

L'eau destinée à la consommation humaine devrait répondre aux normes de qualité de l'eau potable établies par l'OMS. Ces normes représentent des exigences raisonnables minimales visant à garantir une pratique sans risques, dans le but de protéger la santé des consommateurs (OMS, 2004). Cela assure que l'eau potable est à la fois sûre et pure.

En Algérie, l'eau revêt un caractère stratégique en raison de sa rareté et d'un cycle naturellement perturbé et déséquilibré. Qu'il s'agisse de l'eau souterraine ou de l'eau de surface, les ressources sont limitées (Boudjadja et *al.*, 2003).

La Kabylie, en particulier la région de Tizi-Ouzou, est renommée pour ses abondantes ressources en eau, notamment les rivières et les sources. Bien que l'eau souterraine soit dissimulée et invisible, elle demeure fragile et fréquemment exposée à diverses sources de contamination résultant des activités humaines. Le processus de purification d'une eau souterraine contaminée peut s'avérer chronophage et onéreux, voire irréalisable dans certaines situations. C'est pourquoi il est essentiel de mettre en place une protection adéquate afin de réduire au minimum les risques de contamination qui la guettent (Myrand, 2008).

Cependant, il est important de noter que la qualité de l'eau est tout aussi importante que sa disponibilité. L'eau potable est essentielle pour maintenir notre santé et notre bien-être. Malheureusement, la qualité de l'eau peut être compromise par la pollution, qui peut se produire lorsque des contaminants indésirables pénètrent dans la source d'eau naturelle, tels que les contaminants chimiques, les déchets domestiques et industriels, les pesticides agricoles, les déchets humains, ce qui peut la rendre impropre à la consommation, à la vie aquatique et à d'autres utilisations essentielles.

Notre travail s'intéresse à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source Adardar sur deux périodes d'échantillonnage (hiver et été) de l'année 2023 au niveau de la commune de Bouzeguène dans la région de Tizi-Ouzou.

L'objectif principal de notre étude est d'évaluer la potabilité des eaux issues de cette source en basant sur la norme algérienne en vigueur pour les eaux potables, sachant que ces eaux sont destinées à la consommation humaine de la région. Nous avons effectué un stage pratique d'une semaine au sein de laboratoire de l'Algérienne des eaux (ADE), unité de Boukhalfa, wilaya de Tizi-Ouzou, où nous avons réalisé l'analyse de nos échantillons.

Notre présent travail est réparti en trois chapitres. Le premier consiste à un rappel bibliographique, où nous allons parler sur les généralités de l'eau, les propriétés et les normes de potabilité. Ce chapitre comporte également les paramètres physico-chimiques et bactériologiques ainsi que la pollution hydrique. Nous consacrons le deuxième chapitre à la présentation de la région d'étude et la méthodologie adoptée pour réaliser la partie expérimentale. Dans le troisième chapitre, nous présenterons les résultats obtenus concernant les diverses analyses effectuées sur l'eau de source étudiée, ainsi la discussion. Nous terminerons notre travail par une conclusion et des perspectives.

*Chapitre I*  
*Généralités sur l'eau*



## 1. Définition de l'eau

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

L'eau est un composé chimique ubiquitaire, incolore et insipide qui constitue un élément fondamental dans la vie des êtres vivants, souvent utilisé comme un excellent solvant entrant dans la composition de la majorité des organismes et essentiel pour de multiples usages (Bernard, 2007).

### 1.1. Importance de l'eau

L'eau est un élément essentiel de la vie humaine. Elle entre dans la composition du corps humain et dans les composants de la plupart des aliments. Utilisé dans l'alimentation humaine et animale, l'industrie, l'agriculture et d'autres secteurs, il joue également un rôle important dans la transmission des maladies d'origine hydrique par les agents pathogènes qu'il transporte lors de consommation (Guerd et al., 2007).

L'eau est un élément indispensable à la vie et au fonctionnement globale de la planète, car elle couvre 70 à 80 % de la surface totale de la planète : près de 98% d'eau salée impropre à la consommation, moins de 1% de l'eau est potable et utilisable, majoritairement enfermée dans les neiges et polaires (Lassoued et Touhami, 2008).

## 2. Origine et différents types d'eau

L'origine des eaux et les relations entre leurs compositions peuvent nous aider à envisager sur la base du mode de gisement, deux sources principales d'eau :

- Les eaux superficielles : les eaux des oueds, les lacs, des océans et les mers.
- Les eaux souterraines accumulées dans les nappes.

Sans empiéter encore sur les études particulières portant sur les types d'eau, lesquelles établissent précisément une certaine corrélation entre composition et origine, nous pouvons distinguer les eaux naturelles, potables et douces, les eaux dures et plates, les eaux salées, marais et saumâtres (Degremont, 2005).

## 3. Cycle de l'eau

La connaissance de l'origine de l'eau, de son cycle, de sa dynamique dans la nature, ainsi que de sa distribution dans l'espace et dans le temps, revêt une importance fondamentale. L'eau participe à un processus naturel en constante évolution entre la terre et l'atmosphère (Ayad, 2017).

Cette eau, présente dans ce que l'on appelle le cycle de l'eau de l'hydrosphère, est continuellement modifiée et circule à travers toutes les composantes du système climatique

global, comprenant l'atmosphère, les océans, les terres immergées, la biosphère continentale et la cryosphère. Ce cycle débute par le réchauffement de l'hydrosphère grâce à l'énergie solaire, entraînant l'évaporation de l'eau et sa présence dans l'atmosphère. Par la suite, cette vapeur d'eau, refroidie par l'air, se condense pour former des gouttes d'eau ou des cristaux de glace, puis tombe sous forme de précipitations. Une partie de ces précipitations s'infiltrate dans le sol pour constituer des nappes souterraines qui, en s'écoulant, donnent naissance à des sources émergeant à la surface sous forme de pluie, de neige ou de grêle, impactant ainsi la lithosphère terrestre (Bouchetit et Hakimi, 2016).

### 3.1. Composantes du cycle de l'eau

D'après Chelli et djouhri (2013), les composantes du cycle de l'eau (Figure 01) sont :

- 3.1.1. **Evaporation** : Chauffée par le soleil, l'eau des océans, des rivières et des lacs s'évapore et monte dans l'atmosphère.
- 3.1.2. **Condensation** : Au contact des couches d'air froid de l'atmosphère, la vapeur d'eau se condense en de minuscules gouttelettes qui, poussées par les vents, se rassemblent et forment des nuages.
- 3.1.3. **Précipitations** : Les nuages déversent leur contenu sur la terre, sous forme de pluie, neige ou grêle.
- 3.1.4. **Ruissellement** : La plus grande partie de l'eau tombe directement dans les océans. Le reste s'infiltrate dans le sol (pour former des nappes souterraines qui donnent naissance à des sources) où ruisselle pour grossir les rivières qui à leur tour vont alimenter les océans et le cycle recommence.

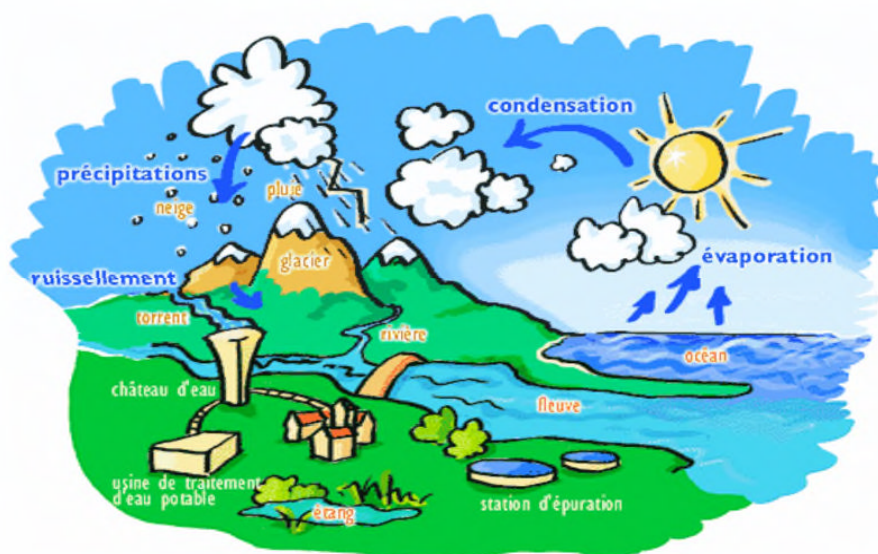


Figure 01 : Cycle de l'eau (Chelli et Djouhri,2013)

#### **4. Propriétés de l'eau**

L'eau est un liquide qui possède des propriétés physico-chimique particulières par rapport aux autres dont nous citons :

##### **4.1. Propriétés physique :**

L'eau est un facteur important de transfert de masse dans la nature. Dans le cadre du cycle hydrologique, l'eau interagit directement avec diverses phases solides, telles que la poussière, le sol, les roches et les organismes vivants. Ainsi, tout e qui entre en contact avec l'eau se reflète dans sa composition chimique, c'est l'une des raisons pour lesquelles presque toutes les réactions biochimiques ont lieu en solution aqueuse et pourquoi l'eau est indispensable comme milieu réactionnel pour tous les processus métaboliques dans les cellules vivantes (Gordalla, 2008).

##### **4.2. Propriétés chimique :**

C'est un liquide incolore, inodore, sans saveur et de pH neutre. C'est un excellent solvant entrant dans la composition de la majorité des organismes vivants. L'eau s'allie avec certains sels pour former des hydrates et réagit avec des oxydes des métaux pour former des acides. Elle est utilisée comme catalyseur dans des nombreuses réactions chimiques importantes (Abdelkader et Bekar, 2015).

##### **4.3. Propriétés optiques**

L'eau joue un rôle essentiel dans l'établissement de conditions favorables à la croissance des organismes vivants, permettant ainsi la réalisation des séquences de cycles biologiques d'échanges indispensables. C'est le composant principal (volume) des organismes vivants, en particulier le protoplasme de toutes les cellules. Elle constitue également la majorité de notre alimentation (70 à 90%) de la plupart de nos viande, fruits et légumes).l'eau joue un rôle de solvant, d'agent de transport et de communication dans les organismes et les cellules (Mouchet et Roustan, 2016).

#### **5. Eau de source**

L'eau de source doit répondre aux normes de consommation au moment de sa production et ne doit subir aucun traitement. Ce sont des eaux d'origine souterraines microbiologiquement saines, protégées de la pollution et propres à la consommation (Roustan, 2014).

Elles sont distinguées par leurs natures, caractérisées par leurs teneurs en minéraux, en oligoéléments et autres constituants et par leurs puretés originelles (Lachassagn, 2021).

## **5.1. Différents types de sources**

Selon Vilagines (2003), on distingue trois types de sources :

### **5.1.1. Source d'affleurement**

La source d'affleurement est à fond imperméable dans une vallée, l'eau s'apparait à la surface sous forme d'un Chaplet de sources, apparaissent surtout dans les terrains calcaires ou cristallins.

### **5.1.2. Source d'émergence**

Cette source contient une couche perméable fissurée en direction du sol, ce qui donne un débit qui alimente un trou d'eau souvent envahi de végétation. Son débit est important et uniforme durant toute l'année.

### **5.1.3. Source de déversement**

Ce type de source naît sur les pentes et les grandes hauteurs, dans les terrains fissurés en surface, calcaires et granites. Généralement leurs débits sont faibles, pratiquement constant et tarirent facilement.

## **6. Eau potable**

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

### **6.1. Normes de potabilité**

Les normes de potabilité de l'eau sont des critères très stricts fixés, établis pour garantir la qualité et la sécurité de l'eau destinée à la consommation humaine (Tableau 01).

Selon l'OMS (Tableau 02), l'eau est potable lorsqu'elle n'est pas susceptible de porter atteinte à ceux qui la consomment et elle doit être exclue de micro-organismes pathogènes et de substances toxiques, mais elle peut contenir une certaine quantité de sels minéraux et de micro-organismes saprophytes. En outre elle doit être agréable à boire.

Les recommandations algériennes sur les normes de potabilité se basent sur les normes de l'OMS.

**Tableau 01** : Normes OMS et algériennes des paramètres physico-chimique pour l'eau potable (OMS, 2003).

Substances	Unité	Normes OMS	Normes algériennes
Turbidité	NTU	<2.5	<2
Température	C°	<25	<25
Calcium	mg/l	<270	<200
Magnésium	mg/l	<50	<150
Chlorure	mg/l	<250	<500
Concentration en ions hydrogène	pH	≥6.5 et ≤9.5	≥6.5 et ≤9.5
Dureté	mg/l de CaCO <sub>3</sub>	<500	<200
Conductivité	μS/cm	<2100	<2800
Ammonium	mg/l	<0.5	<0.5
Potassium	mg/l	<20	<12
Aluminium	mg/l	<0.2	<0.2
Cadmium	mg/l	<3	<3
Cuivre	mg/l	<2	<2
Fer	mg/l	<0.3	<0.3
Manganèse	mg/l	<0.4	<0.05
Nitrate	mg/l	<50	<50
Nitrite	mg/l	<0.1	<0.1
Oxydabilité	mg/l	<5	<5
Sulfates	mg/l	<400	<400
Zinc	mg/l	<3	<5
Phosphore	mg/l	<0.5	<0.5
Résidu sec	mg/l	<1500	<2000

**Tableau 02** : Normes OMS des paramètres bactériologiques pour l'eau potable (OMS,2003)

Variable	Concentration maximale admissible (eau désinfectée)
<b>Coliformes totaux /100 ml</b>	0
<b>Coliformes fécaux /100</b>	0
<b>Streptocoques fécaux /100</b>	0

## **7. Pollution de l'eau**

### **7.1. Définition de pollution de l'eau**

La pollution est la dégradation de l'environnement causé par pénétration de la substance n'étant pas présentes naturellement dans l'environnement (l'air, l'eau ou le sol). Elle perturbe des écosystèmes, dont les conséquences pourraient entraîner la migration ou l'extinction de certaines espèces qui ne peuvent pas s'adapter aux changements. On appelle pollution de l'eau toute modification chimique, physique ou biologique de la qualité de l'eau qui a un effet nocif pour les êtres vivants qui la consomment. Quand les êtres humains consomment de l'eau contaminée, cela a souvent de graves conséquences pour leur santé et rend l'eau inutilisable pour l'usage auquel elle est destinée (Chekirou et *al.*,2017).

### **7.2. Type de pollution de l'eau**

#### **7.2.1. Pollution chimique**

La pollution chimique est due au déversement de substances chimiques telles que les hydrocarbures, les détergents, les biocides (pesticides), métaux lourds (Kambalelugho, 2013).

#### **7.2.2. Pollution physique**

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

#### **Pollution biologique**

La pollution biologique peut s'agir de pollution par micro-organismes tels que les germes (bactéries, virus, champignons, etc.) provenant des égouts peuvent proliférer à leur arrivée dans le milieu qui ne favorise pas la vie de la plupart des agents pathogènes. Il peut également s'agir de l'introduction d'une espèce marine dans une zone où elle est normalement absente et dans laquelle elle a un impact non négligeable (Kambalelugho, 2013).

## **8. Maladies à transmission hydrique**

Les maladies d'origine hydriques sont transmises en raison de la consommation directe d'eau contaminée par des agents pathogènes ou des substances toxiques associées à l'eau.

L'eau potable contaminée, lorsqu'elle est utilisée dans la préparation des aliments, les loisirs ou d'autres usages domestiques, peut être la source de maladies d'origine alimentaires par la consommation et l'exposition à des mêmes micro-organismes. la plupart des maladies d'origine hydrique sont souvent transmises par voie fécale-orale (Nwabor et *al.*,2016)

Le risque sanitaire associé à l'eau polluée comprend différentes maladies telles que les

maladies respiratoires, le cancer, les maladies diarrhéiques, les troubles neurologiques et les maladies cardiovasculaires (Mehtab et *al.*, 2017)

L'Algérie traverse depuis quelques années une phase de transition épidémiologique marquée par la persistance des maladies à transmission hydrique caractéristique des pays en développement (Tableau 03), malgré les efforts déployer par les services de la sante et l'amélioration de carde de vie de la population, l'Algérie demeure confrontée à la persistance à ces MTH dont les principales sont la fièvre typhoïde, la dysenterie et l'hépatite viral « A ». (Kherifi et Bekiri, 2017).

Tableau 03 : Présentation des différentes maladies à transmission hydrique en Algérie et leurs origines (Kherifi et Bekiri, 2017).

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

## **9. Paramètres et qualité des eaux potables**

### **9.1. Paramètres organoleptiques**

#### **9.1.1. Couleur**

La couleur est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. Les couleurs réelles et apparentes sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité (Rodier, 2005).

La couleur de l'eau peut être d'origine naturelle (avec du fer et du manganèse dans les eaux profondes, de l'humus dans les eaux de surface), comme elle peut être une des conséquences de l'eutrophisation (croissance excessive d'algues), en outres issue de l'industrie chimique (Mokeddem et Ouddane,2005).

#### **9.1.2. Odeur**

Toute odeur est un signe de pollution ou de présence de matières organiques en décomposition. L'odeur peut être définie comme : l'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles. La qualité de cette sensation particulière est provoquée par chacune de ces substance (Rodier,2005)

#### **9.1.3. Goût et saveur**

Le goût peut être défini comme l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçue lors de la boisson est dans la bouche.

La saveur peut être définie comme l'ensemble des sensations perçues à la suite de la stimulation par certaines substances solubles des bourgeons gustatifs (Rodier,2005).

Toute eau possède une certaine saveur qui lui est propre et qui est due aux sels et aux gaz dissous. Si celle-ci renferme une trop grande quantité de chlore, l'eau aura une saveur saumâtre, et si elle contient de forte quantité de sels de magnésium, l'eau aura un goût amer (Mokaddem et Ouddane, 2005).

## 9.2. Paramètres physico-chimiques

### 9.2.1. Température

La température joue un rôle important dans la solubilité des gaz, dans la dissociation des sels et dans la détermination du pH, pour la compréhension de l'origine de l'eau et les mélanges éventuels. Une température inférieure à 10 C ralentit les réactions chimiques dans les différents traitements de l'eau (Rodier*al.*,2009). La température est un paramètre majeur dans la modification des propriétés chimiques, physique ainsi que les réactions biologique (Abboudi et *al.*,2014).

### 9.2.2. Potentiel hydrogène pH

Le pH potentiel hydrogène mesure la concentration en ions H<sup>+</sup> de l'eau et traduit ainsi la balance entre acides et bases sur une échelle logarithmique de 0 à 14. Ce paramètre conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques (Abboudi et *al.*,2014).

Dans les eaux naturelles cette activité est due à des différentes causes en particulier l'ionisation de l'acide carbonique et des sels (Rodier et *al.*, 2009). L'O.M. S préconise pour l'eau destinée à la consommation humaine un pH compris entre 6.5 et 8.5.

### 9.2.3. Turbidité

La turbidité (Tableau 04) est un paramètre organoleptique et une expression des propriétés optiques d'une eau à absorber ou/et à diffuser la lumière elle est due à la présence des matières en suspension finement divisées : argiles, limons, cependant, une turbidité forte peut permettre à des micro-organismes de se fixer sur les particules en suspension : la qualité bactériologique d'une eau turbide est donc suspecte (Ghazali et *al.*, 2013).

