

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA**  
**RECHERCHESCIENTIFIQUE**



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



## **MÉMOIRE FIN DE CYCLE**

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

### **Thème**

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

Présenté par :

**M<sup>elle</sup> BOURREMA Razika**                      **et**                      **M<sup>elle</sup> BOZETINE Imane**

Devant les membres de jury composé de :

<b>Présidente :</b> Mme METNA F.	M.C.A	UMMTO
<b>Promoteur :</b> Mr MEZANI S.	M.C.A	UMMTO
<b>Examineur :</b> Mr BERRADJ O.	M.C.A	UMMTO

Année universitaire : 2022/2023

# *Remerciements*

*Nous remercions en premier lieu **ALLAH** le tout puissant pour toute la volonté, le courage et la chance qu'il nous a donné pour l'achèvement de ce mémoire.*

*Nous tenons à remercier tout particulièrement notre promoteur **Mr MEZANI S.** (Maitre de Conférences classe A à L'U.M.M.T.O), d'avoir accepté de nous encadrer et le soutien qu'il nous a apporté pour la réalisation de ce travail,*

*Nous tenons à remercier également la contribution de l'ensemble des membres de jury, la présidente **Mme METNA F.** (Maitre de Conférences classe A à L'U.M.M.T.O), et l'examineur **Mr BERRADJ O.** (Maitres de conférences classe A à l'U.M.M.T.O), qui ont accepté d'évaluer notre travail.*

*Un grand merci à **Mme LADJEL** chef de service du laboratoire de l'Algérienne des eaux unité de Boukhalfa de Tizi-Ouzou, de nous avoir bien accueilli, ainsi que toute l'équipe du laboratoire.*

*En fin, nous remercions toute personne ayant contribué à l'élaboration de ce travail.*

## *Dédicace*

*Au tout puissant Allah*

*Je dédie ce mémoire à toutes les personnes chères à mon cœur.*

*A mes très chers parents, avant tous et pour tous, que j'adore et je souhaite toujours les voir à mes côtés*

*A mon père et ma chère maman, que Dieu vous protège.*

*A mon frère Rayane et m'adorable petite sœur Lina  
A qui je souhaite un avenir radieux plein de réussite.*

*Mes dédicaces vont spécialement à mes adorables tantes et oncles, merci pour votre encouragement et votre soutien, spécialement mon oncle Slimane pour son soutien et ses douces paroles*

*A mes chères amies, en particulier : Celia, Naima, Licia, Wassila, Radia et Amina*

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

*A tous mes camarades de la promotion 2022 2023.*

*En fin, à tous ceux que j'aime et ceux qui m'aiment.*

*Razika*

## *Dédicace*

*Au tout puissant Allah*

*Je dédie ce modeste travail*

*À mes chers parents **Hamid et Yamina***

*Qui m'ont toujours encouragé, conseillé, guidé durant toutes mes années d'études. Que Dieux vous protège et que la réussite soit toujours à ma portée pour que je Puisse vous combler de bonheur.*

*À*

*Mes grands-mères : Fadhma et Tasadit*

*Mes sœurs surtout mes deux petites chères Lina et Eline que dieux vous protège et vous offre une vie pleine de joie et de réussite.*

*Mon cher frère: Omar que dieux te protège aussi et t'offre une vie pleine de joie de santé et de réussite.*

*Mes oncles ainsi mes tantes, spécialement ma chère tante Nacira et son époux Hamza pour leur encouragements dans les épreuves les plus terribles et ses judicieux conseils.*

*Tous mes cousins et cousines.*

*Tous mes chères amies spécialement Amina.*

*Sans oublier ma chère binôme,*

*Pour son entente et sa sympathie, pour son indéfectible soutien et sa patience infinie.*

*A tous mes amis et toute personne que j'ai aimée et respectée, à tous les étudiants de la deuxième année master Ecologie Animale.*