Tableau04 : Qualité de l'eau en fonction de la turbidité (Robert, 2014)

Valeurs (NTU)	Qualité des eaux
NTH<5	Eau claire voire incolore
NTH à 30 NTH	Eau légèrement trouble ou légèrement colorée5
NTH > 50	Eau trouble ou colorée



### 9.2.4. Conductivité électrique

La conductivité (Tableau 05) de l'eau est une mesure de sa capacité à conduire le courant électrique. la mesure de la conductivité permet d'apprécier rapidement mais très approximativement la minéralisation de l'eau et d'en suivre l'évolution (Smake, 2002).

Tableau 05 : Qualité de l'eau en fonction de la conductivité (Touhari., 2015)

La conductivité en $\mu\text{S}/\text{cm}$	Qualité de l'eau
50 à 400	Excellente
400 à 750	Bonne
750 à 1500	Médiocre mais utilisable
>à 1500	Minéralisation excessive

### 9.2.5. Résidus secs

Les résidus secs (Tableau 06) permettent d'évaluer les caractéristiques minérales des eaux. Ils désignent la quantité des minéraux contenus dans l'eau après son évaporation. (Bontemps,2020).

Tableau 06 : Potabilité de l'eau en fonction des résidus secs (Rodier et *al.*, 2009)

Résidus secs (mg/l)	Potabilité
RS < 500	Bonne
500 < RS < 1000	Passable
3000 < RS < 4000	Mauvaise

### 9.2.6. Dureté totale TH

La dureté totale d'une eau est produite par les sels de calcium et de magnésium qu'elle contient. On distingue : une dureté carbonatée qui correspond à la teneur en carbonates et bicarbonates de  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$  et une dureté non carbonatée produite par les autres sels. La dureté d'une eau naturelle dépend de la structure géologique des sols traversés. Elle résulte principalement du contact des eaux géologiques des sols traversés (Belghiti et al.,2013).

## 9.3. Paramètres de minéralisations

### 9.3.1. Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ )

Le calcium est l'élément présent dans toutes les eaux naturelles (Benamar et *al.*, 2011). Il peut provenir également des formations gypsifères ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) qui sont facilement Solubles (Sedrati,2011). Associé au magnésium, il provoque la dureté l'eau. Au-delà d'une certaine concentration, le calcium provoque aussi un problème de gout à l'eau. Selon l'anion associé, le seuil de gout pour l'ion calcium se situe entre 100 et 300 mg/l (O.M.S, 2017).

### 9.3.2. Magnésium ( $Mg^{2+}$ )

Le magnésium constitue l'élément significatif de la dureté de l'eau avec les ions calcium, c'est l'un des éléments les plus répandus dans la nature (Rodier et *al.*, 2009). La variation du magnésium dans les eaux souterraines est due à l'influence des formations carbonatées telles que les calcaires, d'une part, et les formations salifères d'autre part comme les argiles et les marnes qui sont riches en  $Mg^{2+}$  (Dib, 2009). Son abondance géologique, sa grande solubilité, sa large utilisation industrielle font que les teneurs dans l'eau peuvent être importantes (SEVESC, 2013).

### 9.3.3. Sodium ( $Na^{+}$ )

Le sodium est un élément dont les concentrations dans l'eau varient d'une région à une autre (Bouziani, 2000). Les eaux très riches en sodium deviennent saumâtres, prennent un goût désagréable et ne peuvent pas être consommées (Rodier et *al.*, 2005). Généralement, dans l'eau potable, la teneur en sodium ne dépasse pas 20 mg/l (O.M.S, 2017).

### 9.3.4. Potassium ( $K^{+}$ )

Le potassium est largement réparti dans l'environnement, notamment dans toutes les eaux naturelles, est un élément essentiel pour l'homme, il est rarement dans toutes l'eau de boisson à des niveaux qui pourraient présenter un risque sur la santé (O.M.S, 2017). Sa présence à peu près constante dans les eaux naturelles ne dépasse pas habituellement 5 à 10 mg/l (Rodier et *al.*, 2009).

### 9.3.5. Alcalinité TA et TAC

L'alcalinité de l'eau appelée aussi titre alcalimétrique est liée à son contenu en caractère alcalin, c'est-à-dire à la présence de bases et de sels d'acides faibles dans les eaux naturelles, l'alcalinité résulte le plus généralement à la présence d'hydrogencarbonates, carbonates et hydroxydes (Rodier et *al.*, 2009).

### 9.3.6. Chlorures ( $Cl^{-}$ )

Les chlorures sont très répartis dans la nature généralement sous forme de sels du sodium ( $NaCl$ ), de potassium ( $KCl$ ) et de calcium ( $CaCl_2$ ) (SEVESC, 2013). L'ion chlorure n'est pas absorbé par les formations géologiques, reste très mobile et ne se combine pas facilement avec les éléments chimiques. Il constitue un bon indicateur de la pollution (Chaker et Slimani, 2014). La teneur en ion chlore des eaux naturelles est essentiellement associée à celle du sodium (Abboudi, 2014).

### 9.3.7. Sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ )

Les sulfates proviennent du ruissellement ou d'infiltration dans les terrains à gypse, Ils résultent également de l'activité de certaines bactéries. (Belghiti et *al.*,2013). Ils peuvent aussi provenir des activités humaines (utilisations d'engrais sulfatés, combustion de charbon et de pétrole, etc.) (Abboudi et *al.*,2014). Selon l'intolérance des consommateurs, l'excès de sulfates dans l'eau peut entraîner des troubles intestinaux (Bouziani.,2000).

## 9.4. Paramètres indésirables

### 9.4.1. Fer (Fe)

Le fer est un métal assez soluble que l'on peut retrouver dans l'eau et qui précipite par oxydation à l'air. Un excès de fer dans l'eau, se précipite au contact de l'air en formant des flacons rouges qui troubles l'eau et tachent le linge (Bouziani,2000). Selon l'OMS(2003) un gout de fer n'est habituellement pas perceptible à des concentrations inférieures à 0.3 mg/l bien qu'il puisse y avoir un développement de la turbidité.

### 9.4.2. Aluminium(Al)

L'aluminium est un métal abondant sur la terre. Il ne présente pas d'inconvénients pour l'organisme mais à des concentrations faibles dans l'eau, cette dernière est désagréable à la consommation (Rodier et *al.*, 2005).

### 9.4.3. Matière organique

La contamination des eaux par des matières organiques est mesurée par l'oxydabilité au permanganate de potassium. Cette dernière est admissible pour une concentration maximale de 5 mg/l d'oxygène (kouidri,2006).

### 9.4.4. Cuivre (Cu)

Le cuivre est un métal de couleur rougeâtre, il peut présenter des concentrations élevées provenant d'installation en cuivre constatée essentiellement dans l'eau stagnante (CIE,2005).

### 9.4.5. Manganèse (Mn)

Le manganèse est un métal dont l'apparence est proche de celle du fer. Il se présente naturellement dans l'eau en particulier dans des conditions anaérobies ou de faible oxydation, et c'est la principale source de manganèse pour l'eau de boisson (O.M.S, 2017).

### 9.4.6. Zinc (Zn)

Le zinc se trouve dans les eaux souterraines à une concentration inférieure à 0,01 mg/l. Une teneur supérieure à 10 mg/l est possible dans l'eau stagnante provoquée par les installations domestiques galvanisées neuves (Samake, 2002).

## 9.5. Paramètres de toxicités

### 9.5.1. Plomb (Pb)

Le plomb est un métal lourd que l'on trouve essentiellement sous forme de sulfure en milieu naturel, il présente une toxicité élevée pour l'environnement.

La toxicité du plomb et ses manifestations cliniques sont connues de longue date (saturnisme). Le plomb a la particularité de se fixer dans le squelette et dans les tissus nerveux, ou il peut entraîner des lésions irréversibles (Bouziani, 2000).

### 9.5.2. Cadmium (Cd)

Le cadmium est un métal lourd classé comme très toxique et à forte dangerosité pour l'environnement, les sources les plus importants d'émission de cadmium est constituées par les eaux usées domestiques, les effluents industriels, en particulier les de l'industrie minière, de la galvanoplastie et la synthèse de produits chimiques comme les insecticides, les engrais phosphatés, les solvants et les fibres textiles.

Chez l'homme, le cadmium s'accumule au cours de la vie essentiellement dans les reins et la foie, et est à l'origine de complications rénales graves (Bouziani, 2000).

### 9.5.3. Arsenic (As)

L'arsenic est un métal lourd présent naturellement dans certaines eaux. Il est très toxique pour l'homme, il peut provoquer des cancers, des lésions cutanées et des maladies cardiovasculaires (O.M.S, 2017).

### 9.5.4. Mercure (Hg)

Parmi les métaux lourds, le mercure constitue l'un des risques les plus importants de pollution de l'environnement. Il est plus toxique aquatiques, une intoxication par le méthyl mercure provoque de graves lésions du système nerveux central, avec des troubles de la parole et peut entraîner la mort (Bouziani., 2000).

## 9.6. Paramètres de pollution

### 9.6.1. Nitrates

Les nitrates sont des ions naturels présents partout dans l'environnement, ils sont considérés comme des indicateurs de dégradation de la qualité de l'eau (Abboudi et al., 2014). Les nitrates proviennent de l'oxydation de l'azote organique ainsi que l'utilisation des fertilisants, le fumier et les rejets urbaines. Cet élément est présent en fortes abondance dans les eaux naturelles (Rodier et al., 2005).

### 9.6.2. Nitrites

Les nitrites sont considérés comme étant des ions intermédiaires entre les nitrites et l'azote ammoniacal, ce qui explique les faibles quantités rencontrées en milieu aquatique

(Abboudi et al., 2014). Ils sont également assez largement présents, mais à des niveaux bien moindres que les nitrates. Les nitrites proviennent d'une oxydation incomplète des matières organiques. Comme les nitrates, les nitrites sont très répandus dans l'environnement, les uns et les autres se retrouvent dans la plupart des produits alimentaires, dans l'atmosphère et dans une grande partie des eaux (Belghiti et al, 2013).

### 9.6.3. Ammonium

L'ammonium consiste le produit de la réduction finale des substances organiques azotées et de la matière inorganique dans les eaux et les sols. Il provient également de l'excrétion des organismes vivants et de la réduction et la biodégradation des déchets, sans négliger les apports d'origine domestiques, industrielle et agricole. Cet élément existe en faible proportion inférieure à 0.1 mg/l d'azote ammoniacal dans les eaux naturelles (Derwich et al., 2010).

### 9.6.4. Phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ )

Les phosphates sont des composés à base du phosphore, lequel joue un rôle prédominant dans l'eutrophisation des lacs. En conditions naturelles, le phosphore est présent en très faible quantité dans les eaux de surface. Les eaux de surfaces ou de nappes peuvent être contaminées par des rejets industriels et domestiques ou par le lessivage des terres cultivées renfermant des engrais phosphates ou traités par certains pesticides (Bouzaini, 2000).

## 9.7. Paramètres bactériologiques

La qualité bactériologique d'une eau se mesure par la présence d'organismes indicateurs de pollution : les Germes totaux et les coliformes. Les bactéries indicatrices d contamination fécale sont les Coliformes connus sous le nom d'*Escherichia coli* (*E. coli*), les Streptocoques fécaux et les *Clostridium sulfito-réducteurs*. Les plus couramment utile sont :

### 9.7.1. Coliformes

Les coliformes appartiennent à la famille des *enterobacteriaceae*. Le terme coliforme correspond à organismes en bâtonnets, non sporogone, Gram-négatifs, oxydase négatifs, aéro-anaérobies facultatif, capable de fermenter le lactose (et mannitol) avec production d'acide et gaz en 48 heures à des températures de 35 et 37 °C (Rodier, 2005). On distingue deux formes de coliformes :

### 9.7.2. Coliformes fécaux (*Escherichia coli*)

L'*E. coli* appelés aussi coliformes thermo-tolérants, elles correspondent aux coliformes qui présentent les mêmes propriétés après incubation à la température de 44°C (Rodier et al., 2009). Est l'indicateur le plus spécifique de la contamination fécale.

La présence des coliformes fécaux indique la présence potentielle d'organismes pathogène capable de causer plusieurs maladies. Son infection est associée à la transmission interhumaine, a contact avec les animaux, à la consommation d'eau et à la nourriture (O.M.S,2017).

### **9.7.3. Coliformes totaux**

Les coliformes totaux sont un groupe de bactéries omniprésents dans la nature en association avec la matière organique en décomposition, leurs présences en nombre élevée est un signal d'alarme qui indique une détérioration de la qualité d'eau. Les coliformes totaux sont définis comme étant des bactéries en forme de bâtonnet, aérobies ou anaérobies facultatives, possédant l'enzyme  $\beta$ -galactosidase permettant l'hydrolyse d lactose à 35 °C afin de produire des colonies rouges avec reflet métallique sur un milieu gélosé approprié (Arachibald, 2000).

### **9.7.4. Streptocoques fécaux**

Les streptocoques fécaux sont ceux qui possèdent une substance antigénique caractéristique du groupe D de Lancefield (Rodier,2005). Ce sont des bactéries Gram positif, catalase négative, anaérobies-anaérobies facultatifs, ils se distinguent par leur forme cocoïde, leur mode de groupement en paire ou en chainettes, ils ne forment pas d'endospores et certaines espèces font preuve de mobilité (Delarras et *al.*, 2010).

### **9.7.4. Salmonelles**

Les salmonelles sont des bactéries se présentant sous forme de bacilles. Elles sont généralement reconnues comme des agents pathogènes, bien que leur degré de virulence puisse varier considérablement (Rodier et *al.*, 2009). Une infection à la salmonelle peut entraîner diverses manifestations cliniques, telles que la gastro-entérite, la bactériémie ou septicémie, la fièvre typhoïde, l'infection entérique (O.M.S, 2017).

## ***Chapitre II***

### ***Présentation de la zone d'étude et Méthodes adoptées***



## 1. Présentation de la zone d'étude

### 1.1. Situation géographique

La source d'eau Adardar (Figure 02) est située sur la route wilayale N° 251 dans la région de Bouzeguène commune Ait Ziki à une altitude moyenne de 1355 m. La dite commune est distante de 131 km à l'Est d'Alger, 63 km au sud-est de la wilaya de Tizi-Ouzou et à 11 km du chef-lieu de la daïra de Bouzeguène dont elle dépend administrativement. Ait Ziki couvre une superficie de 20,64 km<sup>2</sup>, abritant une population de 3381 habitants(2008), ce qui équivaut à une densité estimée de 163,8 habitants par kilomètre carré.

Sur le plan géographique, AitZiki est bordée au nord par la commune de Bouzeguène, au sud par la wilaya de Bejaïa, au sud-ouest par la commune de Chellata, à l'ouest par la commune d'IlloulaOumalou, et à l'est par la commune d'Ouzlaguenne. Ait Ziki constitue également une porte d'accès vers le territoire de la wilaya de Bejaia, en partant du col de Chellata (Figure 03).



**Figure 02 :** Source d'eau Adardar (photographie originelle, 2023).



**Figure 03 :** Localisation satellite de la source Adardar (Google earth, 2023)



## 1.2. Climat

Le climat de la commune de Ait Ziki est typiquement méditerranéen tempéré, chaud et sec en été, humide et pluvieux en hiver.

## 1.3. Relief et Couvert végétal

Le relief de Ait Ziki est caractérisé par une topographie variée et montagneuse. La région est située dans les montagnes de l'Atlas, ce qui lui confère un paysage diversifié. En amont de la source Adardar, nous distinguons une géologie complexe, constituée principalement des sommets, des crêtes rocheuses, les vallées à AitZiki sont souvent encaissées et étroites, avec des rivières et des cours d'eau qui les traversent. Ces vallées abritent une végétation adaptée aux conditions climatiques locales.

La végétation est un facteur déterminant en hydrologie, car elle exerce une influence directe sur le ruissellement en surface et l'infiltration des eaux dans le sol. Aux abords de la source Adardar, on trouve une végétation dominante composée de ronce (*Rubus fruticosus*), la marjolaine (*Origanum majorana*), le diss (*Ampelodesmos mauritanicus*), le Genêt (*Cytisus scoparius*), *Daucus carotte* (*Daucus carota*) et la fougère-aigle (*Pteridium aquilinum*).



**Figure 04** : Relief et couvert végétal de la source d'eau Adardar (photographie originelle, 2023).

## 1.4. Sol

La structure du sol se réfère à la manière dont ses composants sont agencés dans l'espace, et elle est influencée par la configuration des agrégats.

L'analyse de l'échantillon de sol prélevé dans la zone d'étude de notre source d'eau a révélé une texture argileuse de teinte jaunâtre, caractérisée par une faible teneur en matière organique (Figure 05).



**Figure 05** : Echantillon du sol de la source Adardar (Photographie originelle, 2023).

## 2. Echantillonnage de l'eau de la source

L'échantillonnage représente la première étape cruciale de la chaîne de mesure, car il influence l'ensemble des résultats obtenus par la suite. Il détermine les données analytiques et les interprétations qui en découlent (Rodier et *al.*, 2009).

Pour garantir la qualité de l'échantillon, il est essentiel qu'il soit homogène, représentatif et qu'il conserve les caractéristiques physico-chimiques de l'eau d'origine. Le processus de prélèvement de l'échantillon d'eau est une opération délicate qui nécessite une grande attention, car il influe directement sur les résultats analytiques et leur interprétation.

L'analyse de cet échantillon a été réalisée au sein du laboratoire de l'Algérienne des Eaux (ADE) situé à l'unité de Tizi-Ouzou, à Boukhalfa. Cette unité a pour mission l'autocontrôle des distributions d'eau, en effectuant des contrôles tant sur le plan physico-chimique que bactériologique, en se conformant aux méthodes normalisées.

Les prélèvements d'eau de la source Adardar ont été réalisés sur deux périodes d'échantillonnage, une pendant la saison hivernale le 13/03/2023 et l'autre pendant la saison estivale le 27/07/2023.

### 2.1. Echantillonnage pour analyse physico-chimique

Nous avons utilisé des bouteilles en verre d'une capacité de 1000 ml (Figure 06) pour collecter nos échantillons. Avant de les utiliser, nous les avons soigneusement rincées d'abord avec de l'eau du robinet, puis avec de l'eau distillée. Après ce processus, nous les avons laissées sécher à l'air dans la chambre de lévrier, puis nous les avons rangées dans les armoires, en veillant à les organiser par date de rinçage.

Pour prélever de l'eau de notre source, nous avons ouvert le robinet et laissé couler

l'eau pendant au moins une minute. Ensuite, nous avons rempli complètement les bouteilles en verre de 1000 ml pour éviter la présence de bulles d'air.

## 2.2. Echantillonnage pour analyse bactériologique

Nous avons effectué la stérilisation de bouteilles en verre d'une contenance de 500 ml (Figure 06). Avant cela, nous avons procédé à un nettoyage et un rinçage méticuleux en utilisant d'abord de l'eau du robinet, puis de l'eau distillée. Une fois que les flacons ont été complètement séchés à l'air ambiant, nous avons ajouté 0,5 ml de thiosulfate de sodium. Ce composé agit en tant qu'agent neutralisant du chlore résiduel qui pourrait être présent dans l'eau, empêchant ainsi le chlore d'exercer son effet entre le moment du prélèvement et celui de l'analyse. Cela permet d'obtenir une estimation précise du nombre de microorganismes présents dans l'eau au moment du prélèvement.

Pour finaliser le processus de stérilisation, nous avons placé les flacons dans un autoclave réglé à 121°C (Figure 06) pendant une durée de 20 minutes.



**Figure 06 :** Autoclave et flacons utilisés pour les prélèvements physicochimiques et bactériologiques (photographie originale, 2023)

Le prélèvement a été réalisé dans des conditions aseptiques rigoureuses. Nous avons instauré un environnement stérile en passant une flamme autour du robinet et en effectuant une brève flamme (à l'aide d'un coton imbibé d'alcool maintenu par des ciseaux) sur le col du flacon et son bouchon, avant et après le remplissage. Nous avons rempli les flacons de 500 ml stérilisés au 3/4 du volume, ce choix visant à maintenir la viabilité des bactéries aérobies et à garantir leur homogénéité avant l'analyse.

## 2.5. Conservation et transport des échantillons d'eau à analyser

L'échantillon prélevé a été identifié. Chaque flacon doit porter une étiquette indiquant par l'origine, lieu, date, et heure du prélèvement (Figure 07).

Les prélèvements sont immédiatement acheminés vers le laboratoire dans des glacières à une température de 4°C et à l'obscurité ce qui permettant d'assurer une conservation satisfaisante de l'échantillon.

L'analyse bactériologique doit être réalisée dans un délai de 8 heures après le recueil de l'échantillon car la variation de ce dernier est susceptible de modifier la population bactérienne.



**Figure 07** : Glacière utilisée pour les échantillons de l'eau de source (photographie originale 2023)

## 3. Analyse des échantillons d'eau prélevée

### 3.1. Analyses physico-chimiques

La caractérisation des eaux souterraines concerne essentiellement l'analyse des paramètres de base (pH, température, conductivité), des ions majeurs et éventuels éléments traces. La conductivité, la température et pH permettent de définir les caractéristiques fondamentales de l'eau. Nous avons suivi trois méthodes essentielles afin d'effectuer nos analyses physico-chimique.

#### 3.1.1. Lecture physique

Pour les paramètres physico chimiques, des différents appareils utilisés comme le pH-mètre, Turbidimètres ... etc., pour analyser l'échantillon. Nous avons mis notre échantillon d'eau dans l'un de ces appareils, généralement on attend quelques secondes pour avoir le résultat qui s'affiche sur l'écran.



### 3.1.2. Titrage volumétrique et colorimétrique

Une technique d'analyse quantitative qui permet de déterminer la quantité d'une substance nécessaire pour effectuer complètement une réaction chimique donnée. Le titrage consiste à verser à partir d'une burette un volume précis d'une solution dont la concentration est connue dans la solution contenant la substance à doser, de concentration inconnue. La substance contenue dans le titrant réagit de façon continue avec la substance à analyser, le point atteint quand nous avons ajoutés suffisamment de titrant pour la totalité de la substance à analyser réagisse et appelé point d'équivalence. Nous identifions souvent ce point à l'aide du changement de couleur d'un produit chimique appelé indicateur. Cette méthode nous permet d'analyser :

- Titre hydrométrique (TH) : titrer avec la solution d'EDTA à 2N.
- Titre alcalimétrique et titre alcalimétrique complet (TA, TAC) : titrer avec le HCL à 0.2 N.
- Les chlorures : titrer avec  $\text{AgNO}_3$  à 0.02 N jusqu'à coloration rouge brique.
- Le calcium et magnésium : titrer avec EDTA.

### 3.1.3. Méthode spectral

Dans l'ensemble des analyses basées sur la spectrophotométrie d'adsorption moléculaire (méthode analytique quantitative), l'appareillage utilisé est le spectrophotomètre DR6000.

#### ➤ Principe de fonctionnement du spectrophotomètre.

Le principe de la spectrophotométrie est simple : l'appareil réalise une mesure de l'intensité de la lumière qu'il reçoit, une fois celle-ci passée à travers un récipient transparent (cuvette dont la lumière doit être adaptée à la longueur d'onde), contenant la solution à étudier. C'est-à-dire lorsqu'une lumière d'intensité passe à travers une solution, une partie de celle-ci est absorbée par le soluté (Figure 08).



Figure 08 : spectrophotométrie (photographie originelle 2023)

## 4. Dosage des Paramètres physico-chimiques

### 4.1. Température

La mesure de la température a été réalisée sur le terrain en utilisant un thermomètre équipé d'une électrode en verre que nous avons plongée dans l'eau à analyser. Nous avons attendu que l'appareil atteigne la stabilité thermique avant d'enregistrer la lecture en degrés Celsius (°C). De plus, nous avons également effectué une évaluation de la température une fois de retour au laboratoire en utilisant un conductimètre.

### 4.2. Potentiel hydrogène pH

La mesure du pH a été réalisée en utilisant un pH-mètre équipé d'une électrode en verre. Avant d'effectuer la mesure, nous avons étalonné le pH-mètre en utilisant des solutions tampons aux valeurs de pH 4 (acide), pH 7 (neutre) et pH 9 (basique). Ensuite, nous avons immergé l'électrode dans l'eau à analyser et enregistré le résultat une fois que le pH s'est stabilisé (Figure 09).



**Figure 09 :** pH-mètre (photographie originelle, 2023)

### 4.3. Conductivité

La conductivité électrique a été mesurée à l'aide d'un conductimètre de type Cond7110. Dans un premier temps, nous avons étalonné le conductimètre en utilisant des solutions de chlorure de potassium (KCL). Ensuite, nous avons procédé au rinçage de la cellule à plusieurs reprises avec de l'eau distillée. Par la suite, nous avons immergé l'électrode dans l'échantillon à analyser et nous avons effectué la lecture après que le conductimètre se soit stabilisé, en enregistrant la valeur affichée. Les résultats sont exprimés en microsiemens par centimètre ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) (Figure 10).



Figure 10 : Conductimètre (photographie originelle, 2023)

## 5. Dosage des paramètres de minéralisations

### 5.1. Alcalinité TA et TAC

Le principe consiste à déterminer l'alcalinité de l'eau prélevée en évaluant la présence d'hydrogencarbonates et carbonates, les deux déterminations sont :

La détermination de TA et TAC sont basées sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué (acide sulfurique) en présence d'une solution alcoolique de phénophtaléine (0.5%).

TA : Mesure la teneur de l'eau en carbonates ( $\text{CO}_3^{2-}$ ).

TAC : Correspond à la teneur de l'eau en bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ).



Figure 11 : Dosage de l'alcalinité (photographie originelle, 2023)

### 5.1.1. Dosage du titre alcalimétrique (TA)

Dans un erlenmeyer de 250 ml, nous avons introduit 100 ml d'échantillon, puis nous avons ajouté de 1 à 2 gouttes de solution de phénolphthaléine, ce qui a provoqué l'apparition d'une couleur rose (cette réaction se produit lorsque le pH est supérieur à 8,3 ; dans le cas contraire, la couleur rose ne se formerait pas, indiquant une alcalinité totale nulle). Ensuite, nous avons titré notre solution en utilisant de l'acide sulfurique (HCl à 0,02 N) à l'aide d'une burette, tout en agitant continuellement, jusqu'à ce que la solution soit complètement décolorée, ce qui correspond à un pH de 8,3. Enfin, nous avons enregistré le volume d'acide sulfurique versé, qui est équivalent à la concentration des carbonates dans notre échantillon, exprimée en mg/l.

### 5.1.2. Dosage du titre alcalimétrique complet (TAC)

Le dosage de l'alcalinité totale (TAC) a été effectué après celui de la TA en utilisant le même échantillon préalablement traité. À cet échantillon, nous avons ajouté 2 gouttes de solution de méthyle orange (Figure 11), ce qui a provoqué l'apparition d'une couleur orange. Ensuite, nous avons titré la solution avec la même solution d'acide sulfurique jusqu'à ce que la couleur orange vire au jaune orangé, correspondant à un pH de la solution de 4,3. La concentration des bicarbonates dans l'échantillon est équivalente au volume d'acide sulfurique versé, exprimée en mg/l.

## 5.2. Dosage de la dureté totale

### ➤ Principe

La dureté totale détermine la concentration en calcium et du magnésium dissous. Les alcalinoterreux présents dans l'eau sont amenés à former un complexe du type chélate par le sel disodique de l'EDTA à pH 10. La disparition des dernières traces d'éléments libres à doser est décelée par le virage d'un indicateur spécifique, le noir ériochrom.

### ➤ Mode opératoire

Dans un erlenmeyer de 250 ml, nous avons introduit 50 ml de l'échantillon d'eau à l'aide d'une pipette. Ensuite, nous avons ajouté 4 ml d'une solution tampon et 3 gouttes du réactif mordant noir 11, ce qui a provoqué une coloration violette (assurant que le pH de la solution atteigne 10). Par la suite, nous avons titré la solution lentement en utilisant de l'EDTA, tout en agitant constamment. Lorsque la couleur de la solution a commencé à passer du violet au bleu, nous avons réglé la burette pour qu'elle délivre le liquide en goutte à goutte. Le point d'équivalence a été atteint lorsque la couleur de la solution n'a plus changé après l'ajout d'une goutte supplémentaire d'EDTA.



### 5.3. Dosage des ions calcium et magnésium

#### ❖ Dosage de calcium

##### ➤ Principe

Le titrage des ions calcium est réalisé à l'aide d'une solution aqueuse de l'EDTA (d'une concentration de 0.01mol/l) à pH compris entre 12 et 13. Le HSN (murexide) est considéré comme un indicateur qui obtient en combinaison avec les ions calcium un complexe rouge. Lors du titrage, l'EDTA réagit tout d'abord avec les ions calcium libres ensuite, au point d'équivalence, avec les ions calcium et magnésium associés avec l'indicateur qui change de la couleur violette vers la couleur bleu clair.

##### ➤ Mode opératoire

Dans un erlenmeyer de 250 ml, nous avons prélevé 50 ml de l'échantillon à l'aide d'une pipette. Ensuite, nous avons ajouté 2 ml d'une solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) comme stabilisateur, ainsi que 0,2 g de l'indicateur colorimétrique murexide (HSN). Après un bon mélange, une couleur rose est apparue. Ensuite, nous avons titré la solution avec la solution d'EDTA, tout en agitant, jusqu'à ce que la couleur rose vire au bleu (Figure 11). La quantité d'EDTA versée correspond à la concentration de calcium présente dans l'échantillon, exprimée en mg/l.



**Figure 12** : Dosage volumétrique du calcium (photographie originale, 2023)

#### ❖ Dosage de magnésium

La dureté magnésienne est estimée à partir de la différence calculée entre la teneur globale en calcium et en magnésium et la teneur en calcium. Elle est donnée par la formule suivante :  $C_{Mg}(mg/l) = C_{(Ca + Mg)} - C_{Ca}$

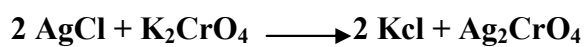
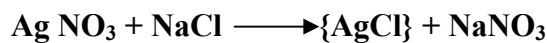
- $C_{Mg}(mg/l)$  : teneur en magnésium (mg/l)

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

#### 5.4. Dosage de chlorure

##### ➤ Principe

Nous avons fait agir en milieu où le pH est maintenu entre 5 et 9.5 afin de permettre la précipitation, une solution à titrer de nitrate d'argent ( $AgNO_3$ ), sur une prise d'essai connue de solution titrée de chlorure de sodium ( $NaCl$ ). La réaction se fait en présence de chromate de potassium ( $K_2CrO_4$ ).



##### ➤ Mode opératoire

Dans un erlenmeyer de 250 ml, nous avons versé 100 ml de l'échantillon d'eau à analyser. Ensuite, nous avons ajouté 1 ml d'indicateur de chromate de potassium ( $K_2CrO_4$ ) à une concentration de 100 g/l, puis nous avons agité. Cela a provoqué l'apparition d'une couleur jaune. Ensuite, nous avons titré la solution en ajoutant goutte à goutte une solution de nitrate d'argent ( $AgNO_3$ ) de concentration 0,02 mol/l, jusqu'à ce que la couleur jaune vire au brun rougeâtre. Nous avons noté le volume de nitrate d'argent versé, qui équivaut à la concentration de chlorures présents dans la solution titrée, exprimée en mg/l (Figure 13).



Figure 13 : Dosage des chlorures (photographie originale, 2023)

### 5.5. Dosage de potassium et sodium

#### ➤ Principe

Le principe consiste à mesurer le taux de potassium et de sodium avec un spectrophotomètre à flamme (Figure 14) étalonné à l'aide d'une solution étalon d'une concentration égale à 1000 mg/l contenant 1.907 g de chlorures de potassium (KCl) dissoutes dans 1 litre d'eau distillée pour le dosage du potassium.

Pour le sodium, l'étalonnage de l'appareil s'effectue à l'aide d'une solution étalon contenant 2.54 g de chlorures de sodium (NaCl) dissoutes dans 1 litre d'eau distillée d'une concentration de 1000 mg/l.

#### ➤ Modes opératoires

##### 5.5.1. Potassium

Une fois l'appareil est allumé et la flamme est stabilisée, nous l'avons réglé, en passant premièrement le blanc qui va stabiliser l'appareil à 0, puis en passant trois fois la solution étalon de KCl de 10 mg/l. Une fois le 10 est affiché, nous avons passé le bécher contenant notre échantillon d'eau à analyser dont la valeur du potassium s'affiche sur l'écran de l'appareil en mg/l (Figure 14). Dans le cas où cette valeur dépasse les 10 mg/l, nous procédons à la dilution, la concentration est donc multipliée par le facteur de dilution.



Figure 14 : Spectrophotomètre à flamme (photographie originelle, 2023)

##### 5.5.2. Sodium

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

### 5.6.Sulfates

#### ➤ Le principe

Les ions sulfates présents dans l'eau examinée réagissent avec les ions de baryum contenus dans le sulfate, ce qui entraîne la formation d'un précipité de sulfate de baryum.



#### ➤ Mode opératoire

Nous avons extrait un échantillon de 100 ml de l'eau à analyser, puis nous avons introduit 5 ml de la solution stabilisante et 2 ml de chlorure de baryum. Après cela, nous avons agité le mélange pendant une minute, et ensuite, nous l'avons soumis à une analyse spectrophotométrique en mesurant l'absorbance à une longueur d'onde de  $\lambda=420$  nm.

## 6. Dosage des paramètres de pollution

### 6.3.Ammonium

#### ➤ Principe

Mesure spectrométrique du composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite de sodium ( $\text{NaClO}$ ) en présence de nitroprussiate de sodium.

#### ➤ Mode opératoire

Dans une fiole jaugée de 50 ml, nous avons versé 40 ml de l'eau de source, à laquelle nous avons ajouté 4 ml d'un réactif coloré qui a donné une teinte jaune. Ensuite, nous avons incorporé 4 ml de dichloroisocyanurate de sodium et 2 ml d'eau distillée, puis nous avons laissé la réaction se dérouler pendant 1 heure. En cas de présence d'ammonium, nous aurions observé une coloration verdâtre. Ensuite, nous avons placé la cuve contenant l'échantillon avec de l'ammonium dans le spectrophotomètre UV (Figure 15), qui avait déjà été étalonné avec de l'eau distillée, et nous avons enregistré la valeur affichée sur l'écran de l'appareil, exprimée en mg/l.



Figure 15 : Dosage de l'ammonium (photographie originelle, 2023)

#### 6.4. Nitrites

##### ➤ Le principe

La formule chimique des nitrites est  $\text{NO}^{2-}$ . Ces ions réagissent en milieu acide ( $\text{pH}=1.9$ ) avec le réactif amino-4 benzène sulfonamide en présence d'acide ortho phosphorique pour former un sel diazoïque qui forme un complexe de coloration rose avec le dichlorhydrate de N-(naphtyl-1) - diamino-1,2 éthane.

##### ➤ Mode opératoire

Dans une fiole jaugée de 50 ml, nous avons versé 40 ml de l'échantillon auquel nous avons ajouté 1 ml d'un réactif mixte pour le dosage des nitrites. Ensuite, nous avons laissé la réaction se dérouler pendant 15 minutes (Figure16). L'apparition d'une couleur rose indique la présence de nitrites ( $\text{NO}^{2-}$ ). Ensuite, nous avons placé la cuve contenant l'échantillon d'eau dans le spectrophotomètre UV, que nous avons préalablement étalonné avec de l'eau distillée. Enfin, nous avons noté la valeur affichée sur l'écran de l'appareil, exprimée en mg/l.

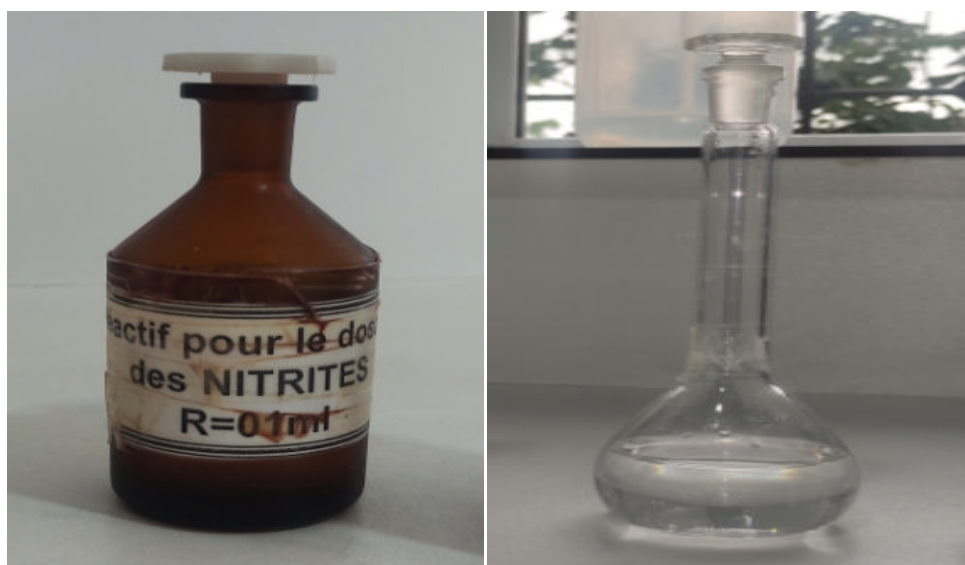


Figure 16: Dosage des nitrites (photographie originale, 2023)

#### 6.5. Nitrates

##### ➤ Principe

Les nitrates réagissent avec l'acide chromo tropique en condition fortement acide pour former un produit jaune.

La 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.

##### ➤ Mode opératoire

Dans une fiole jaugée de 50 ml, nous avons mélangé 35 ml d'un mélange d'acide sulfurique et phosphorique, auquel nous avons ajouté 5 ml de l'échantillon d'eau. Ensuite, nous avons incorporé 5 ml de diméthyl-2,6 phénol et agité le mélange de manière circulaire.

Nous avons laissé la solution réagir pendant une période de 10 à 60 minutes (Figure 17). Après avoir étalonné le spectrophotomètre UV, nous avons placé la cuve en verre contenant la solution à analyser, puis nous avons mesuré la concentration en nitrates ( $\text{N-NO}_3^-$ ) à une longueur d'onde de 324 nm. Pour obtenir la concentration en nitrate, nous avons multiplié la valeur obtenue par 4,427 (constante), ce qui nous a donné la valeur finale exprimée en mg/l.



Figure 17 : Dosage des nitrates (photographies originale, 2023)

## 6.5 Phosphate

### ➤ Principe

Le principe consiste à former dans un milieu acide un complexe phosphomolybdique avec le molybdate d'ammonium, le tartrate double d'antimoine et le potassium qui sera ensuite réduit par l'acide ascorbique en un complexe coloré en bleu susceptible d'un dosage spectrométrique qui présente deux valeurs maximales d'adsorption (l'une vers 700 nm et l'autre plus importante à 880 nm).