***Imane***

**ADE** : Algérienne Des Eaux.

**AgNO<sub>3</sub>** : Nitrate d'argent.

**Ca CO<sub>3</sub>** : carbonate de calcium.

**E. Coli** : Escherichia coli

**EDTA** : Acide Ethylene Diamine Tetraacétique.

**HCO<sup>3-</sup>**: Bicarbonate.

**K<sub>2</sub> Cr O<sub>4</sub>** : Chromate de potassium.

**KCl** : Chlorure de Potassium.

**KMnO<sub>4</sub>** : Permanganate de potassium.

**LNA** : limite norme algérienne.

**MES** : Matières en Suspension.

**MO** : Matière organique.

**Na Cl** : Chlorure de sodium.

**Na OH** : Hydroxyde de sodium.

**NTU** : Unité de turbidité Néphélométrique.

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

**pH** : Potentiel d'Hydrogène.

**TA** : Titre Alcalimétrique.

**TAC** : Titre Alcalimétrique Complet.

**TSD** : Total des solides dissous.

**UV** : Ultra Violet.

## Liste des figures

---

Figure 01: Source d'eau Boudjafar (Photographie originelle, 2023). .....	24
Figure 02 : Localisation géographique de la source Boudjafar (Google Earth, 2023). .....	25
Figure 03 : Végétation qui entoure la source Boudjafar (photographie originelle, 2023). .....	26
Figure 04: Echantillon du sol (Photographie originelle, 2023). .....	28
Figure 05 : Flacons utilisés pour le prélèvement (Photographie originelle, 2023). .....	29
Figure 06: Autoclave utilisé pour la stérilisation des flacons (Photographie originale, 2023). .....	31
Figure 07 : Conductimètre (photographie originelle, 2023). .....	31
Figure 08 : PH mètre (photographie originelle, 2023). .....	32
Figure 09 : Conductimètre (photographie originelle, 2023). .....	32
Figure 10 : Dosage de la dureté totale (photographie originelle, 2023). .....	33
Figure 11 : Dosage volumétrique du calcium totale (photographie originelle, 2023). .....	34
Figure 12 : Spectrophotomètre à flamme (Photographie originelle, 2023). .....	35
Figure 13 : Dosage de l'alcalinité (photographie originelle, 2023). .....	35
Figure 14 : Dosage des chlorures (photographie originelle, 2023). .....	36
Figure 15 : Dosage d'ammonium (Photographie originelle, 2023). .....	36
Figure 16 : Dosage des Nitrates (photographie originelle, 2023). .....	37
Figure 17: Dosage des phosphates (Photographie originelle, 2023). .....	37
Figure 18: Dosage de la MO (Photographie originelle, 2023). .....	38
Figure 19 : Dosage du fer (Photographie originelle, 2023). .....	39
Figure 20 : Dénombrement des coliformes et <i>Escherichia coli</i> par la méthode solide (Photographie originelle, 2023). .....	40
Figure 21 : Confirmation des coliformes fécaux sur disque d'oxydase (Photographie originelle, 2023). .....	41
Figure 22 : Confirmation des streptocoques sur un milieu BEA (Photographie originelle, 2023). .....	43
Figure 23: Variation de la température entre les deux saisons hiver et été de la source Boudjafar pour l'année 2023. ....	44
Figure 24: Variation de pH entre les deux saisons (hiver et été) de la source Boudjafar pour l'année 2023. ....	44
Figure 25: Variation de la conductivité entre les deux saisons (hiver et été) de la source Boudjafar pour l'année 2023. ....	45

## Liste des figures

---

Figure 26: Variation de TAC entre les deux saisons (hiver et été) de la source Boudjafar pour l'année 2023.....	46
Figure 27: Variation de la dureté totale entre les deux saisons (hiver et été) de la source Boudjafar pour l'année 2023.....	47
Figure 28: Variation du calcium entre les deux saisons (hiver et été) de la source Boudjafar pour l'année 2023.....	48
Figure 29: Variation du magnésium entre les deux saisons (hiver et été) de la source Boudjafar pour l'année 2023.....	49
Figure 30: Variation du sodium entre les deux saisons (hiver et été) de la source Boudjafar pour l'année 2023. ....	49
Figure31: Variation du potassium entre les deux saisons (hiver et été) de la source Boudjafar pour l'année 2023. ....	50
Figure 32: Variation de TA entre les deux saisons (hiver et été) de la source Boudjafar pour l'année 2023.....	51
Figure33: Variation des chlorures entre les deux saisons (hiver et été) de la source Boudjafar pour l'année 2023.....	52
Figure34: Variation d'ammonium entre les deux saisons (hiver et été) de la source Boudjafar pour l'année 2023. ....	53
Figure 35: Variation de nitrate entre le deux saisons (hiver et été) de la source Boudjafar pour l'année 2023. ....	54
Figure 36: Variation du phosphore entre les deux saisons (hiver et été) de la source Boudjafar pour l'année 2023.....	55
Figure 37: Variation de M.O entre les deux saisons (hiver et été) de la source Boudjafar pour l'année 2023.....	56
Figure 38: Variation du fer total entre les deux saisons (hiver et été) de la source Boudjafar pour l'année 2023. ....	57

## Liste des tableaux

---

Tableau 01 : Classification des eaux selon leur pH (Dégremont, 2005) .....	13
Tableau 02 : Minéralisation des eaux en fonction de la conductivité (Rodier et al., 2009) .....	13
Tableau 03 : Classes de turbidité de l'eau (Rodier et al., 2009).....	14
Tableau 04 : Potabilité d'une eau en fonction des résidus secs (Rodier et al., 2009).....	15
Tableau 05: Rapport entre les solides dissous et la sapidité de l'eau (CHADEN, 2014).....	15
Tableau 06 : Classification des eaux en fonction de la dureté totale (Rodier et al., 2009). ....	16
Tableau 07: Matériel et méthodes utilisés pour les différents paramètres physico-chimiques.	30
Tableau 08 : Résultats des analyses bactériologiques de l'eau la source Boudjafar pour les deux périodes, février et juillet 2023. ....	57