### ➤ Mode opératoire

Nous avons transféré 40 ml de l'échantillon d'eau à analyser dans une fiole jaugée de 50 ml. Ensuite, nous avons ajouté deux réactifs : 1 ml d'acide ascorbique et 2 ml d'un mélange de phosphate. Après avoir soigneusement mélangé la solution, nous l'avons laissée réagir pendant 10 minutes. À la fin de cette période, nous avons observé l'apparition d'une couleur bleue, ce qui indique la présence de phosphate. Enfin, nous avons mesuré l'absorbance à une longueur d'onde de 880 nm à l'aide d'un spectromètre (Figure 18).





Figure 18 : dosage de phosphate (photographie originelle 2023)

## 7. Dosage des paramètres indésirables

### 7.1. Fer

#### ➤ Principe

La mesure de fer est spectrophotométrique du complexe rouge-orangé formé entre le phénantroline-1.10 et les ions ferreux de l'eau à analyser à une longueur d'onde de 510nm.

#### ➤ Mode opératoire

Nous avons placé 40 ml de l'échantillon d'eau dans une fiole jaugée de 50 ml. À cette solution, nous avons ajouté 1 ml de chlorhydrate d'hydroxylamine, 2 ml d'une solution tampon acétate, et 2 ml de phénanthroline-1,10. Ensuite, nous avons laissé la solution reposer dans l'obscurité pendant une période de contact de 150 minutes. Enfin, nous avons mesuré l'absorbance en utilisant un spectrophotomètre UV-visible réglé à une longueur d'onde de 510 nm (Figure 19).

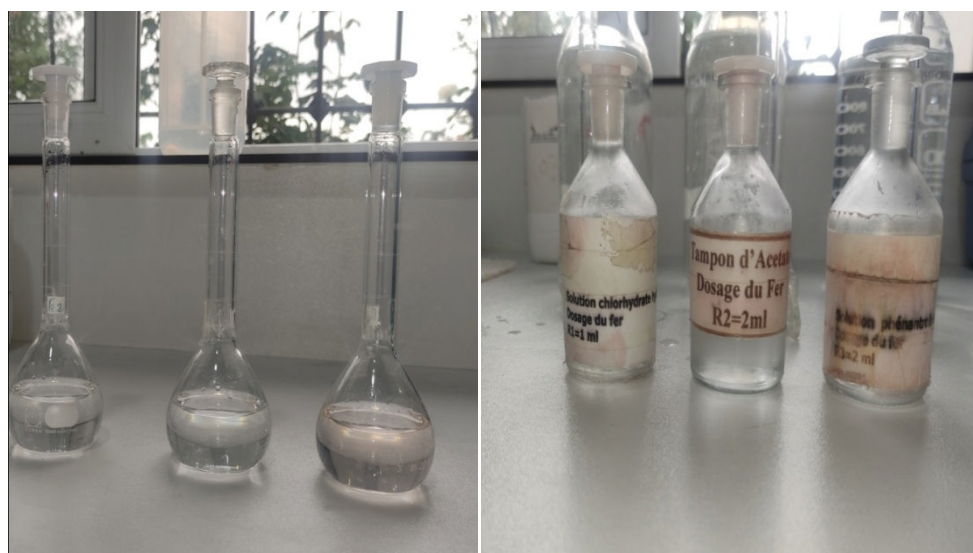


Figure 19 : Dosage de fer (photographie originelle, 2023)

### 7.2. Oxydabilité au permanganate de potassium (matière organique)

➤ **Principe**

La méthode a pour but d'approcher la teneur en matières organiques dans l'eau de source en mesurant la quantité d'oxygène utilisée pour la réduction du permanganate de potassium ( $\text{KMnO}_4$ ) par les matières organiques contenues dans l'eau à analyser. Il s'agit d'un dosage en retour.

➤ **Mode opératoire**

Nous avons préparé un mélange dans un erlenmeyer de 250 ml en ajoutant 100 ml d'échantillon d'eau de source, auquel nous avons incorporé 20 ml d'acide sulfurique. Ce mélange a été chauffé à ébullition sur une plaque chauffante (Figure 20). Ensuite, nous avons introduit 20 ml de permanganate de potassium (solution de 2 mol/l) dans le mélange en ébullition et poursuivi la chauffe pendant 10 minutes. Pour achever le processus, nous avons ajouté 20 ml d'une solution fille (composée de 5 ml de solution mère, oxalate de sodium, et 45 ml d'eau distillée). Pour provoquer la décoloration, nous avons retiré le mélange de la plaque chauffante et placé l'erlenmeyer sur un agitateur tout en maintenant sa chaleur. Pendant cette phase, nous avons titré la solution avec une solution de permanganate de potassium ( $\text{KMnO}_4$ ) jusqu'à ce qu'une teinte rose pâle apparaisse, indiquant l'oxydation complète de la matière organique. La quantité de  $\text{KMnO}_4$  versée a été utilisée pour déterminer la concentration de matière organique en mg/l dans l'échantillon analysé.



**Figure 20** : Dosage de la MO (photographie originale, 2023)



## 8. Analyses bactériologiques

Les analyses bactériologiques sont des tests utilisés dans laboratoire a pour le but de la recherche et le dénombrement des germes existant dans l'eau à analyser et l'évaluation de la qualité microbiologique. Un examen bactériologique ne peut être valablement interprété que s'il est effectué sur un échantillon prélevé dans un flacon stérile, Selon le mode opératoire précis évitant toute contamination, correctement transporté au laboratoire et analysé au moins après 6 heures dans des conditions satisfaisantes. Les analyses de l'eau de la source Adardar ont été effectuées au sein de laboratoire de l'ADE de la wilaya de Tizi-Ouzou, en se basant sur la recherche et le dénombrement des coliformes et les streptocoques. Nous avons utilisé par filtration sur membrane dans un milieu solide.

### 8.1. Méthode par filtration sur membrane en milieu solide

#### 8.1.1. Dénombrement des coliformes totaux et coliformes thermo tolérants (*Escherichia Coli*)

La recherche de la présence de bactéries fécales permet d'évaluer la qualité sanitaire globale. Les coliformes fécaux ou thermo tolérants constituent un bon indicateur de contamination des eaux par les matières fécales.

##### ➤ Principe

Cette méthode consiste en la recherche et le dénombrement des coliformes, coliformes thermo tolérants (*E. Coli*) éventuellement présentes dans l'échantillon d'eau à analyser par comptage de colonies obtenues après 24h d'incubation sur la gélose chromogène (CCA) par la méthode de la filtration sur membrane en utilisant une rampe de filtration. Cette recherche se fait en deux étapes consécutives :

- **1<sup>ère</sup> étape** : Le test de présomption qui est réserve à la recherche des coliformes totaux et coliformes thermo tolérants.
- **2<sup>ème</sup> étape** : Letestde confirmation qui est réserve à la confirmation des coliformes totaux et coliformes thermo tolérants.

##### ➤ Mode opératoire

Nous avons stérilisé la rampe de filtration et les membranes poreuses à l'aide d'un bec bunsen, ensuite nous l'avons refroidi immédiatement avec de l'eau à analyser, puis à l'aide d'une pince stérile, nous avons placé un filtre de 0.45µm de face quadrillée au-dessus de la plaque poreuse du diapositif de filtration. Nous avons agité soigneusement le flacon d'eau de source à analyser et versé stérilement (dans la zone stérilisée du bec bunsen) 100ml en actionnant la pompe à vide pour faire absorber l'eau à travers la membrane. Nous avons ouvert le robinet de la rampe pour que l'eau soit écoulee et aspirée. Une fois l'eau est filtrée,

nous avons enlevé le filtre avec une pince stérile en le saisissant par son bord et nous l'avons déposé dans une boîte de pétrie sur le milieu de culture CCA préparée préalablement en prêtant attention à ne pas piéger les bulles d'air. Nous avons incubé la boîte le couvercle en bas dans une étuve à  $36 \pm 2^\circ\text{C}$  pendant  $21 \pm 3$  heures (Figure 21).

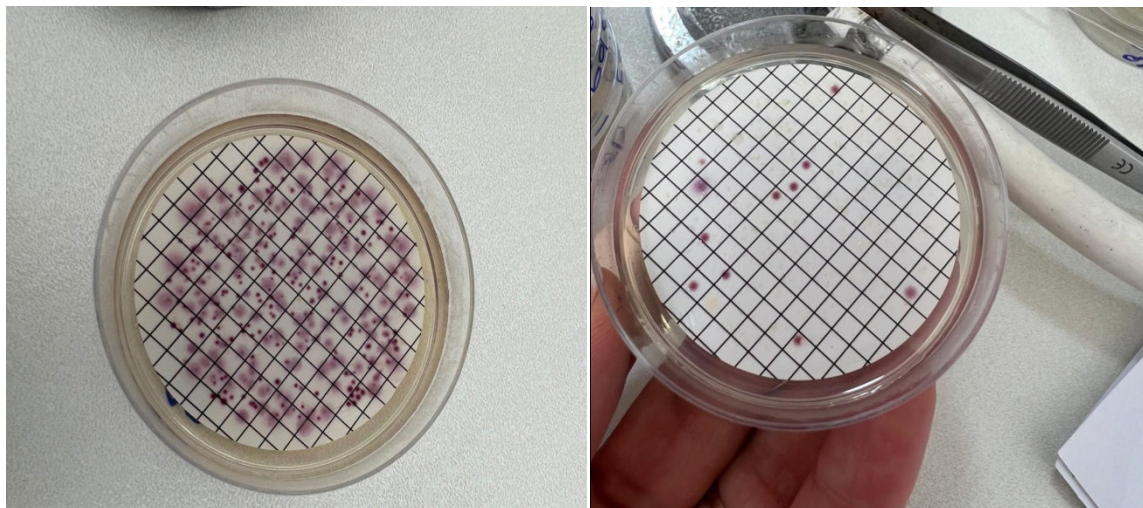


**Figure 21** : Dénombrement des coliformes et *Escherichia coli* par la méthode solide (photographie originelle, 2023)

➤ **Lecture**

• **Test de présomption**

Après l'incubation, les colonies qui portent une coloration rose sont des coliformes ayant une réaction négative à l'oxydase et celles qui ont une réaction positive à l'indole sont des *E. Coli* qui portent une coloration bleue (Figure 22).

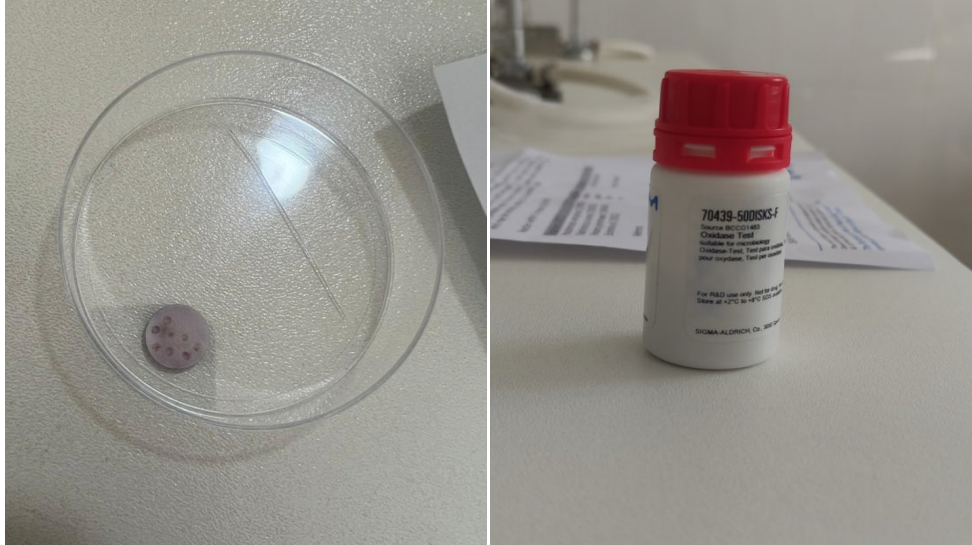


**Figure 22** : Coliformes fécaux et thermo tolérants (photographie originelle, 2023).

• **Test de confirmation**

Pour confirmer que les colonies s'agissent des coliformes, nous avons prélevé soigneusement avec une pipette stérile et repiquer sur un disque d'oxydase imbibé avec une goutte d'eau distillée. Dans ce cas, toutes les colonies ayant une réaction négative à l'oxydase

(c'est-à-dire la colonie ne change pas de couleur) dans les trente seconds qui suivent sont des bactéries coliformes. Concernant les colonies qui virent vers bleu, elles ne sont pas des coliformes (réaction positive à l'oxydase) sont des *E. coli* (Figure 23).



**Figure 23 :** Confirmation des coliformes fécaux sur le disque d'oxydase (Photographie originelle, 2023)

### 8.1.2. Dénombrement des streptocoques

Cette méthode consiste la détection de signal et le dénombrement des entérocoques intestinaux, ou encore streptocoque fécaux dans l'eau destinée à la consommation humaine.

#### ➤ Principe

Le principe de cette méthode consiste à la recherche et le dénombrement des entérocoques intestinaux ou streptocoques fécaux du groupe « D » dans l'eau de source à analyser par filtration sur membrane poreuse. Cette recherche se pratique en deux étapes ; le test présomptif et le test confirmatif, le premier sert à indiquer la présence des streptocoques et cela dans un milieu SLANETZ et le deuxième sert à confirmer leur présence dans un milieu BEA.

#### ➤ Mode opératoire

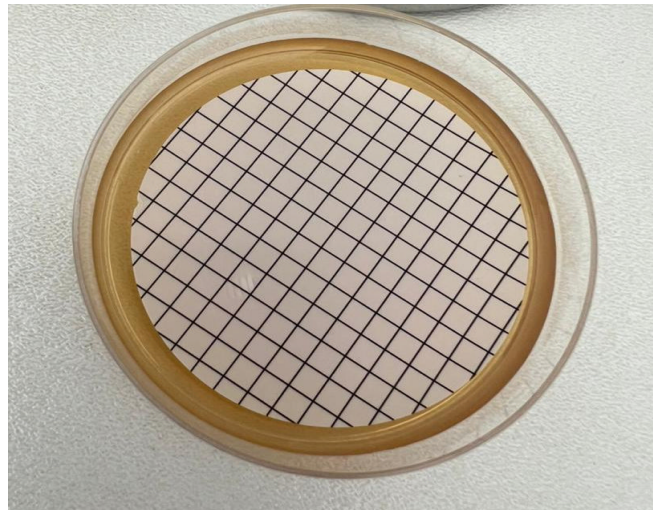
Après la stérilisation du dispositif de filtration, nous l'avons refroidi tout de suite en versant de l'eau de source à analyser (si en quantité suffisante ou bien avec de l'eau distillée stérile) dans l'entonnoir, en même temps, le robinet est ouvert afin d'aspirer l'eau par la pompe. Ensuite, nous avons placé de façon aseptique un filtre d'une porosité nominale de  $0.45\mu\text{m}$  entre la membrane poreuse et l'entonnoir à l'aide d'une pince stérile. Nous avons versé 100ml de l'échantillon d'eau de source, devant le bec bunsen, dans l'entonnoir puis nous avons actionné la pompe à vide ce qui permet le passage de l'eau par le filtre et

l'isolement des bactéries. Nous avons retiré l'entonnoir puis transféré immédiatement et aseptiquement le filtre à l'aide d'une pince à bouts arrondis stériles, sur la surface d'une plaque de gélose Slanetz préalablement préparée et versée dans des boîtes pétries. Nous les avons incubées couvercle en bas dans une étuve à 37°C pendant 48 heures (Figure 24).

➤ **Lecture**

❖ **Test de présomption**

Après l'incubation, les streptocoques apparaissent sous forme de petites colonies rouge, marron et lisses légèrement bombées à contours réguliers et pigmentées à un test confirmatif pour confirmer leur présence.



**Figure 24** : Streptocoque sur un milieu Slanetz (Photographie originelle, 2023)

❖ **Test de confirmation**

Nous avons transféré aseptiquement le filtre du milieu Slanetz à une autre boîte de pétri contenant de gélose Bile Esculine Azoture (BEA) préchauffée préalablement à 44°C puis incubé dans une étuve pendant 2 heures 44°C.

Après l'incubation, les colonies confirmées prennent une coloration noire ce qui traduit l'hydrolyse de l'esculine présente dans le milieu ensuite le nombre de colonies sera comptés (Figure 30).

## *Chapitre III*

### *Résultats et discussion*



## 1. Résultats des analyses organoleptiques

### 1.1. Couleur

L'eau de notre source Adardar demeure limpide durant les deux saisons d'étude (hiver et été). Ceci est probablement dû aux faibles teneurs en fer, en manganèse et en matières organiques, qui sont les principaux facteurs pouvant causer la coloration de l'eau.

### 1.1. Odeur

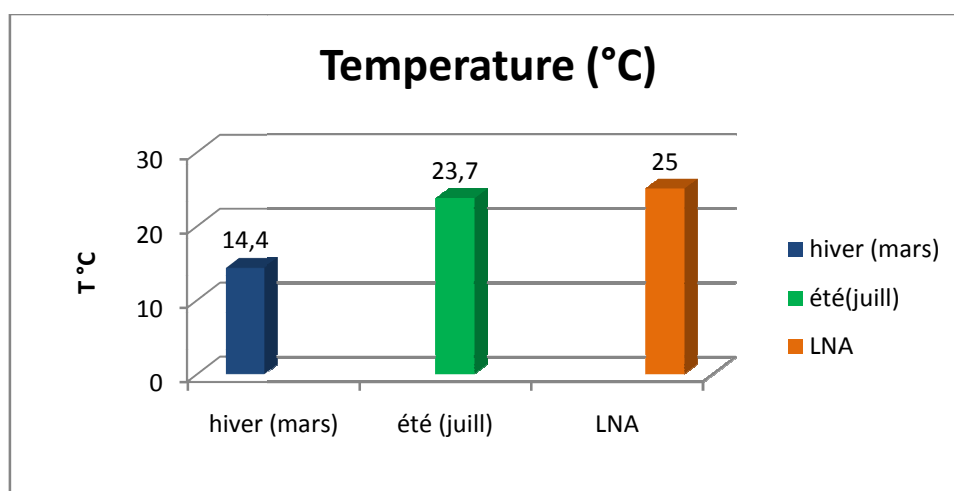
L'eau de la source examinée ne présente aucune odeur, ce qui suggère qu'elle ne contient pas de bactéries ni de substances polluantes, les principales causes d'une odeur indésirable.

## 2. Résultats des analyses physiques

### 2.1. Température

La Figure 25 expose les relevés des températures enregistrées, lesquels s'établissent à 14,4°C en hiver et à 23,70°C en été, à la source d'eau Adardar. Ces températures se situent à proximité de la température ambiante de l'air. Les valeurs enregistrées respectent la norme algérienne qui fixe la température à 25 °C.

Nos résultats sont en accord avec ceux d'Atek et Touabi (2022), qui ont mené une étude sur les paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'eau de la source Aghbalou dans la commune de Makouda, région de Tizi-Ouzou, sur deux périodes d'échantillonnage (hiver et été) avec des températures de 16°C et 23.70°C. De plus, nos résultats sont comparables à ceux enregistrés par Houmel (2017) dans une étude portant sur les paramètres physico-chimiques et bactériologiques de deux sources d'eau, Thala Toulmouts (Tizi Rached) et Thala Oumazar (Ait Toudert), variant à l'ordre entre (13.3°C et 22.3°C) et (17.5°C et 22.6°C).

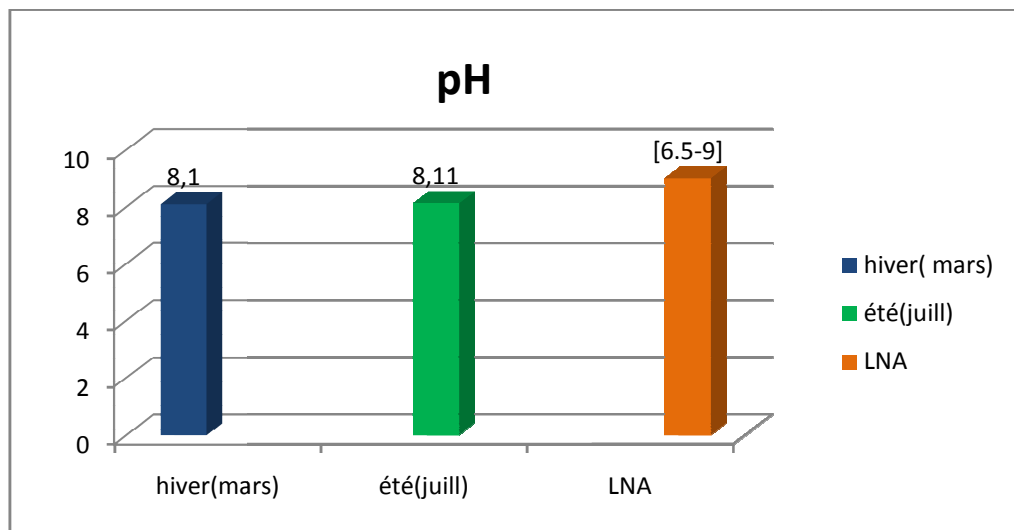


**Figure 25 :** Variation de la température des deux saisons étudiées (hiver et été) de la source Adardar de l'année 2023.

## 2.2.pH

Le pH est une mesure qui indique le degré d'acidité de l'eau, et il est évalué sur une échelle de 0 à 14. Selon les données présentées dans la Figure 26, les valeurs du pH enregistrées pour l'eau de notre source sont légèrement basiques, atteignant [8,1], et elles restent stables lors des deux périodes d'échantillonnage. Cette légère augmentation observée à la source Adardar peut s'expliquer par la nature calcaire des terrains traversés par les eaux, ainsi que par l'augmentation des températures. Les résultats que nous avons obtenus sont en conformité avec les normes algériennes en matière de pH, qui se situent dans la plage de [6,5-9].

Nos résultats sont similaires à ceux obtenus et interprétés par Naimi et Allaoua (2017) dans le cadre de leur étude sur le contrôle de la qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau de la source Chiffa (mars et en mai), dans la région de Blida, où ils ont obtenu une valeur de [8,07]. Cependant, nos résultats sont à l'opposé de Hadini et Ouazar (2017) dans leur étude sur la caractérisation des quatre sources (Boukiassa, Ait Bouhini 1 et 2, Tougana) dans la région de Yakouren par des méthodes physico-chimiques. Ils ont enregistré une valeur de [5.55] au niveau de la source Boukiassa.

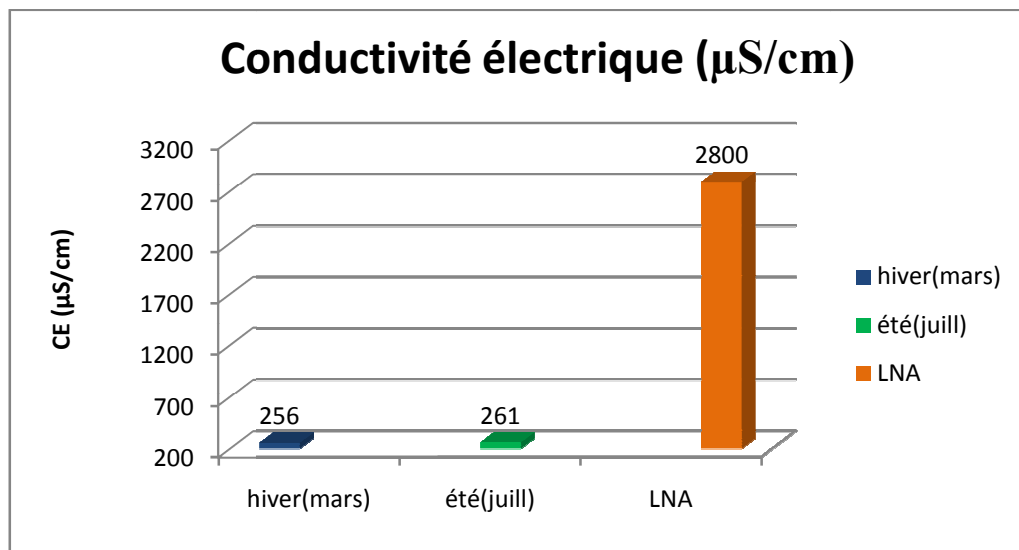


**Figure 26 :** Variation de pH des deux saisons étudiées (hiver et été) de la source Adardar de l'année 2023.

## 2.3.Conductivité électrique

Nos observations ont révélé une variation de la conductivité électrique de l'eau de notre source (Figure 27), démontrant qu'elle oscille entre 256 et 261  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Ces valeurs se situent à la fourchette des normes de potabilité algériennes, qui sont fixées à 2800  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Cela confirme que cette eau est modérément minéralisée.

Nos résultats présentent une similitude avec ceux obtenus par Ouhamouche et Zane (2021) lors de leur étude sur l'évaluation des paramètres physicochimiques et bactériologiques de l'eau de trois sources, à savoir Thianserine (Ouacif), Thala bouada (Bouzeguène) et Ain Naim (Azeffoune) dans la région de Tizi Ouzou. Ils ont enregistré une valeur de  $247\mu\text{S}/\text{cm}$  au niveau de la source d'eau Thianserine et ceux de Lassouaoui et Ketous (2017), qui ont effectué une étude des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de deux sources d'eau Tigounatine (Akerrou) et Ain Helouf (Tizi-Ouzou) dans la wilaya de Tizi-Ouzou comprise entre ( $225\mu\text{S}/\text{cm}$  et  $273\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Cependant, nos résultats sont à l'opposé de Ouldhadda et Sadoudi (2022) qui ont réalisé une étude intitulée faunistique et évaluation de la qualité de l'eau par la voie biologique, physicochimique et bactériologique de quelque source de la Kabylie de Djurdjura d'une période d'échantillonnage de 1 juin à 21 août, ils ont enregistré une valeur de  $1617\mu\text{S}/\text{cm}$  au niveau de la station Thala Guilef 2 (Thinzar).



**Figure 27 :** Variation de CE des deux saisons étudiées (hiver et été) de la source de l'eau Adardar de l'année 2023.

### 3. Résultats des analyses de la minéralisation globale

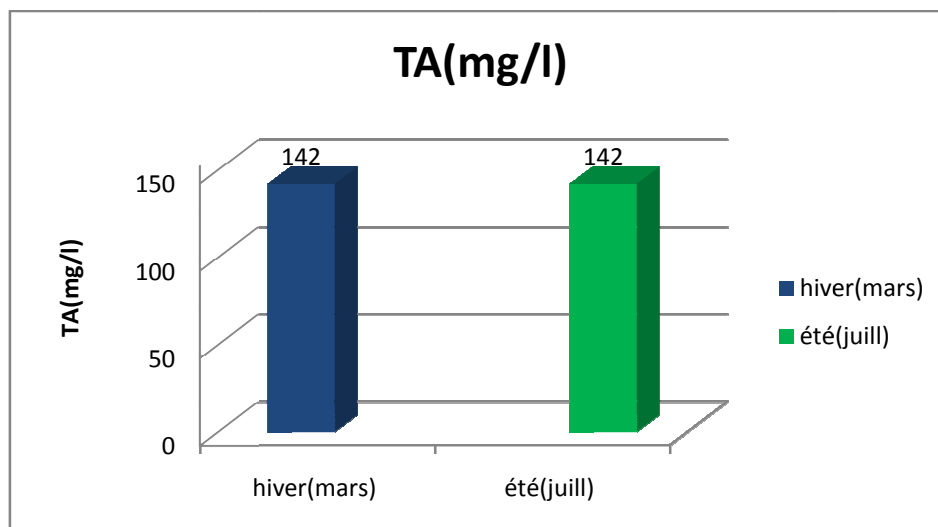
#### 3.1. Alcalinité

##### 3.1.1. Titre alcalimétrique (TA)

Selon la figure 28, les concentrations en bicarbonates enregistrées se maintiennent à  $142\text{ mg/l}$  et restent stables au cours des deux périodes d'échantillonnage. Ces résultats montrent une faible variabilité de ce paramètre. Il est important de noter que les normes algériennes ne définissent pas de limite spécifique pour les bicarbonates, car nos résultats indiquent que quelle que soit leur concentration dans l'eau destinée à la consommation, la potabilité n'est pas affectée.



Nos résultats sont cohérents avec les valeurs obtenues par Bessalam et Hassani (2017) lors de leur étude des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de deux sources d'eau, Thala Ainser (Ouacif) et Thala Kebout (Ouadhias), où les concentrations ont varié entre 129.26 mg/l et 216.18 mg/l. Cependant, ils diffèrent des résultats de Lassouaoui t Kitous (2017), qui ont observé des variations de la concentration en bicarbonates allant de 17.08 mg/l à 33.67 mg/l pour la source d'eau Tigounatine. De plus, les résultats d'Iltache (2015), qui ont montré des valeurs nulles en  $\text{HCO}_3^-$  lors de l'étude de trois sources d'eau (Fontaine Fraiche, Ait Bouhouni à Yakouren, AinserAkdhim à Thala-Atheman) dans la wilaya de Tizi-Ouzou, ne correspondent pas à nos constatations.



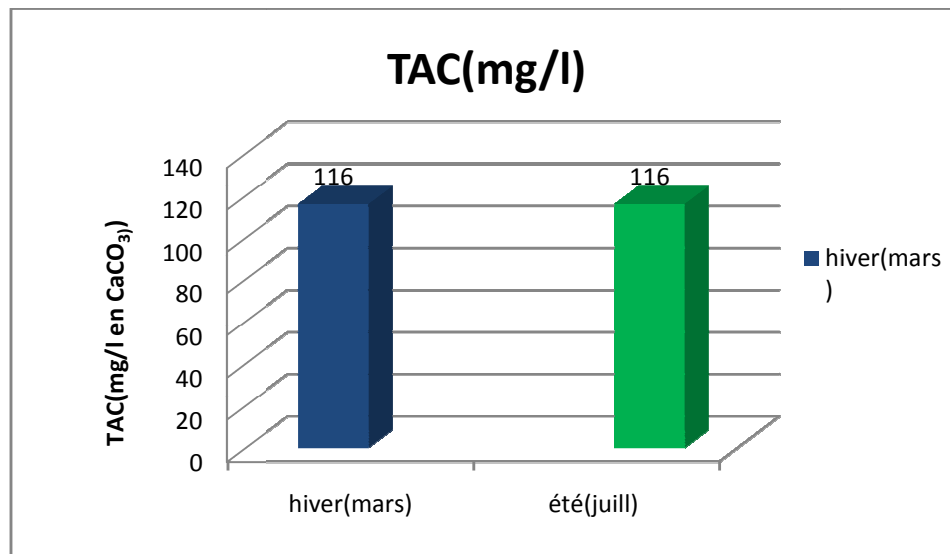
**Figure 28 :** Variation de titre alcalimétrique des deux saisons étudiées (hiver et été) de la source Adardar de l'année 2023.

### 3.1.2. Titre alcalimétrique complet (TAC)

Les valeurs relatives du titre alcalimétrique total permettent d'évaluer les quantités de carbonates et d'hydrogencarbonates alcalins présents dans l'eau. Conformément à la figure 29, les concentrations enregistrées du titre alcalimétrique restent constantes à 116 mg/l tout au long des saisons d'hiver et d'été. Ces valeurs sont relativement modestes, ce qui peut s'expliquer par la diminution des concentrations en ions calcium et magnésium.

Nos résultats concordent avec l'étude de Chegrani et Hammoudi (2022) portant sur l'analyse physico-chimique et bactériologique de l'eau de source LainserOuqarmoud dans la région de Bouzegène, wilaya de Tizi-Ouzou, pendant la saison estivale, où une valeur de 115 mg/l a été obtenue. Ils sont également comparables à ceux de Ouhamouch et Zane (2021), qui ont observé des valeurs variant entre 108 mg/l et 118 mg/l. cependant, ils diffèrent des résultats obtenus par Ibri et Taleb (2017) sur leur étude de caractérisation et valorisation d'une eau de source de la région de Boghei (Thalaguilef, Thabourth, Tinzar I et Tinzar II), Suivie

d'une étude comparative avec une eau minérale Lalla khedidja. Ils ont relevé une valeur de 23mg/l au niveau des deux source Tinzar I et Tinzar II.



**Figure 29** : variation de titre alcalimétrique complet des deux saisons étudiées (hiver et été) de la source Adardar de l'année 2023.

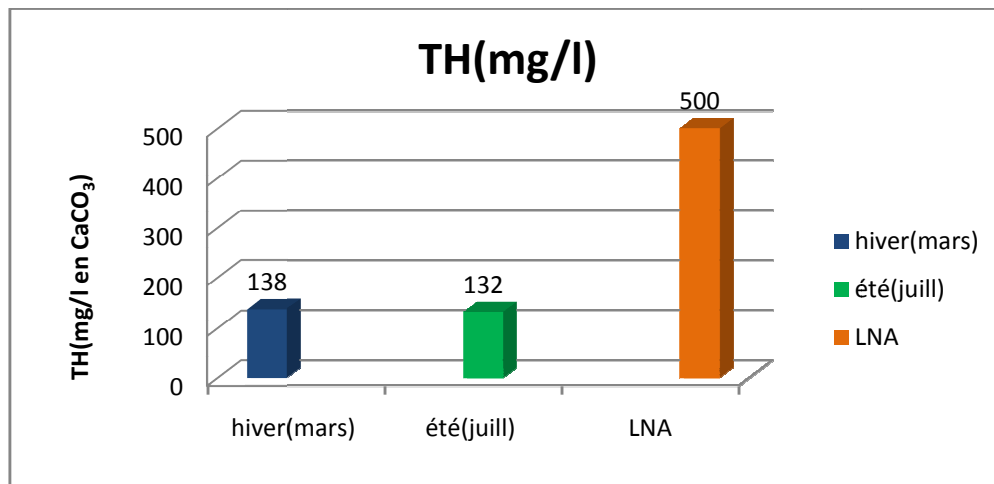
### 3.2. Dureté totale (TH)

La dureté représente une propriété inhérente associée à l'altération des sols parcourus et est en corrélation avec la présence de calcium et de magnésium (Rodier, 2009).

La dureté totale obtenue (Figure 30) oscille entre 138 mg/l en CaCO<sub>3</sub> pendant la saison hivernale et 132 mg/l en CaCO<sub>3</sub> pour l'été, ce qui qualifie cette eau de douce. Cette légère élévation peut être attribuée à une augmentation de la concentration en ions magnésium dans l'eau analysée. Toutefois, il est important de noter que les valeurs que nous avons enregistrées demeurent en conformité avec les normes de potabilité établies par la réglementation algérienne, lesquelles limitent la dureté totale à 500 mg/l.

Nos résultats sont proches de ceux de Chegrani et Hammoudi (2022) (entre 122 et 124 mg/l en CaCO<sub>3</sub>) ainsi que de ceux de Bessalem et Hassani (2017), qui ont enregistré une valeur de 128 mg/l pour la source Ainsar. Cependant, nos résultats diffèrent significativement de ceux obtenus par Lassouaoui et Ketous (2017) (entre 84 et 90 mg/l en CaCO<sub>3</sub>), Houmel (2017) (entre 246 et 384 mg/l en CaCO<sub>3</sub>), et Amichi et Amiri (2020), qui ont étudié les paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'eau de source Tabout (Ouahdhas) dans la wilaya de Tizi-Ouzou et ont rapporté des valeurs de dureté totale de l'eau de 174 mg/l et 384 mg/l en CaCO<sub>3</sub>. De plus, nos résultats diffèrent considérablement de ceux d'Atek et Touabi (2022), qui ont obtenu des valeurs très élevées allant de 412 mg/l à 424 mg/l. Il est

important de noter que malgré ces variations, nos résultats restent conformes aux normes de potabilité algériennes.

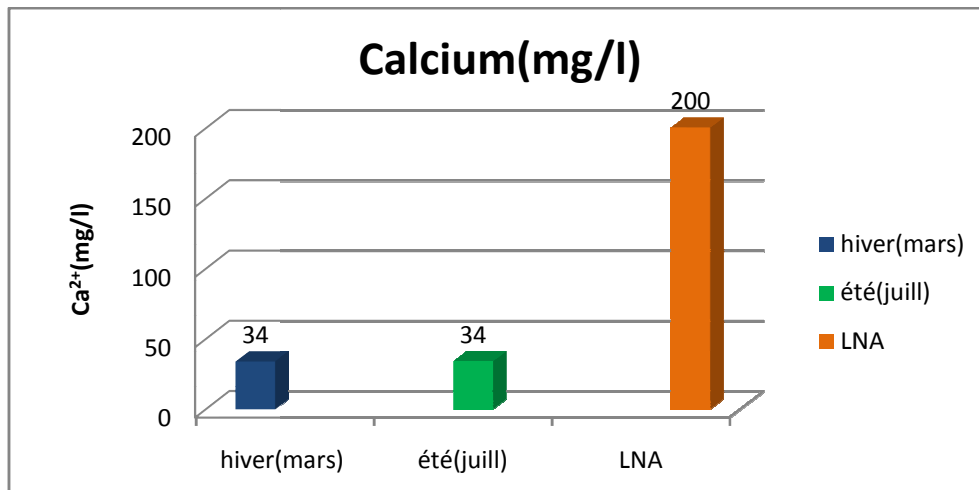


**Figure 30** : variation de la dureté totale des deux saisons étudiées (hiver et été) de la source Adardar de l'année 2023.

### 3.3. Calcium

Les résultats obtenus (figure 31) révèlent une concentration de calcium dans l'eau analysée qui demeure constante, à 35 mg/l, pour les deux saisons étudiées. Cette concentration en calcium dans notre source d'eau se maintient largement en dessous de la limite maximale autorisée de 200 mg/l conformément à la réglementation algérienne. En conséquence, le niveau de dureté du  $\text{Ca}^{2+}$  dans l'eau analysée reste conforme aux normes légales.

Nos résultats correspondent étroitement aux observations faites par Chergani et Hammoudi (2022), avec une valeur de 35 mg/l. En revanche, ils diffèrent de manière significative de ceux d'Ibri et Taleb (2017), qui ont trouvé des concentrations variantes entre 43,2 mg/l et 55,2 mg/l. De plus, nos résultats sont en contraste net avec ceux de Houmel (2017), qui ont rapporté des valeurs de 74,55 mg/l à 124,25 mg/l, ainsi qu'avec ceux d'Atek et Touabi (2022), qui ont enregistré des valeurs de 120 mg/l et 122 mg/l.