# *Sommaire*

<b>Introduction générale .....</b>	<b>1</b>
<b>Chapitre I : Généralités sur l'eau</b>	
<b>1. Introduction.....</b>	<b>3</b>
<b>2. Définition d'une eau naturelle .....</b>	<b>3</b>
<b>3. Propriétés de l'eau .....</b>	<b>3</b>
3.1. Propriétés physiques .....	3
3.2. Propriétés chimiques .....	4
3.3. Propriétés biologiques.....	4
<b>4. Cycle de l'eau.....</b>	<b>4</b>
<b>5. Différents types d'eau .....</b>	<b>5</b>
5.1. Eaux de surfaces .....	5
5.2. Eaux souterraines .....	5
5.3. Eaux destinées à la consommation humaine.....	5
5.4. Eau potable.....	6
5.5. Eaux de sources.....	6
<b>6. Pollution de l'eau.....</b>	<b>8</b>
6.1. Définition .....	8
6.2. Origine de la pollution .....	8
6.3. Principaux polluants des eaux.....	8
<b>7. Maladies à transmission hydriques .....</b>	<b>10</b>
<b>8. Législation de l'eau .....</b>	<b>11</b>
<b>9. Paramètres et qualité d'une eau potable .....</b>	<b>11</b>
9.1. Paramètres Organoleptiques .....	11
9.2. Paramètres Physico-chimiques .....	12
9.3. Paramètres de Minéralisation.....	15
9.4. Paramètres de Pollution .....	18
9.5. Paramètres Indésirables .....	19
9.6. Paramètres de Toxicité.....	19
9.7. Paramètres bactériologiques .....	20

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

<b>1. Présentation de la zone d'étude .....</b>	<b>24</b>
1.1 Situation géographique de la source d'eau Boudjafar .....	24
1.2 Climat.....	25
1.3 Couvert végétal .....	25
1.4 sol.....	26
<b>2. Méthodes de prélèvement .....</b>	<b>27</b>
2.1. Prélèvement et échantillonnage .....	27
2.1.2. Prélèvement pour analyse physico-chimique.....	28
2.1.3. Prélèvement pour analyse bactériologique .....	29
<b>3. Analyse physico-chimique</b>	
<b>3.1. Paramètres physicochimiques.....</b>	<b>31</b>
3.1.1. Température .....	31
3.1.2. Potentiel d'hydrogène (pH).....	31
3.1.3. Conductivité électrique .....	32
<b>3.2. Paramètres de minéralisation globale.....</b>	<b>32</b>
3.2.1. Dureté .....	32
3.2.2. Calcium et Magnésium .....	33
3.2.3. Sodium et Potassium.....	33
3.2.4. Détermination d Alcalinité.....	34
3.2.5. Chlorures.....	35
<b>3.3. Paramètres de pollution .....</b>	<b>35</b>
3.3.1. Ammonium .....	35
3.3.2. Nitrates .....	36
3.3.3. Phosphate .....	36
3.3.4. Matière organique .....	37
<b>3.4. Paramètres indésirables .....</b>	<b>38</b>
3.4.1. Fer .....	38

<b>4. Analyse bactériologique.....</b>	<b>38</b>
4.1. Méthode par filtration sur membrane en milieu solide.....	38
4.1.1. Dénombrement des coliformes et coliformes thermo tolérants ( <i>Escherichia. coli</i> ) .....	38
4.1.2. Dénombrement des streptocoques .....	40
<b>Chapitre III : Résultats et discussion</b>	
<b>1. Résultats des analyses organoleptiques.....</b>	<b>42</b>
1.1. Couleur.....	42
<b>2. Résultats des analyses physicochimiques.....</b>	<b>42</b>
2.1. Température .....	42
2.2. PH .....	43
2.3. Conductivité.....	44
<b>3. Résultats des analyses de minéralisation globale .....</b>	<b>45</b>
3.1. Dureté totale (TH).....	46
3.2. Dureté calcique (Calcium $Ca^{2+}$ ).....	47
3.3. Dureté magnésienne ( $Mg^{2+}$ ).....	47
3.4. Sodium ( $Na^{+}$ ) .....	48
3.5. Potassium ( $K^{+}$ ).....	49
3.6. Chlorures ( $Cl^{-}$ ) .....	50
3.6. Titre alcalimétrique(TA).....	51
3.7. Titre alcalimétrique complet (TAC) .....	52
<b>4. Résultats des paramètres de pollution .....</b>	<b>52</b>
4.1. Ammonium ( $NH_4^{+}$ ).....	53
4.2. Nitrates ( $NO_3^{-}$ ) .....	54
4.3. Phosphore.....	54
4.4. Matière organique .....	55
<b>5. Résultats des paramètres indésirables .....</b>	<b>56</b>
5.1. Fer total .....	56

## Table des matières

---

<b>6. Résultats des analyses bactériologiques .....</b>	<b>56</b>
6.1. Coliformes totaux.....	58
6.2. Coliformes thermo tolérants ( <b>E.coli</b> ) .....	58
6.3. Entérocoques intestinaux ou streptocoques fécaux.....	59

# *Introduction*

L'eau est une ressource naturelle autour de laquelle se maintient et se développe la vie, cependant l'accroissement de la demande en eau au fil des années, et les risques de pollution et autres formes d'agressions, mettent cette source en péril et constituent une menace à la qualité de nos réserves d'eau.