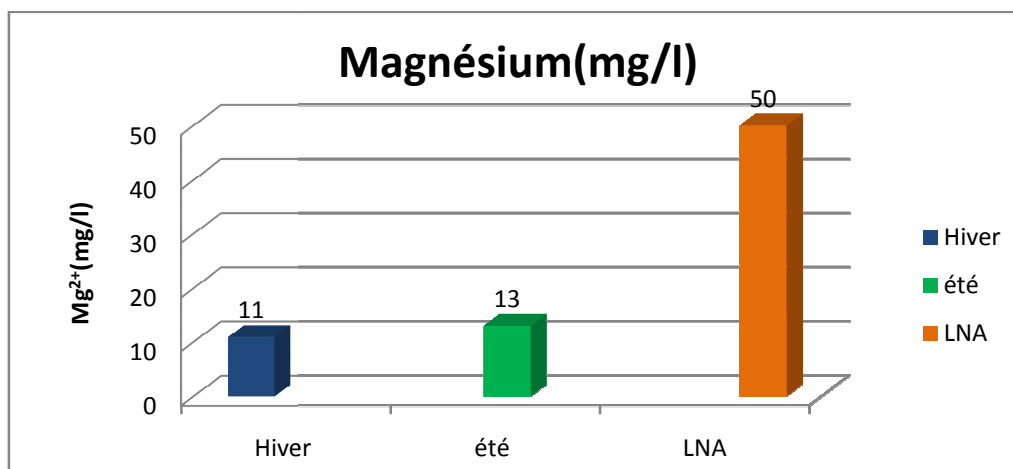


**Figure 31 :** Variations de calcium des deux saisons étudiées (hiver et été) de la source Adardar de l'année 2023.

### 3.4. Magnésium

La figure 32 présente les niveaux de magnésium dans la source Adardar, montrant des valeurs comprises entre 11 mg/l et 13 mg/l. Ces résultats indiquent une stabilité notable de ce paramètre, et ils demeurent bien en dessous de la norme algérienne de qualité de l'eau potable, qui est établie à 50 mg/l.

Nos résultats sont en accord avec ceux de Houmel (2017), qui ont enregistré des valeurs de magnésium comprises entre 11,67 mg/l et 20,91 mg/l. Ils sont également cohérents avec les observations de Ramdane et Tiguerche (2015) dans leur étude des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'eau de la source Alma commune de Mizrana, où les niveaux de magnésium variaient entre 12,64 mg/l et 16,04 mg/l. Cependant, nos résultats diffèrent de manière significative de ceux obtenus par Atek et Touabi (2022), qui ont relevé des concentrations de magnésium plus élevées, situées entre 27 mg/l et 29 mg/l.

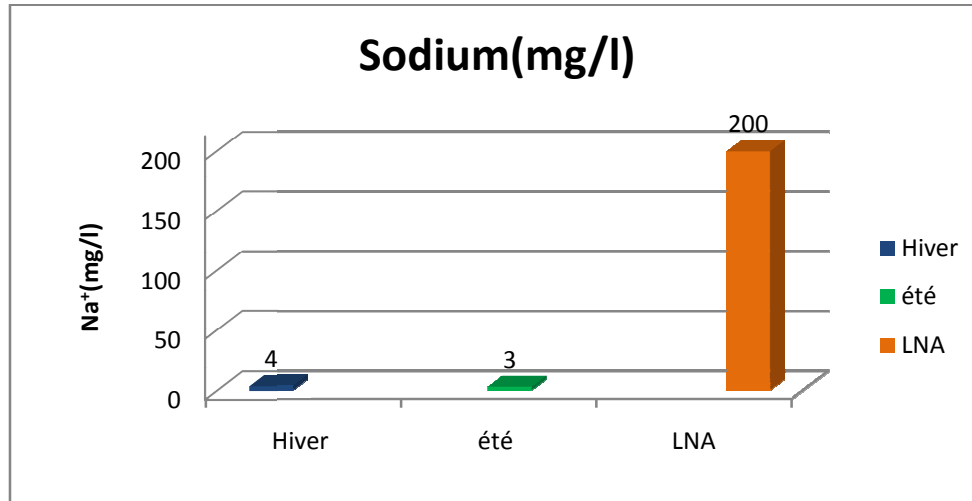


**Figure 32 :** variations de Magnésium des deux saisons étudiées (hiver et été) de la source Adardar de l'année 2023.

### 3.5.Sodium

Selon les données présentées dans la figure 33 de l'histogramme, qui met en évidence les variations du taux de sodium entre les saisons hivernales et estivales de la source Adardar, les résultats obtenus révèlent des concentrations comprises entre 3 mg/l et 4 mg/l. Ces concentrations sont extrêmement faibles et stables due à une faible altération des matériaux contenant des sels solubles (un faible lessivage des roches qui, par dissolution, est responsable de la libération des ions qui constituent l'essentiel des sels trouvés dans le sol principalement les chlorures de sodium) De plus, il est important de noter que ces concentrations demeurent largement en dessous de la limite fixée par la réglementation algérienne pour l'eau potable, laquelle est établie à 200 mg/l.

Nos résultats sont en concordance avec ceux interprétés par Bessalem et Hassani (2017), qui ont également observé des variations de sodium entre 3 mg/l et 6 mg/l. qui ont enregistré des variations de sodium de 3 mg/l à 6 mg/l. Ils sont également cohérents avec les constatations d'Ait Abdelaziz et Ben Hamlat (2016) concernant la source d'eau Abi Youcef, où une concentration de 4 mg/l a été relevée. En revanche, ils diffèrent sensiblement de ceux obtenus par Atek et Touabi (2022), qui ont rapporté des concentrations de sodium plus élevées, situées entre 40 mg/l et 52 mg/l.

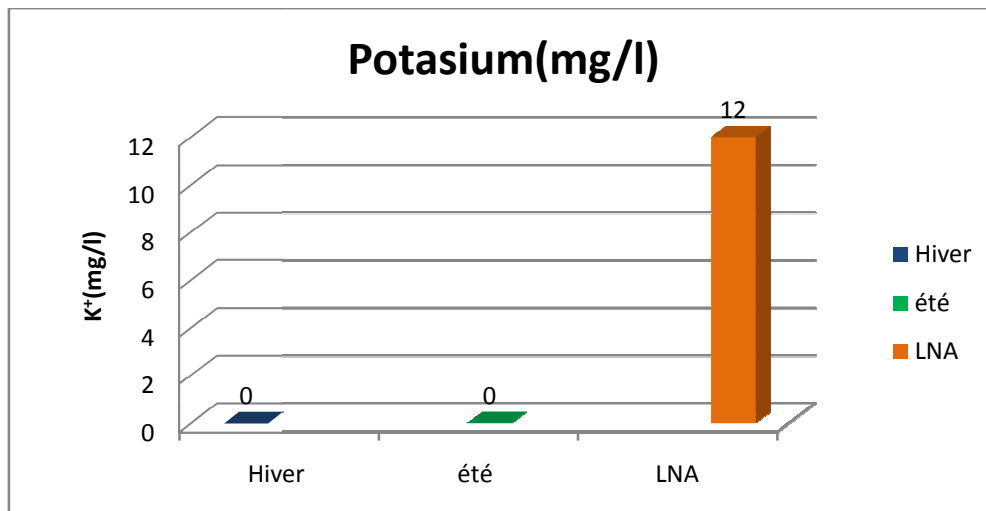


**Figure 33 :** Variation de sodium des deux saisons étudiées (hiver et été) de la source Adardar de l'année 2023

### 3.6.Potassium

Les niveaux de potassium dans l'eau de la source étudiée sont complètement indétectables tout au long des deux saisons d'échantillonnage, comme le révèle clairement la figure 34. Ces valeurs demeurent stables à zéro. Il est essentiel de souligner que les quantités de potassium sont nettement en dessous des limites établies par la réglementation algérienne, qui les fixe à un maximum de 12 mg/l.

Nos résultats présentent des similitudes avec les travaux d'Amichi et Amiri (2017), qui ont observé des niveaux de  $K^+$  compris entre 1 mg/l et 2 mg/l, ainsi qu'avec ceux de Bessalem et Hassani (2017), qui ont enregistré des variations entre 0,01 mg/l et 1 mg/l. En revanche, ils diffèrent de manière significative de ceux obtenus par Lassouaoui et Kitous (2017), qui ont mesuré des concentrations de potassium allant de 2 mg/l à 13 mg/l.

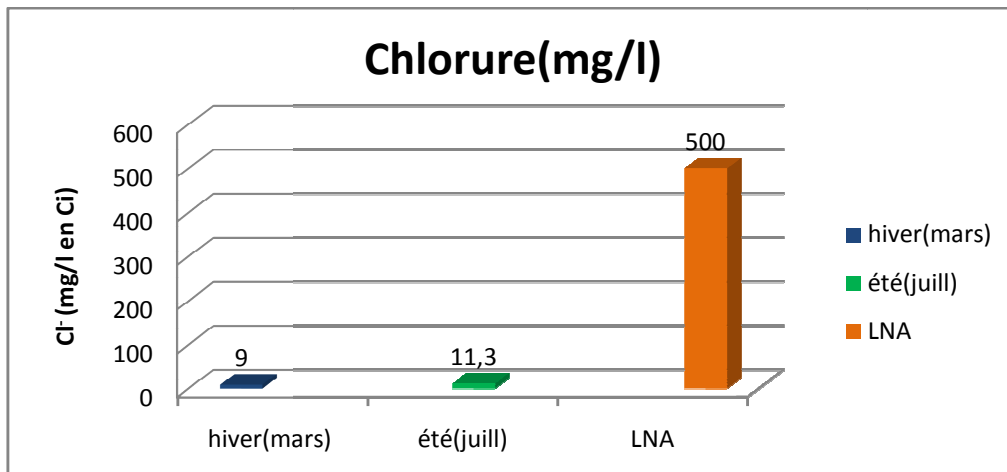


**Figure 34** : variation de potassium des deux saisons étudiées (hiver et été) de la source Adardar de l'année 2023.

### 3.7. Chlorures

Les niveaux de chlorure dans les eaux peuvent présenter une variabilité significative en fonction des types de sols qu'elles traversent. Les données de la figure 35 montrent que, les concentrations de chlorure variaient entre 9 mg/l et 11,3 mg/l. pour les deux périodes d'échantillonnage. Il est important de noter que l'eau de la source échantillonnée présente des teneurs en chlorures très faibles par rapport à la valeur de référence algérienne de 200 mg/l et à la limite fixée à 500 mg/l.

Nos résultats sont en cohérence avec ceux d'Amichi et Amiri (2020) qui ont également observé des niveaux de chlorure de 11 mg/l. De plus, nos résultats présentent des similitudes avec les observations de Ait Abdelaziz et Ben Hamlat (2016), dont l'étude portait sur les paramètres physico-chimiques et bactériologiques de trois sources d'eau, source d'Abi Youcef (Abi Youcef), Thala Ndoua (Yakourene) et Thala Thabarkant (Bouzguène) notamment la source d'Abi Youcef, où une concentration de 9,22 mg/l a été enregistrée. En revanche, nos résultats diffèrent sensiblement de ceux obtenus par Iltache (2015), qui a relevé des teneurs en chlorure variant entre 19,78 mg/l et 144,65 mg/l, ainsi que de ceux d'Atek et Taoubi (2022), qui ont rapporté des concentrations de chlorure de 79 mg/l et 85 mg/l.

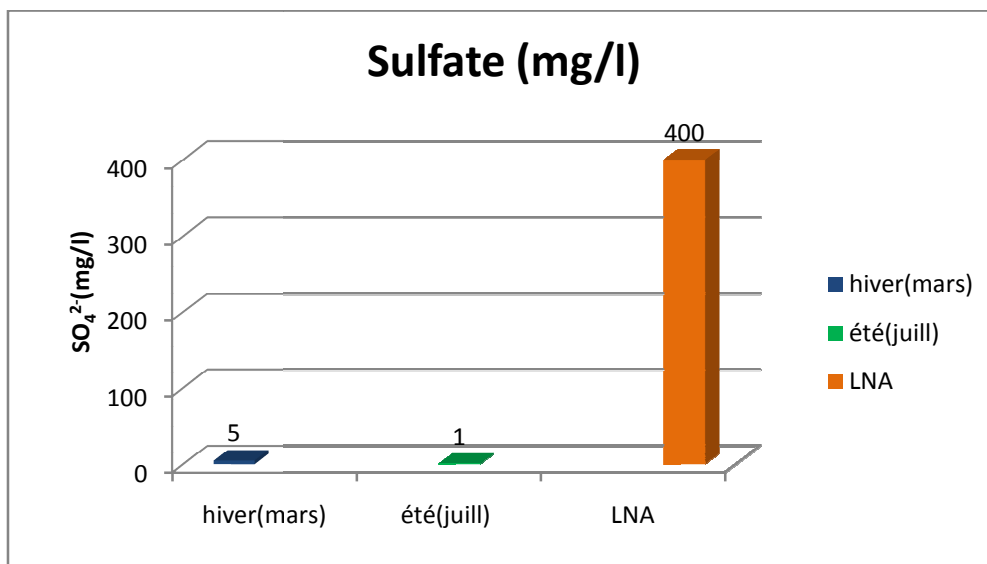


**Figure 35** : variation de chlore des deux saisons étudiées (hiver et été) de la source Adardar de l'année 2023.

### 3.8.Sulfate

Les données obtenues (Figure 36) révèlent que les niveaux de sulfate enregistrés sont très bas, se situant entre 1 et 5 mg/l. Ces valeurs se situent en dessous des seuils recommandés par la réglementation algérienne (0-400 mg/l) en matière de concentration de sulfates.

Nos résultats sont similaires avec ceux d'Amichi et Amiri (2020), qui ont également relevé des valeurs très faibles, se situant entre 2 et 4 mg/l pour les sulfates. En revanche, les résultats trouvés par Bessalem et Hassani (2017) qui varient de 13,7 à 21,2 mg/l, ainsi que ceux de Houmel (2017), avec des fluctuations entre 16.5 et 59,4 mg/l, ne sont pas similaires avec nos résultats, mais restent conforme à la norme fixée par la réglementation algérienne [0-400 mg/l].



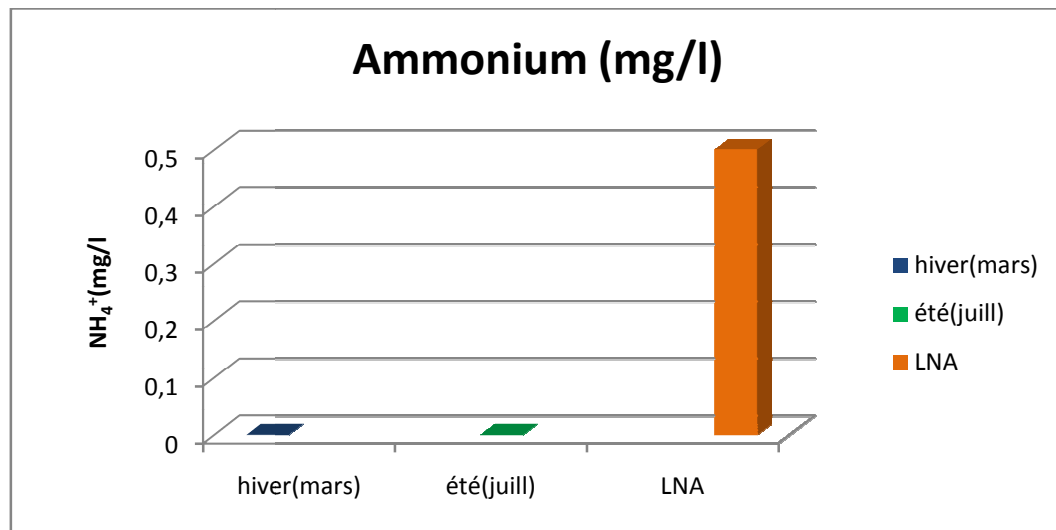
**Figure 36** : Variation des sulfates des deux saisons étudiées (hiver et été) de la source Adardar de l'année 2023.

#### 4. Résultats des paramètres de pollution

##### 4.1. Ammonium

La Figure 37 présente les concentrations d'ammonium relevées au cours des deux saisons d'étude (hiver et été) pour la source Adardar. Il est important de noter qu'aucune trace d'ammonium n'a été détectée, ce qui exclut toute contamination de ce paramètre.

Nos résultats sont identiques aux résultats trouvés par Bessalem et Hassani (2017), Atek et Touabi (2022), Chegrani et Hammoudi (2022), Amichi et Amiri (2020) ainsi qu'avec ceux de Lassouaoui et Kitous (2017) qui ont également enregistré des résultats nuls. Les résultats obtenus par Houmel(2017), qui varient de 0 mg/l à 0.01 mg/l, ainsi que ceux rapportés par Ramdaneet Tiguercha(2015), qui ont enregistré une valeur de 0.25 mg/l, sont en désaccord avec les valeurs obtenues dans notre étude.



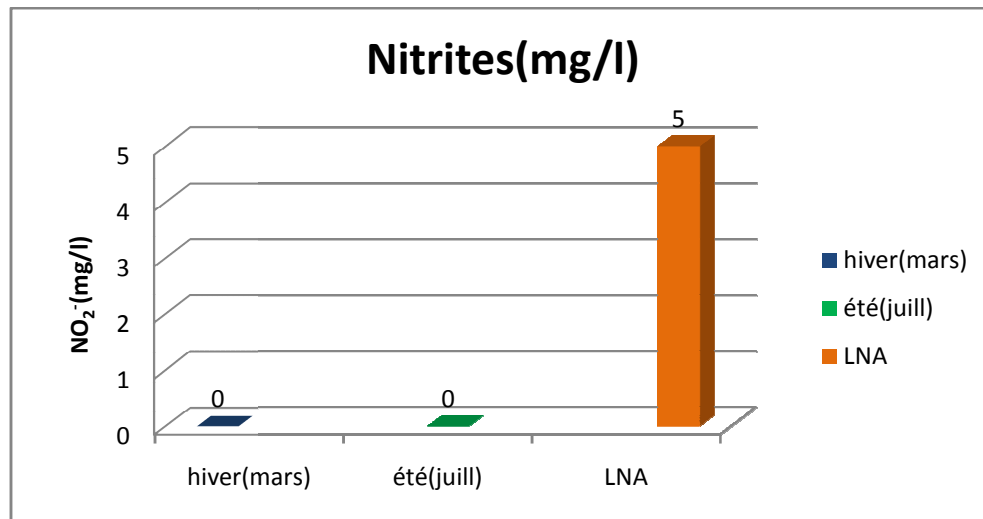
**Figure 37** : variation d'Ammonium des deux saisons étudiées (hiver et été) de la source Adardar de l'année 2023.

##### 4.2. Nitrites

En se référant à la Figure 38, il est remarquable que les échantillons prélevés ne présentent aucune trace de nitrites, affichant une concentration nulle (0 mg/l) lors des deux saisons. Ces valeurs sont en parfaite conformité avec les limites admissibles établies par la réglementation algérienne, lesquelles s'élèvent à 0,2 mg/l.

Nos résultats correspondent aux observations effectuées par Bessalem et Hassani (2017), Amichi et Amiri (2020), Houmel (2017), ainsi qu'à celles d'Iltache (2015), tous ayant également enregistré des concentrations nulles en nitrites.