L'eau fait l'objet d'une surveillance attentive à travers le monde son importance pour la préservation de la santé publique détermine de vastes programmes de surveillance tant à l'échelle national qu'au plan international.

La surveillance de la conformité de l'état des sources, des installations hydrauliques, des réseaux de distribution et de la qualité de l'eau est une activité fondamentale de prévention, elle est d'un intérêt primordial et stratégique pour la préservation de l'état de santé de la population

En Algérie, les sources d'eau potable sont soit d'origine souterraines soit de surface, la plupart des algériens consomment de l'eau potable qui provient généralement des eaux de surface que l'on peut stocker dans des barrages et après les traitée dans des stations de traitement pour fournir une eau qui respecte les normes algériennes de potabilité (Kahoul et Touhami, 2014) ; Ouahchia et al., 2015).

La kabylie est bien connue par ses ressources en eau en particulier les rivières et les sources d'eau. Les eaux souterraines provenant des aquifères constituent une importante ressource en eau potable, qui est toutefois particulièrement vulnérable à la contamination. Aussi, au cours du siècle dernier, les activités humaines ont eu un impact significatif sur les eaux de surface et souterraines, entraînant le rejet de plusieurs types de polluants (DIARY et al,2019).

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

L'objectif de cette étude est d'apprécier la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source Boudjafar située dans la commune de Bouzeguène de la région de Tizi-Ouzou en vue de sa potabilité, en se basant sur la réglementation algérienne en vigueur pour

les eaux potables, sachant que cette eau est consommée par la majorité de la population de cette commune et ses environs et considérée comme eau « potable ».

Notre travail est scindé en trois chapitres ;

Le premier est consacré à des généralités sur les eaux naturelles. Le second chapitre présente les différents matériels et méthodes d'analyses adoptées aux paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'eau analysée. Le troisième chapitre sera consacré aux résultats obtenus ainsi que leur discussion. Notre travail sera finalisé par une conclusion et perspectives.

*Premier chapitre*

*Généralités*

*sur*

*l'eau*

## **41. Introduction**

L'eau est le principal agent d'érosion et sédimentation et donc un facteur déterminant de la formation des paysages, elle est indispensable à la vie. Le caractère banal de l'eau qui nous environne, fait parfois oublier que ce liquide qui nous est si familier s'avère en réalité par ses propriétés si particulières à la fois le fluide le plus indispensable à la vie et celui dont la complexité est la plus remarquable (Boeglin, 2001).

## **2. Définition d'une eau**

Eau : nom féminin. En latin « aqua » qui est à l'origine du mot aquatique et en grec « hydro » qui donne les mots : hydrique et hydrologie. L'eau est un composé chimique ubiquitaire, incolore, inodore 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 élément essentiel pour de multiples usages (Bernard, 2007).

## **3. Propriétés de l'eau**

Sur la terre, l'eau existe dans les trois états phases : liquide (eau proprement dite), solide (glace) et gazeux (vapeur d'eau). Ces trois phases coexistent dans la nature, toujours observables deux à deux, et plus ou moins en équilibre : eau- glace, eau- vapeur, glace-vapeur selon les conditions de température et de pression (Algéo, 1997).

### **3.1. Propriétés physiques**

L'eau est, par ses propriétés électriques, sa constitution moléculaire et sa polarité, un bon solvant pour les gaz, les composés organiques en particulier les sels minéraux, elle peut dissoudre et conserver tous les processus métaboliques. 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 ce 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 (Hammoudi et Chegrani, 2022).

### **3.2. Propriétés chimiques**

L'énergie de formation de la molécule d'eau (242 kJ/mol) est élevée. Il s'ensuit que l'eau possède une grande stabilité. Cette stabilité, associée aux propriétés électriques et à la constitution moléculaire de l'eau, la rend particulièrement apte à la mise en solution de nombreux corps gazeux, liquides polaires, et surtout solide. La plupart des substances minérales peuvent se dissoudre dans l'eau, ainsi qu'un grand nombre de gaz et de produits organiques.

### **3.3. Propriétés biologiques**

L'eau, l'oxygène et le dioxyde de carbone contribuent à créer des conditions favorables au développement des êtres vivants (Dajoz, 1982). Il existe un cycle biologique, cycle au cours duquel s'effectue une série d'échanges; l'eau entre pour une grande part dans la constitution des êtres vivants.

## **4. Cycle de l'eau**

De toutes les planètes du système solaire, la terre est la seule à être pourvue d'une hydrosphère, celle-ci recouvre plus de 70% de sa superficie (Algéo 1997). Malgré cette abondance, seulement 1% est disponible pour les besoins de l'humanité, car la majorité de l'eau disponible est salée, ou encore non-potable (Duval 1971).