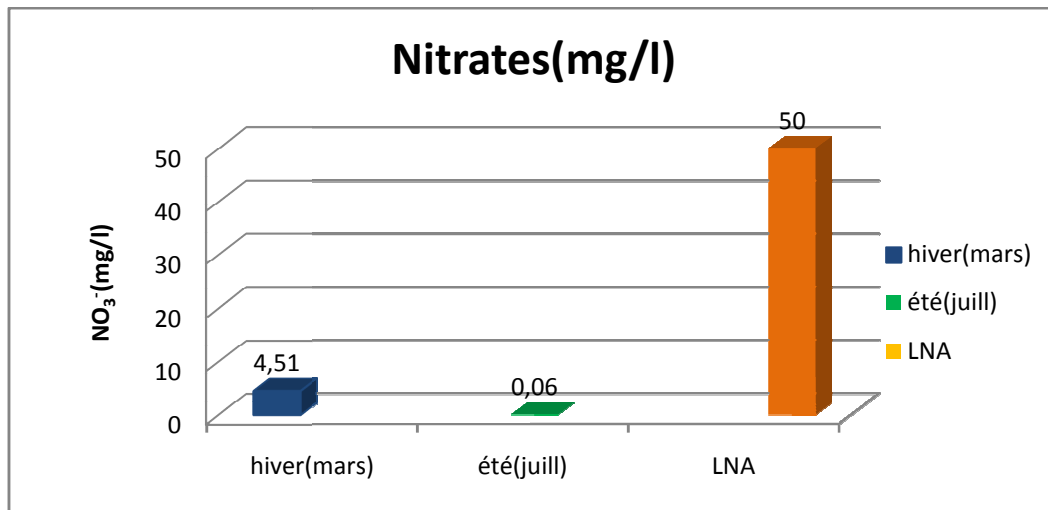


**Figure 38** : variation des nitrites des deux saisons étudiées (hiver et été) de la source Adardar de l'année 2023.

#### 4.3.Nitrates

Le transport des nitrates dans la source examinée est principalement influencé par les précipitations et la nature du sol. Nous pouvons exclure la contribution des engrais chimiques, car il n'y a pas de cultures en amont. L'analyse des niveaux de nitrates dans la source étudiée (Figure 39) révèle une légère variation, oscillant entre 0,06 mg/l et 4,51 mg/l. Ces valeurs demeurent en deçà de la limite établie par la réglementation algérienne, qui est de 50 mg/l. Par conséquent, l'eau étudiée ne présente pas de risque de pollution par les nitrates.

Nos résultats sont en accord avec ceux obtenus par Chegrani et Hammoudi (2022), qui ont relevé des résultats variés entre 1,15 mg/l et 2,4 mg/l, ainsi qu'avec ceux de Lassouaouiet Kitous(2017). Ils sont également en concordance avec ceux trouvés par Ramdaneet Tiguerche(2015) (résultats inférieurs à 0,5 mg/l) et ceux d'Ouhamoucheet Zane (2021), qui fluctuent entre 2,92 mg/l et 7,92 mg/l.Cependant, les résultats trouvés par Amichiet Zane (2020), oscillant entre 5,44 mg/l et 10,89 mg/l, ainsi que ceux de Houmel(2017), variant entre 1,32 mg/l et 17,26 mg/l, et ceux d'Atek et Touabi (2022), fluctuant entre 19,20 mg/l et 20,7 mg/l, ne correspondent pas à nos observations.



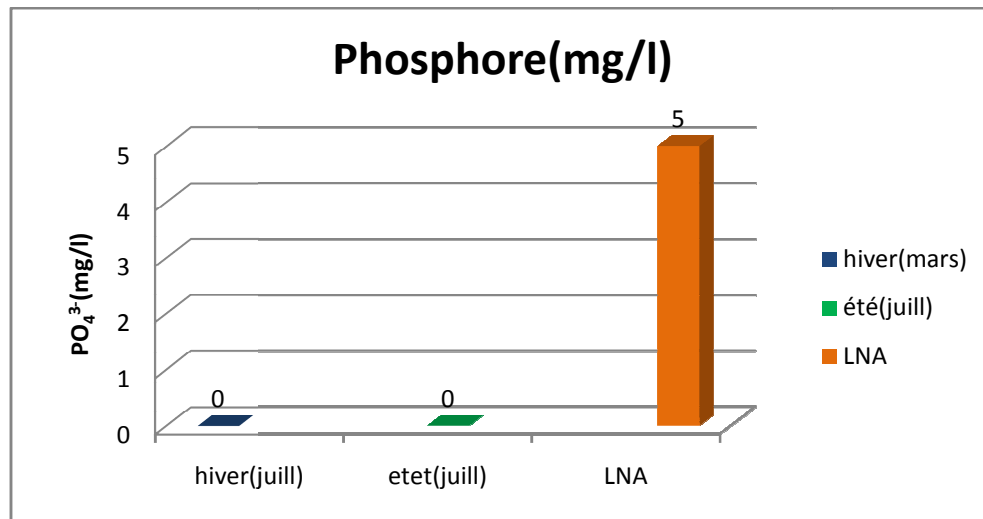
**Figure 39** : variation des nitrates des deux saisons étudiées (hiver et été) de la source Adardar de l'année 2023.

#### 4.4.Phosphore

Selon la Figure 40, il est à noter qu'il n'y a pas de présence de phosphore dans l'eau de notre source. Les concentrations sont nulles (0 mg/l) pour les deux périodes d'échantillonnage (hiver et été), Cela peut être attribué à la quantité et au type de roches traversées, qui sont probablement non phosphatées, ainsi qu'à l'absence d'érosion de ces roches et du sol, et également à l'absence de pollution organique. Par conséquent, la qualité de l'eau dans la région d'étude est excellente. Les valeurs observées sont en conformité avec la norme algérienne, qui est de 0,2 mg/l.

Nos résultats sont en accord avec ceux trouvés par Achoui et Souci (2015), qui ont étudié les paramètres physico-chimiques et bactériologiques de différentes sources telles que Lakheroub (Yakourene), Fontaine Fraîche (Yakourene) et AinsérAkdhim (Thala Athemane) dans la wilaya de Tizi-Ouzou. De plus, nos résultats sont similaires à ceux obtenus par Cheguerani et Hammoudi (2022), Atek et Touabi (2022), Houmel (2017), ainsi qu'à ceux de Ouhamouche et Zane (2020), tous ayant enregistré des concentrations nulles en phosphate.

Cependant, les résultats de Amichi et Amiri (2020), qui varient entre 0 mg/l et 0,14 mg/l, ainsi que ceux de Lassouaoui et Kitous (2017), oscillant entre 0 mg/l et 0,03 mg/l, et enfin ceux de Houmel (2017), fluctuant entre 0 mg/l et 0,39 mg/l, ne correspondent pas à nos observations.



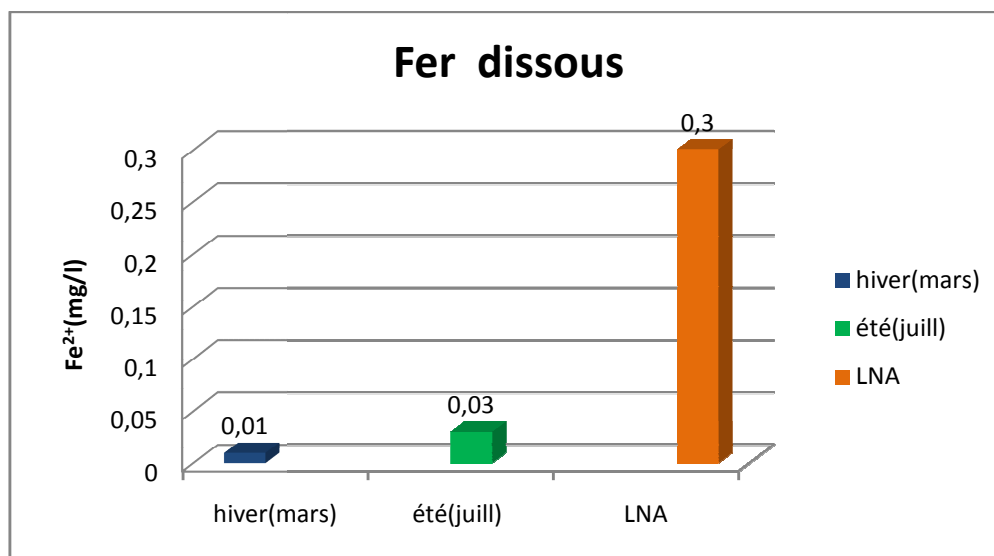
**Figure 40** : variation de phosphore des deux saisons étudiées (hiver et été) de la source Adardar de l'année 2023.

## 5. Résultats des paramètres indésirables

### 5.1. Fer dissous

Les résultats obtenus (Figure 41) révèlent que les concentrations en fer de la source étudiée varient entre 0,01 mg/l et 0,03 mg/l. Ces valeurs de fer sont faibles et conformes à la limite établie par la norme algérienne (0,3 mg/l).

Nos résultats sont similaires à ceux enregistrés par Ouhamoucheet Zane (2021), qui varient entre 0,01 mg/l et 0,04 mg/l, ainsi qu'à ceux de Chagraniet Hammoudi (2022), qui oscillent entre 0 mg/l et 0,03 mg/l, et enfin à ceux d'Atek et Touabi (2022), qui ont enregistré une valeur de 0,01 mg/l. Cependant, les résultats obtenus par Amichi et Amiri (2020), qui se situent entre 0,04 mg/l et 0,2 mg/l, ainsi que ceux de Ramdane et Tiguercha (2015), qui ont relevé une valeur de 0,45 mg/l, ne correspondent pas à nos observations.

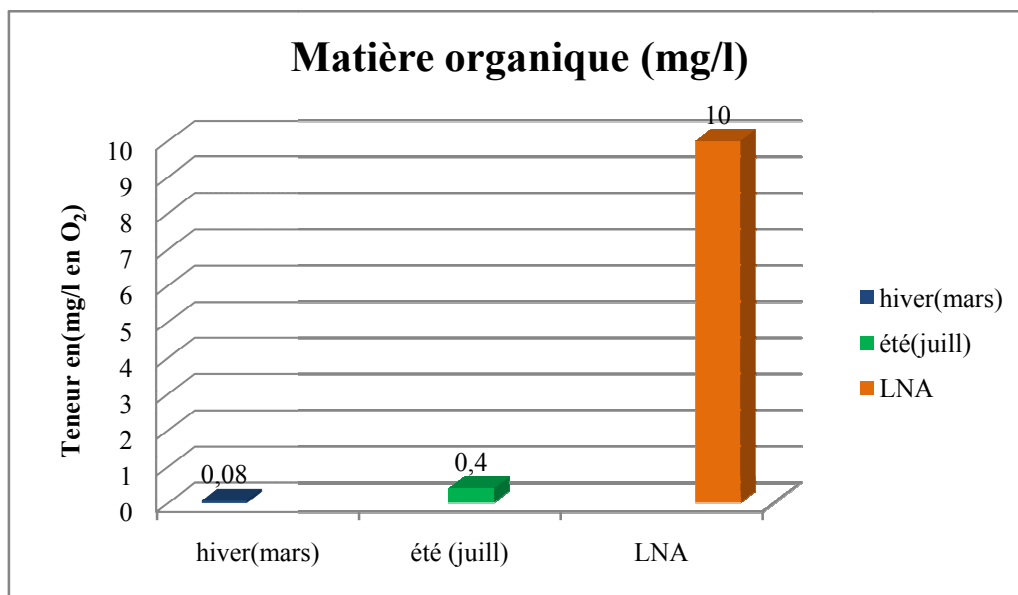


**Figure 41** : variation de fer des deux saisons étudiées (hiver et été) de la source Adardar de l'année 2023.

## 5.2.Matière organique

D'après la figure 42, la teneur en matière organique dans l'eau de source Adardar varie entre 0.08mg/l et 0.4mg/l durant les deux périodes d'échantillonnages (hiver et été), Cela explique pourquoi cette eau est considérée comme très pure, car sa teneur en matière organique est inférieure à 1 mg/l. Cette augmentation peut être attribuée aux rejets résultant des activités humaines, ainsi qu'à l'augmentation de l'activité des microorganismes et de la croissance des plantes. Nos valeurs sont en conformité avec la norme algérienne, qui fixe une limite de 10 mg/l pour la matière organique.

Nos résultats sont similaires avec ceux trouvés par Atek, et Touabi (2022), où les résultats varient entre 0.08mg/l et 0.32mg/l, ainsi qu'avec ceux de Chaguerani et Hammoudi (2022), qui varient entre 0.16mg/l et 0.24 mg/l. Cependant, les résultats de Bessalem et Hassani (2017), oscillant entre 0,33 mg/l et 2,31 mg/l, ainsi que ceux de Lassouaoui et Kitous (2017), variant entre 0,66 mg/l et 2,61 mg/l, et enfin ceux de Ramdane et Tiguercha (2015), qui ne dépassent pas 1,33 mg/l, ne correspondent pas à nos observations.



**Figure 42** : variation de la matière organique des deux saisons étudiées (hiver et été) de la source Adardar de l'année 2023.

## 5. Résultats des analyses bactériologiques

Le tableau 7 représente les résultats des analyses bactériologiques de l'eau de la source étudiée et la norme algérienne (le décret exécutif N° 11-125 du 22mars 2011 relatif à la qualité de l'eau de consommation humaine modifié et complété par le décret exécutif N°14-96 correspondant au mars 2014).

**Tableau 07 :** Résultats des analyses bactériologiques de la source d'eau Adardar pour les deux saisons étudiés (hiver et été) de l'année 2023.

<b>Germe</b> <b>Saison</b>	<b>Coliformes totaux</b> <b>(C/100)</b>	<b>Streptocoques</b> <b>fécaux</b> <b>(C/100)</b>	<b>Escherichia coli</b> <b>(C/100)</b>
<b>Hivernale</b>	212	0	0
<b>Estivale</b>	11	0	0
<b>Normes algériennes</b>	0	0	0

**Colonies : C**

### **5.2.Coliformes totaux**

D'après le tableau 7, nous constatons la présence des bactéries coliformes dans l'eau de la source analysée en hiver (212C/100ml) et en été (11C/100mg/l) de l'année 2023, ces valeurs dépassent la norme algérienne de 0/100ml, leurs présences dans l'eau de notre source peut indiquer une contamination fécale ou d'autres sources potentiels de pollution. Il est important de noter que la présence de ces coliformes enregistrés ne signifie pas nécessairement que notre eau est dangereuse.

Nos résultats sont semblables à ceux de Chegrani et Hammoudi (2022) qui ont marqué un nombre de colonies compris entre 10C /100ml au niveau de source LainsarOuqarmoud en période d'été et ceux de Ouhamoucheet Zane (2021) qui ont compté un nombre de colonies entre 22C/100ml et 332C/100ml. Or, les résultats de Houmel (2017) qui fluctuent des valeurs entre 0 et 4C/100ml et ceux de Atek et Touabi (2022) qui sont relevés l'absence totale des bactéries coliformes(0C/100ml) ne sont pas similaires avec les résultats de notre travail.

### **5.3.Escherichia Coli**

D'après nos résultats (Tableau 7), nous remarquons l'absence totale des bactéries d'E. Coli pour les deux périodes d'échantillonnages. Dans cela la source Adardar est de bonne qualité du point de vue bactériologique où les résultats sont conformes aux normes algériennes des eaux potables.

Nos résultats sont similaires avec les travaux de Merah (2019) sur son étude de la qualité de l'eau des puits de la région Ben Yahi wilaya Mostaganem et ceux de Ouhamoucheet Zane (2021) et ceux de Atek et Touabi (2022) au niveau de la source Aghebalou qui ont révélé l'absence totale des bactéries E. coli de la période d'été dans leurs sources étude. Cependant, Yahimi et Zeroukhi (2022) ils sont marqués une faible présence de

8C/100ml par et Bessalem et Hassani (2017) qui ont marqué la présence des bactéries avec un nombre variant entre 12 et 240/100ml leurs résultats dépassent largement les résultats obtenus par notre analyse.

#### **5.4.Streptocoques**

D'après le tableau 7, les résultats d'analyses bactériologiques enregistrées indiquent une absence totale des streptocoques fécaux de (0C/100ml) pour les deux périodes d'échantillonnages, nous stimulons l'absence de contamination fécale, confirme ainsi les normes de potabilités en relation avec les paramètres fixés par la norme algérienne à 0C/100ml, donc l'eau de source Adardar est pure et bonne pour la consommation publique.

Nos résultats trouvés sont semblables avec ceux de Ateket Touabi(2022), Merah (2019), Chagrani et Hammoudi (2022) qui ont révélé l'absence totale des streptocoques fécaux dans source étudiées pour les périodes d'échantillonnage. Cependant, ceux de Amichiet Amiri(2020) qui variant entre 15 et 38C/100ml et ceux de Bessalem et Hassani (2017) qui fluctuent entre 96 et 150C/100ml, leurs résultats dépassent largement la norme algérienne et ne sont pas semblable avec ceux que nous avons dans notre source.

## *Conclusion et perspectives*



L'objectif de notre étude est de réaliser une analyse physico-chimique et bactériologique de la source Adardar, située dans la commune de Bouzeguène, au cours de deux périodes d'échantillonnage, en hiver et en été (mars, juillet) de l'année 2023. Au cours de notre travail, nous avons effectué des analyses au laboratoire de l'Algérienne des Eaux (ADE) situé à Boukhalfa, dans la wilaya de Tizi-Ouzou. Les analyses des échantillons d'eau obtenus nous ont permis de constater ce qui suit :

D'un point de vue organoleptique, les échantillons d'eau prélevés pendant les deux saisons étaient dépourvus de couleur, d'odeur et de goût.

En termes de caractéristiques physico-chimiques, la plupart des paramètres se conforment aux réglementations algériennes. Le pH de l'eau de notre source enregistrée est basique (8,11) et reste constant lors des deux périodes d'échantillonnage. Le degré de minéralisation de cette eau est modéré, comme en témoignent les valeurs de conductivité électrique (comprises entre 256 et 261  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) et d'alcalinité (TA=142 mg/l, TAC=116), qui maintiennent une stabilité saisonnière. Ces résultats sont en adéquation avec les normes algériennes en vigueur.

D'un point de vue chimique, nous pouvons observer que l'eau analysée est douce, ce qui se manifeste par la valeur enregistrée de la dureté totale (132 à 138 mg/l en  $\text{CaCO}_3$ ). La concentration en calcium demeure stable tout au long des deux saisons, hivernale et estivale (34 mg/l), et la présence de magnésium est légère (entre 11 et 13 mg/l). Des teneurs faibles en sodium sont faibles (entre 3 et 4 mg/l), et il n'y a aucune présence de potassium. Les teneurs en chlorures de l'eau de la source étudiée sont également faibles (entre 9 et 11.3 mg/l), ce qui les rend conforme aux normes algériennes et potentiellement vulnérable à la croissance et à l'augmentation de bactéries et de micro-organismes pathogènes.

Sur le plan des paramètres indésirables, nos résultats obtenus indiquent une faible présence en matière organique (entre 0.08 et 0.4 mg/l) et les teneurs en fers sont conformes aux normes algériennes

En ce qui concerne la pollution organique, nous avons observé une absence totale de tous types de pollution : ammonium, phosphate et nitrite. De plus, les valeurs de nitrates étaient faibles, variant de 0.06 à 4.51 mg/l, restant ainsi dans les normes algériennes de potabilité.

En ce qui concerne les aspects bactériologiques, les résultats obtenus démontrent l'absence totale de coliformes thermo tolérants (*E. Coli*) et de streptocoques fécaux au cours des deux saisons, à la fois en été et en hiver. Ceci indique que l'eau de source présente une bonne qualité bactériologique. Cependant, il convient de noter la présence de coliformes

totaux lors des deux saisons, avec des concentrations variantes entre 11C/100 ml et 212C/100 ml, le dépassement de la norme algérienne de potabilité peut être en lien avec une éventuelle contamination par des matières fécales d'origine animale ou humaine, mais cela ne signifie pas nécessairement que notre eau est dangereuse.