Schématiquement, l'eau évolue entre trois secteurs : les océans (l'hydrosphère), l'atmosphère et les sols (lithosphère). La terre recevant l'énergie solaire, l'hydrosphère chauffée s'évapore, conduisant à la présence d'eau dans l'atmosphère. Cette eau, suite à un refroidissement de l'air, se condense en gouttes ou cristaux de glace et se retrouve précipitée sous forme de pluie, neige ou grêle sur la lithosphère à la surface. Le fonctionnement de ce système conduit à définir différents types d'eau, d'usage et de composition différents (Boeglin, 2001).

## **5. Différents types d'eau**

Les réserves disponibles d'eaux naturelles sont constituées des eaux souterraines (infiltration, nappes), des eaux de surface stagnantes (lacs, retenues de barrage) ou en écoulement (rivières, fleuves) et des eaux de mer (Dégremont, 2005).

### **5.1. Eaux de surfaces**

Par opposition aux eaux souterraines, l'eau de surface est l'eau qui se trouve à la surface ou proche de la surface du sol. Dans une zone donnée, il s'agit pour l'essentiel des cours d'eau, des océans, des lacs et des eaux de ruissellement qui s'y trouvent. Sa température varie en fonction du climat et des saisons. Ces matières en suspension sont variables selon la pluviométrie, la nature et le relief des terres à son voisinage. Sa composition en sels minéraux est variable en fonction du terrain, de la pluviométrie et des rejets. Une eau de surface est ordinairement riche en oxygène et pauvre en dioxyde de carbone (Dégremont, 2005).

### **5.2. Eaux souterraines**

Les eaux souterraines sont toutes les eaux se trouvant sous la surface du sol, dans la zone de saturation et en contact direct avec le sol ou le sous-sol et se caractérisent par une turbidité faible ou leurs eaux bénéficient de filtration naturelle importante. Comme elles se caractérisent par une contamination bactérienne faible, car elle est habituellement à l'abri des sources de pollution. Par conséquent la dureté est souvent élevée. Les eaux souterraines peuvent être en contact avec des formations rocheuses contenant des métaux bivalents comme le calcium ou magnésium. En plus, dans les eaux souterraines, le fer et le magnésium présentent une concentration élevée (Dégremont 2005).

### **5.3. Eaux destinées à la consommation humaine**

La Directive de l'union européenne (2000), dans son article 2, définit les eaux destinées à la consommation humaine comme toutes les eaux à l'état naturel ou après traitement, destinées à la boisson, cuisson, préparation d'aliments ou à d'autres usages domestiques ; ainsi que toutes les eaux utilisées dans les entreprises du secteur alimentaire pour la fabrication, la transformation, la conservation ou la commercialisation de produits ou de substances destinés à la consommation humaine.

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

## **5.4. Eau potable**

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

L'eau potable doit répondre à un certain nombre de normes physico-chimiques 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).

### **5.4.1. Normes de potabilité**

Les normes de potabilités d'une eau sont fixées selon le code algérien des eaux et selon l'OMS. D'après le code algérien des eaux du 16/07/1983 dans son article 57 chapitre 1, une eau est dite potable lorsqu'elle n'est pas susceptible de porter atteinte à la santé du consommateur, elle ne doit pas contenir de substances chimiques en quantité nuisible à la santé publique ni de germes pathogènes. Elle doit être inodore, incolore et agréable à boire.

En général on adopte les normes de l'O.M.S, ces normes sont assez tolérantes vis-à-vis de certains critères. Les plus utilisés sont les critères physico-chimiques et les critères toxicologiques. Il importe à chaque pays, d'établir sa propre législation, en fonction des critères locaux et du degré de son développement. Les standards référence dans ce domaine différent donc, selon les époques et les pays.

## **5.5. Eaux de sources**

Selon le décret exécutif N°04-195 du 15 juillet 2004, une eau de source est une eau d'origine exclusivement souterraine apte à la consommation humaine, microbiologiquement saine et protégée contre les risques de pollution, sans traitement ni adjonction, contrairement à l'eau minérale, sa composition n'est pas stable. Cette eau doit respecter dans son état naturel les caractéristiques de qualité microbiologique des eaux minérales et de qualité physico-chimique des eaux potables, elle est principalement rencontrée dans les régions montagneuses (Bouziani, 2000).

### **5.5.1. Types de source**

#### **5.5.1.1. Sources d'affleurement**

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

#### **5.5.1.2. Sources d'émergence (artésiennes)**

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

#### **5.5.1.3. Sources de déversement**

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

### **5.5.2. Traitement de l'eau de source**

La gestion de la ressource en eau intègre dans la gestion préventive de la qualité de l'eau potable. La prévention de la contamination microbiologique et chimique de l'eau de source est le principal obstacle à la contamination de l'eau potable préoccupante pour la santé publique. En général, l'eau de source est naturellement propre, les seules méthodes de traitement autorisées, dans le cas d'une contamination, pour éliminer les éléments indésirables sont :

#### **5.5.2.1. Filtration**

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

#### **5.5.2.2. Désinfection**

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

#### **5.5.2.3. Décantation**

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

#### **5.5.2.4. Aération**

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

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

#### **6.1. Définition**

La pollution de l'eau est l'ensemble des modifications de la qualité de l'eau par les matières organiques et les microorganismes provenant des activités humaines. La pollution engendrée peut être d'ordre physique (radioactivité, élévation de la température...), chimique (rejets agricoles, industriels et urbains) et microbiologique (rejets urbains, élevage...). Pour mieux évaluer la pollution, il existe des paramètres qui permettent d'estimer l'ampleur de celle-ci en fonction de son type (Chaden, 2014).

#### **6.2. Origine de la pollution**

Suivant l'origine des substances polluantes, on distinguera :

##### **6.2.1. Pollution domestique**

Provenant des habitations, elle est en général véhiculée par le réseau d'assainissement jusqu'à la station d'épuration (Gaujous, 1993). Nos eaux usées urbaines sont constituées de matière organique biodégradable certes mais de grandes consommatrices d'oxygène, de germes pathogènes et de produits chimiques (Dégremont, 1989).

##### **6.2.2. Pollution industrielle**

Les activités industrielles rejettent un bon nombre de substances qui vont polluer nos rivières et nos nappes, parfois d'une manière intensive que l'on n'en connaît pas les effets à long terme (Boeglin, 2001). Provenant des usines, elle est caractérisée par une grande diversité, suivant l'utilisation de l'eau : tous les produits ou sous-produits de l'activité humaine se retrouvent ainsi dans l'eau qui est un bon solvant (matières organiques et graisses, hydrocarbures et métaux) (Gaujous, 1993).

### **6.2.3. Pollution agricole**

Provenant des fermes ou des cultures, elle se caractérise par de fortes teneurs en sels minéraux (N, P, K) provenant des engrais, des purins et lisiers (élevage) (Gaujous, 1993).

La pollution agricole utilise des engrais chimiques azotés et phosphorés, des produits phytosanitaires destinés à protéger les cultures, ces produits parfois toxiques lorsqu'ils sont utilisés en excès vont contaminer en période de pluie les eaux de surface et les eaux souterraines par infiltration (Djemmal., 2009).

### **6.2.4. Pollution d'origine naturelle**

Certaines substances naturellement présentes dans l'environnement entraînent parfois des problèmes de contamination de l'eau potable. Des composés inorganiques comme le baryum, l'arsenic, les fluorures, le sodium, les chlorures, le mercure, le cadmium et les cyanures peuvent contaminer l'eau potable. L'eau souterraines particulièrement vulnérable lorsqu'il y a présence de métaux dans les formations géologiques environnantes (Djemmal, 2009).

## **6.3. Principaux polluants des eaux naturelles**

### **6.3.1. Pesticides**

Les pesticides ce sont les produits de lutte contre les parasites des cultures et des animaux, leur accumulation dans le sol peut être entraînée dans les eaux par les précipitations (Guillemin et Roux, 1992).

### **6.3.2. Matières organiques**

La première cause de la pollution des ressources en eaux. Ces matières organiques (déjection animales et humaines, graisses...) sont notamment issues des effluents domestiques, mais également des rejets industriels (industries agro-alimentaire, en particulier) (Hugo, 2007).

### **6.3.3. Métaux lourds**

Selon RAMADE(2000), les métaux lourds est un terme désignant l'ensemble des métaux toxiques de forte masse atomique. Connus pour leur toxicité, certains éléments métalliques, comme Cu, Zn, Co, Ni, C, Sn, présents à l'état de traces, sont essentiels et indispensables pour les organismes mais en quantités minimes (Sigg et *al.*, 2006).

#### 6.3.4. Fertilisant

Les engrais chimiques sont propagés dans les sols afin de développer les rendements de végétaux cultivés. Parmi les éléments principaux aux développements des plantes, nous avons l'azote, le phosphore, le potassium et dans une moindre mesure le soufre, le calcium, le magnésium et d'autres oligoéléments. L'usage continu de ces produits contamine donc les eaux superficielles et même les nappes phréatiques (Conrad et *al.*, 1999).

#### 6.3.5. Matières en suspension (MES)

Les matières en suspension rencontrées dans les eaux (essentiellement superficielles) sont très diverses tant par leur nature que leur dimension. Elles sont constituées de quartz, d'argiles, de sels minéraux insolubles, de particules organiques composées de microorganismes, et de produits de dégradation animaux ou végétaux (Doré, 1989), selon leur dimension : les états dispersés que l'on peut diviser en suspension et état colloïdal, se distinguent de l'état dissout, notamment par les dimensions particulières.

### 7. Maladies à transmission hydriques

L'eau constitue un facteur principal contribuant au développement des maladies à transmission hydrique provoquant des fléaux sanitaires dans le monde en développement. Les services de santé identifient cinq catégories de maladies d'origine hydrique sont identifiées par les services de santé (Belhadj, 2017) :

- ✓ maladies transmises par l'eau (typhoïde, choléra, dysenterie, gastroentérite et hépatite infectieuse) ;
- ✓ infections de la peau et des yeux (trachome, gale, lèpre, conjonctivite et ulcères) ;
- ✓ parasitoses (bilharziose et dracunculose) ;
- ✓ maladies dues à des insectes vecteurs comme les moustiques et les mouches ;
- ✓ infections dues au manque d'hygiène.