Selon les résultats de l'analyse physico-chimique, nous pouvons conclure que l'eau de notre source est propre à la consommation, car tous les paramètres physico-chimiques respectent les normes de qualité de l'eau potable.

En conclusion, nous souhaitons formuler quelques perspectives s considérées comme importantes pour la préservation de la source d'eau :

- On suggère au pouvoir public de veiller à la préservation de cette source malgré elle est moins fréquentée par la population, contre toutes formes de pollution et mieux gérer et protéger la source par la délimitation des périmètres de protection afin de la valorisation.
- La mise en place d'un programme de surveillance de la qualité et de garantie de la conformité est nécessaire, étant donné que la source est située dans cette zone où les activités agricoles, en particulier le pâturage, sont prédominantes. Une surveillance accrue tout au long de l'année est essentielle pour détecter la présence de bactéries coliformes.
- Enfin, il est important de reconnaître l'impact de l'environnement et d'agir en cas de dégradation.

# *Références bibliographiques*

1. **Abboudi A, Dr.Tabyaoui H, Ph El Hamichi F, Benaabidate L, Prof. Lahrach B, (2014).** Etude de la qualité physico-chimique et contamination métallique des eaux de surface du bassin versant Deguigou, Maroc. *European Scientific Journal* ,10( 23) ,pp1857-7431.
2. **Achoui R et Souci N., (2015).** Etude des paramètres physicochimiques et bactériologiques de différentes sources « Lakhroub » « Fontaine Fraiche » et « AinsérAkdim » wilaya de Tizi Ouzou. Mémoire de master. Faculté des sciences et technologies département chimie. Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou.70 p.
3. **Ait Abdelaziz F. et Ben HamlatF. (2016).** Contribution à l'étude des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de trois sources d'eau de trois communes « Abi Yousef, Yakouréne et Bouzeguène ». Mémoire de master en protection de l'environnement, Faculté des sciences biologiques et agronomiques. UMMTO, 110p.
4. **Akli., N, Stiti M., (2022).**Analyses physico-chimiques et bactériologiques de deux sources d'eau au niveau de deux communes de la wilaya de Tizi-Ouzou « Tizirt et Ouadhas ». Mamoire de master en protection des écosystèmes faculté des sciences biologique et agronomiques. UMMTO,55p.
5. **Amichi Z. et Amiri K. (2020).** Contribution à l'étude des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'eau de la source Thabout « Ouadhias, Willaya de TiziOuzou ». Mémoire de master en biodiversité et environnement faculté des sciences biologique et agronomiques.UMMTO, 121p.
6. **Archibald F., (2000).** The presence of coliform bacteria in Canadian pulp and paper mill water systems - a cause for concern? *Water Quality Research Journal of Canada*, 35 : pp1-22.
7. **Atek F. Touabi H. (2022)** Analyse physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source Aghbalou sur deux périodes d'échantillonnage au niveau de la commune de Makouda dans la région de Tizi-Ouzou. Mémoire de master en biodiversité et environnement faculté des sciences biologique et agronomiques. UMMTO,62p.
8. **Ayad., 2017.** Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines : cas des Puits de la Région d'EL-Harrouch (Wilaya de Skikda). Thèse de doctorat. Université Badji Mokhtar, Annaba. 156p.
9. **Belghiti M.L.1, Chahlaoui A.1, Bengoumi D.2, EL Moustaine R (2013).** Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappe Plio-quadernaire dans la région de Meknes (Maroc). *Larhyss Journal*, (14), pp21-36.
10. **Benamar N., Mouadiah N., Benamar A., (2011).** Étude de la biodiversité et de la pollution dans les canaux de l'Ouest algérien : le cas de l'oued Chelif, Colloque international, Usages écologiques, économiques et sociaux de l'eau agricole en méditerranée : quels enjeux pour quels services ? Université de Provence, Marseille, 20-21 janvier 2011, 6 p.

11. **Bernard C. (2007).** Introduction à l'étude de la médecine expérimentale. Edition Bibiobazaar.ilc.400p.
12. **Bessalem Z. et Hassani S. (2017).** Contribution à l'étude des paramètres physico-chimiques et bactériologiques sur deux périodes d'échantillonnage de deux sources d'eau au niveau de deux communes « Ouacif et Ouadhias » wilaya de Tizi-Ouzou. Mémoire de master protection de l'environnement. Faculté des sciences biologiques et agronomiques UMMTO, 95p
13. **Boucherit. A, et Hakimi. H., (2016).** Contribution à l'étude de la qualité physico chimique et bactériologique de l'eau du Barrage Hammam Debegeh-Guelma. Mémoire de Master. Université du 08 Mai 1945-Guelma- 67 p.
14. **Boudjadja, A., Messahel, M. & Pauc, H. (2003).** Ressources hydriques en Algérie du Nord. *Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science*, 16(3), pp285–304.
15. **Bouziani M., (2000).** L'eau de la pénurie aux maladies, Edition ibn khaldoun, 247p.
16. **Chaker H. K., Slimani A., (2014).** Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux d'abreuvements des ruminants dans la zone semi-aride d'Oum El Bouaghi : Nord-est de l'Algérie, Institut des sciences agronomiques, université d'El Tarf, Algérie, 10p.
17. **Chekirou H., OurdjiniS., (2017).** Contribution à l'étude physico-chimique et bactériologique et l'origine de la pollution fécale au niveau de l'amont d'oued seybose (Guelme). Mémoire de master. Université 8 mai 1945.Guelma. P13.
18. **Chelli L., Djouhri N. (2013).** Analyses des eaux de réseau de la ville de Bejaia et évaluation de leur pouvoir entartrant. Mémoire de Master en Génie des Procédés, Option : Génie Chimique, Université Abderrahmane MIRA (Bejaia, Algérie), 86 p.
19. **Chergani T. Hammoudi S. (2022).** Analyses Analyse physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source Laïnsar Ouqarmoud au niveau de la commune d'Illoula Oumaloudans la région de Tizi-Ouzou. Mémoire de master en biodiversité et environnement faculté des sciences biologique et agronomiques. UMMTO, 95p.
20. **C.I.E. (2005).** Centre d'Information sur l'Eau disponible sur internet [www.Cieau.com](http://www.Cieau.com)
21. **Degremont., (2005).** Mémento technique de l'eau Tome I. 10<sup>ème</sup> édition. Lavoisier. Tec et Doc. Paris. 105p.
22. **Delarras C., Bernard T. et Joëlle D. (2010).** Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux, réglementation-micro-organismes-prélèvements-analyses, Ed. TEC&DOC, Lavoisier 9,552p.
23. **Derwich E, Benaabidate L., Zian A.2, Sadki O., Belghity D.4 (2010).** Caractérisation physico-chimique des eaux de la nappe alluviale de Haut Sebou en aval de sa confluence avec Oued Fes, *Larhyss Journal*, 8. pp101-112.

- 24. Dib I., (2009).** L'impact de l'activité agricole et urbaine sur la qualité des eaux souterraines de la plaine de Gadaine- Ain Yaghout (Est Algérien), Mémoire de magister en hydraulique, construction hydro-technique et environnement, faculté des sciences de l'ingénieur, département d'hydraulique, Université Hadj Lakhdar, Batna, 127 p.
- 25. Ghazali D.1, Zaid A. (2013).** Etude de la qualité physico-chimique et bacteriologique des eaux de la source Ain Salama\_ Jerriregion de Maknes-Maroc *Larhyss Journal*, 12.pp. 25-36.
- 26. Guerd H., Mesghouni A., (2007).** Performancede la stationde dessalement des eaux dans la région d'El-Oued. Mémoire de fin d'étude : Supérieures en Biologie : Université Kasdi Merbah-Ouargla, 67p
- 27. Gordalla, B Müller, M. B. & Frimmel F.H. (2007)** The physicochemical properties of water and their relevance for life, chapter1.2. In: Lozán, J. L., H. Grassl, P. Hupfer, L.Menzel & C.-D. Schönwiese. Global Change: Enough water for all? Wissenschaftliche Auswertungen, Hamburg,pp 26-32.
- 28. Handi T et Ouazar C (2017).** Caractérisation des sources de la région de Yakouren par des méthodes physico-chimique. Mémoire de master chimie de l'environnement facultés des sciences UMMTO.58p.
- 29. Ibri M et Taleb Y (2017).** Caractérisation et valorisation d'une eau de source de la région de Boghni. Suivi d'une étude comparative avec une eau minérale Lalla Khedidja. Master en agronomie Traitement et valorisation des ressources hydriques,faculté des sciences biologique et agronomiques.UMMTO, 66p.
- 30. Itache L. (2015).** Contribution à l'étude des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de trois sources d'eau de deux communes « Thala-Athman et Yakourene », Wilaya de Tizi-Ouzou. Mémoire de master en protection de l'environnement. Faculté des sciences biologiques et agronomiques. UMMTO, 75p.
- 31. Kambale. L, J (2013).**la pollution de l'eau : impact et perspective instituts supérieur technique, ISDR Goma, p33.
- 32. Kherifi W. et Bekiri F. (2017).** Les maladies à transmission hydrique en Algérie. *Journal Algérien des Régions Arides*, N° 14, pp : 74-83.
- 33. Kouidri née Belala Zohra (2006),** Etude et traitement de l'eau de barrage Djorf-Torba de la wilaya de Bechar par filtration sur sables , mémoire de magister Eau et environnement, Université Hassiba Benbouali Chelef, p128.
- 34. Lachassagne P., (2021).** Les eaux minérales naturelles. Encyclopédie de l'environnement. 9p.

- 35. Lassoued K., Touhami N (2008).** Contribution à l'étude de la qualité microbiologique de l'eau du barrage, Hammam Debagh. Mémoire diplôme d'ingénieur. Université 8 mai 45. Guelma. 20,21,44p.
- 36. Legube B. (2018)** .la production de l'eau potable, un enjeu de santé publique. encyclopidie de l'environnement .9p 5.2
- 37. Mehtab H., Muhammad M., Javed A., Arshad S., Nayab A., Sharon Z., Jaweria H., (2017).** Water pollution and human health. Environ Risk Assess Remediat. 1(3). pp 16-19.
- 38. Merah A. (2019).** Etude de la qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau des différentes sources (w. Mostaganem). Mémoire de Master en biologie. Spécialité : Microbiologie Fondamentale. 59p.
- 39. Mouchet P et Roustan M., (2016).** Caractéristiques et propriétés des eaux-eau pure, eaux naturelles. *Technique de l'ingénieur*. Edition T.I. 23p.
- 40. Mokeddem. K, Ouddane. S,** Qualité Physico-chimique Et Bactériologique De L'eau De Source Sidi Yaakoub (Mostaganem), Mémoire d'ingénieur institut de biologie – Mascara, 2005, pp 18-22.
- 41. Myrand D., (2008).** ing. M. Sc, GUIDE TECHNIQUE ; CAPTAGE D'EAU SOUTERRAINE POUR DES RÉSIDENCES ISOLÉES. Ministère Développement durable, Environnement et Parcs Québec, p67.
- 42. Naimi.M et Allaoua.O, (2017)** Contrôle de qualité microbiologique et physico-chimique de l'eau de source Chiffa, Mémoire Présenté pour obtenir le diplôme de Master science de la nature et de la vie, Université de Medea, faculté des Sciences,49p.
- 43. Nwabor O., Nnamnu E., Martins P., Ani ogonna Ch., (2016).** Water and Waterborne Diseases: A Review. IJTDH. 12(4). pp 1-14.
- 44. Ould hadda T. et Sadoudi Z. (2022).** Faunistique et évaluation de la qualité de l'eau par voie biologique, physicochimique et bactériologique de quelques sources de la Kabylie du Djurdjura. Master En Sciences de la Nature et de la Vie Faculté des sciences biologiques et agronomiques. UMMTO, 117p.
- 45. Ouhamouche C. et Zane N. (2021).** Evaluation des paramètres physicochimiques et microbiologiques des eaux de trois sources (Thianserine, Thala Bouada et Ait Naïm) dans la région de Tizi-Ouzou. Mémoire de master en protection de l'environnement faculté. UMMTO, 90p.
- 46. OMS., 2003 :** Directives de qualité pour l'eau de boisson. Volume 1, 3ème Edition, Genève, 110 p



- 47. Organisation mondiale de la santé. (2017).** Directive de qualité pour l'eau de boisson. Quatrième édition, 539p
- 48. Ramdane E et et Tiguercha M., (2015).** Étude des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'eau de source « Alma, Tamazirt Ourabah » de la commune de Mizrana, wilaya de Tizi-Ouzou. Mémoire de Master Faculté des Sciences Biologiques et Agronomiques Département Biochimie Microbiologie. Université Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou. 82 p.
- 49. Robert É., (2014).** Turbidité et risques dans le bassin versant de la Doubégué (Burkina Faso). *BAGF*. 91(3). pp 355-372.
- 50. Rodier J. (2005).** L'analyse de l'eau : L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mers. 8ème. Ed. Dunod. Paris. France.1381p
- 51. Rodier J., Legube B., Merlet N. et Brunet R. (2009).** L'analyse de l'eau. 9ème. Ed. Dunod. Paris. France, 1526 p.
- 52. Rostan M., (2014).** Eau : Données et statistiques. Techniques de l'ingénieur TE. Edition T.I. 14p
- 53. Samake H. (2002).** Thèse de doctorat analyse physico-chimique et bactériologique au L.N.S des eaux de consommation de la ville de Bamako durant la période 2000-2001 faculté de médecine. P 16.
- 54. Schriver-Mazzuoli L., (2012).** La gestion durable de l'eau. Ressources. Qualité. Organisation. Dunod. 256p.
- 55. Sedrati N., (2011).** Origines et caractéristiques physico-chimiques des eaux de la wilaya de Biskra-sud est Algérien, thèse de doctorat en géologie, Hydrogéologie, faculté des sciences de la terre, département de géologie, Université Badji Mokhtar-Annaba, 252p.
- 56. Service de l'Eau (SEVESC). (2013).** Qualité de l'eau potable en sortie de l'usine de traitement d'eau potable de Versailles et Saint Cloud, 11p.
- 57. Timmerman J., Buytaert W., Mishra A., Zandaryaa S., Connor R., Stewart B., Uhlenbrook S., Koncagül E., Webley N. et Amani A. (2020).** Changements climatiques, eau et développement durable rapport mondial des nations unies sur la mise en valeur des ressources en eau : l'eau et les changements climatiques. UNESCO, Paris, 243p.
- 58. Touhari F., (2015).** Etude de la qualité des eaux de la vallée du haut Cheliff. Thèse de doctorat Es-Science. Ecole nationale supérieure d'hydraulique. 177p.
- 59. Vilagines R., 2003 :** Eau, Environnement et Santé Publique. Introduction à l'hydrologie. 2ème édition, TEC & DOC, Paris, 198 p.

## Résumé

L'objectif de notre étude consiste à évaluer la potabilité de la source d'eau Adardar, située dans la commune de Bouzeguène, région de Tizi-Ouzou, en analysant les valeurs des paramètres physico-chimiques et bactériologiques sur deux périodes d'échantillonnage (été et hiver) de l'année 2023, et en comparaison avec les normes algériennes de potabilité. Nos résultats révèlent que l'eau analysée présente une minéralisation moyenne, avec une conductivité variante entre 256 et 261  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Les paramètres physico-chimiques étudiés sont conformes aux normes algériennes pour l'eau destinée à la consommation humaine. En ce qui concerne les paramètres de pollution organique, nous avons enregistré de faibles concentrations en matières organiques (de 0,08 à 0,4 mg/l) et aucune présence de pollution ammoniacale et nitrique. Les tests bactériologiques ont montré une absence totale des coliformes thermo tolérants et des streptocoques fécaux, ainsi qu'une présence de coliformes totaux de 11C/100 ml en été et 212C/100 ml en hiver. Bien que ces concentrations dépassent la norme (0/100 ml), ce qui peut indiquer une contamination par des matières fécales d'origine animale ou humaine, cela ne signifie pas que cette eau est dangereuse, car elle peut être désinfectée en utilisant une quantité de chlore adéquate. En conclusion, notre eau est considérée potable et propre à la consommation humaine, présentant une excellente qualité globale.

Mot clé : Source d'eau Adardar, échantillonnage, paramètres physicochimiques et bactériologiques, Bouzeguène, Tizi-Ouzou.

## Summary

The objective of our study is to assess the potability of the Adardar water source, located in the municipality of Bouzeguène, Tizi-Ouzou region, by analyzing its physico-chemical and bacteriological parameters values during two sampling periods (summer and winter) in the year 2023, in comparison with Algerian drinking water standards. Our results reveal that the analyzed water has a moderate mineralization, with conductivity values ranging between 256 and 261  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . The studied physico-chemical parameters comply with Algerian standards for water intended for human consumption. Regarding organic pollution parameters, we recorded low concentrations of organic matter (ranging from 0.08 to 0.4 mg/l) and no presence of ammoniacal and nitric pollution. Bacteriological tests showed a complete absence of thermo-tolerant coliforms and fecal streptococci, along with the presence of total coliforms ranging from 10/100 ml in summer to 212/100 ml in winter. Although these concentrations exceed the standard (0/100 ml), indicating possible contamination by fecal matter of animal or human origin, this does not mean that the water is dangerous, it can be disinfected by using an appropriate amount of chlorine. In conclusion, our water is considered potable and suitable for human consumption, demonstrating excellent overall quality.

Key words: Adardar water source, sampling, physicochemical and bacteriological parameters, Bouzeguene, Tizi-Ouzou.

## ملخص

هدف دراستنا هو تقييم قابلية مصدر المياه أدردار، الواقع في بلدية بوزقان، منطقة تيزي وزو، من خلال تحليل قيم معلوماتها الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية خلال فترتين لأخذ العينات (صيفًا وشتاءً) في عام 2023، مقارنة بمعايير مياه الشرب الجزائرية. نتأجنا تظهر أن المياه المحللة تحتوي على تعدين معتدل، مع قيم توصيل تتراوح بين 256 و 261 ميكروسيمنز/سم. المعلمات الفيزيائية والكيميائية المدروسة تتوافق مع المعايير الجزائرية للمياه المخصصة للاستهلاك البشري. فيما يتعلق بمعلمات التلوث العضوي، سجلنا تراكيز منخفضة للمواد العضوية (تتراوح بين 0.08 و 0.4 ملغ/لتر) وعدم وجود تلوث بالأمونيا والنيترات. اختبارات البكتيريا أظهرت عدم وجود تام للكوليفورم الحراري التحملي والعصوات القلوية، بالإضافة إلى وجود الكوليفورم الكلي في نسب تتراوح بين 100/10 مل في الصيف و 100/212 مل في الشتاء. على الرغم من تجاوز هذه التراكيز المعيار (0/100 مل)، مما قد يشير إلى تلوث ممكن بواسطة مواد قلوية من أصل حيواني أو بشري، إلا أن هذا لا يعني أن الماء خطير، حيث يمكن تطهيرها باستخدام كمية مناسبة من الكلور. في الختام، يعتبر ماءنا صالحًا للشرب مناسبًا للاستهلاك البشري، مما يظهر نوعية ممتازة بشكل عام.

الكلمات الرئيسية

مصدر مياه أدردار، اقتطاع، معلمات فيزيائية وكيميائية وبكتريولوجية، بوزقان، تيزي وزو