### 8. Législation de l'eau

L'organisation mondiale de la santé en tant qu'autorité internationale pour la santé publique et la qualité de l'eau, dirige des efforts mondiaux pour prévenir les maladies et les conséquences liées à la mauvaise gestion de l'eau et conseille les gouvernements en matière de réglementation et lois pour la préservation de cette ressource.

Dans le cadre du développement durable, l'Algérie s'est intéressée ces dernières années aux problèmes des eaux ainsi que leurs contaminations afin d'assurer une meilleure

protection et une rassurante gestion des ressources hydriques. Dans ce but, l'Algérie a établie des lois, des décrets, ordonnances et arrêtés.

L'article 19 de la nouvelle constitution Algérienne de 2016 traite l'utilisation rationnelle et la conservation des ressources naturelles au profit des générations futures.

La loi n° 05-12 relative à l'eau du 4 août 2005 met en place des outils stratégiques de gestion intégrée des ressources en eau dans le cadre du développement durable et de la gestion des risques pour assurer la sécurité de l'approvisionnement en eau potable en contrôlant la concentration des ingrédients dangereux. Cette loi décrit le processus de réforme en termes de politique nationale visant l'équité et l'universalité de l'accès à l'eau, la conservation qualitative et quantitative des ressources et la gestion rationnelle et économique planifiée à l'échelle du bassin versant. Sont jointes à celles-ci, 43 demandes de budgets et de crédits, d'agences d'exploitation et de personnel qualifié pour mobiliser, répartir et protéger au mieux les ressources en eau du pays (R.N.V.A, 2019).

## **9. Paramètres et qualité d'une eau potable**

### **9.1. Paramètres Organoleptiques**

Paramètres qui permettent d'apprécier la qualité d'une eau par l'utilisation de nos sens (le goût, l'odorat, la vue). Ce sont des paramètres qui sont liés au plaisir du consommateur, mais également relié à la qualité hygiénique de l'eau. Ces critères n'ont pas de valeurs sanitaires directes, une eau peut être trouble, colorée, et être parfaitement consommable d'un point de vue sanitaire (Dégremont, 2005).

#### **9.1.1. Couleur**

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. Elle 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).

#### **9.1.2. Odeur**

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

### 9.1.3. Goût

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

### 9.1.4. Saveur

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

## 9.2. Paramètres Physico-chimiques

Les paramètres physico-chimiques résultent d'introduction dans un milieu des substances conduisant à son altération, se traduisant généralement par des modifications des caractéristiques physico-chimiques du milieu récepteur. La mesure de ces paramètres se fait au niveau des rejets, à l'entrée et à la sortie des usines de traitement et dans les milieux naturels (Metahri, 2012).

### 9.2.1. Température

La température est un facteur écologique important des milieux aqueux. Son élévation peut perturber fortement la vie aquatique (pollution thermique). Elle joue un rôle important dans la nitrification et la dénitrification biologique. La nitrification est optimale pour des températures variant de 28 à 32 °C par contre, elle est fortement diminuée pour des températures variant de 12 à 15 °C et elle s'arrête pour des températures inférieurs à 5°C (Rodier, 2005). Elle a des effets sur la solubilité des sels et surtout des gaz, et aussi sur le pH et la détermination de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels (Rodier *et al.*, 2005).

### 9.2.2. Potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH d'une eau (tableau 01) est dû à la concentration de cette eau en ions H<sup>+</sup> ou OH<sup>-</sup> une eau équilibrée aura un pH neutre de « 7 ». Des variations trop élevées du pH par rapport à cette valeur moyenne de 7 constitue une pollution. Des eaux dont le pH présente de grands écarts par rapport à la neutralité sont polluées (**Bouziati, 2000**).

**Tableau 01 : Classification des eaux selon leur pH** (Dégremont, 2005)

pH	Classe	Remarque
pH < 5	Acidité forte	Présence d'acides minéraux ou organiques
pH = 7	pH neutre	-
7 < pH < 8	Neutralité approchée	majorité des eaux de surface
5,5 < pH < 8	-	Majorité des eaux souterraines
pH = 8	Alcalinité forte,	évaporation intense

### 9.2.3. Conductivité électrique

La conductivité électrique est une mesure de la capacité de l'eau à conduire un courant électrique. Puisque ce dernier est conduit par le mouvement des ions en solution, la conductivité augmente lorsque la concentration des ions augmente. Les ions responsables de la conductivité électrique sont le calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ), le magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ), le sodium ( $\text{Na}^+$ ), le potassium ( $\text{K}^+$ ), le bicarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ ), le sulfate ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) et le chlorure ( $\text{Cl}^-$ ). La conductivité de l'eau la plus pure que l'on ait obtenue est de 4,2 micro-siemens par mètre (Dégremont, 2005). La conductivité électrique renseigne sur le degré de minéralisation d'une eau (Rodier et al., 2009) ont établi une classification de la conductivité électrique de l'eau portée dans le tableau (02).

**Tableau 02 : Minéralisation des eaux en fonction de la conductivité** (Rodier et al., 2009).

Conductivité en $\mu\text{ S/cm}$	Minéralisation
< 100	Eau de minéralisation très faible
Entre 100 et 200	Eau de minéralisation faible
Entre 200 et 400	Eau de minéralisation peu accentuée
Entre 400 et 600	Eau de minéralisation moyenne
Entre 600 et 1000	Eau de minéralisation importante
> 1000	Eau de minéralisation excessive

### 9.2.4. Turbidité

La turbidité d'une eau est due à la présence de particules en suspension notamment colloïdales (tableau 03) de l'argile, les limons, les grains de silice, les matières organiques...). L'appréciation de l'abondance de ces particules mesure son degré de turbidité.

La turbidité peut être évaluée par un certain nombre de méthodes qui sont pratiquées suivant les nécessités sur le terrain ou au laboratoire (Rodier et *al.*, 2009).

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

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

### 9.2.5. Salinité

La salinité est la masse de sels (composés ioniques) dissous dans 1l d'eau. Elle s'exprime en (g/ kg d'eau). Un composé ionique ou solide ionique cristallin est constitué de cations (Ions chargés positivement) et d'anion (ion chargés négativement) régulièrement disposés dans l'espace. Globalement, un cristal ionique est électriquement neutre. Chaque solide ionique cristallin possède une formule statistique qui indique la nature et la proportion des ions présents sans en mentionner (Gaujous, 1985).

### 9.2.6. L'oxygène dissous

L'oxygène est l'un des paramètres particulièrement utile pour l'eau et constitue un excellent indicateur de sa qualité. C'est un des paramètres les plus sensibles à la pollution. Sa valeur nous renseigne sur le degré de pollution et par conséquent sur le degré de l'autoépuration d'un cours d'eau (Kahoul et Touhami, 2014).

### 9.2.7. Résidu Sec (RS)

Le résidu sec donne une information sur la teneur en substances dissoutes non volatiles (le taux des éléments minéraux). Suivant le domaine d'origine de l'eau cette teneur peut varier de moins de 100 mg/l (eaux provenant de massifs cristallins) à plus de 1000 mg/l (tableau 04) (Khelili et Lazali, 2015).

**Tableau 04 : Potabilité d'une eau en fonction des résidus secs** (Rodier et *al.*, 2009).

Résidu sec (mg/l)	Potabilité
RS < 500	Bonne
500 < RS < 1000	Passable
3000 < RS < 4000	Mauvaise

## 2.8. Total des solides dissous (TSD)

Le TSD désigne la concentration des substances dissoutes dans l'eau. Il est composé essentiellement de sels inorganiques, de quelques matières organiques qui proviennent des activités humaines et de certaines sources naturelles (Chaden, 2014).

Le tableau 05 exprime le rapport entre les solides dissous et la sapidité de l'eau.

**Tableau 05: Rapport entre les solides dissous et la sapidité de l'eau** (Chaden, 2014).

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

## 9.2.9. Matière en suspension (MES)

Ce sont les matières non dissoutes contenues dans l'eau. Exprimées en (mg/L). Elles comportent à la fois des éléments minéraux (MMS) et organiques (MVS). Elles constituent un paramètre important qui marque bien le degré de pollution d'un effluent urbain ou même industriel (Metahri, 2012).

## 9.3. Paramètres de Minéralisation

### 9.3.1. Cations

#### 9.3.1.1. Dureté ou titre hydrotimétrique (TH)

La dureté ou titre hydrométrique d'une eau correspond à la somme des concentrations en cations métalliques à l'exception de ceux des métaux et alcalins et de l'ion hydrogène. Dans la plupart des cas, il s'agit du magnésium auquel s'ajoutent, quelques fois, les ions de fer, d'aluminium, de manganèse et de strontium (tableau 06) (Rodier et al., 2009).

**Tableau 06 : Classification des eaux en fonction de la dureté totale** (Rodier et al., 2009).

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

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

Le calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaire sous forme de carbonates. Est un composant majeur de la dureté totale de l'eau, le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables. Il existe surtout à l'état d'hydrogénocarbonates et en quantité moindre, sous forme de sulfates, chlorure etc. les eaux de bonne qualité renferment de 250 à 350 mg/l les eaux qui dépassent les 500 mg/l présente de sérieux inconvénient pour les usages domestique et pour l'alimentation des chaudières (Khelili et Lazali, 2015).

### 9.3.1.3. Magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ )

Le magnésium est un élément très répandu dans la nature, on le trouve dans de nombreux minéraux et dans les calcaires, il constitue un élément significatif de la dureté de l'eau et donne un gout désagréable (Rodier, 2005).

La concentration du magnésium est en relation directe avec la nature géologique des terrains traversés. Sa variation dans les eaux souterraines est due à l'influence des formations carbonates telles que les calcaires, les argiles et les marnes qui sont riche en  $\text{Mg}^{2+}$  (Potelon et Zysman, 1998).

### 9.3.1.4. Sodium ( $\text{Na}^+$ )

Les sels de sodium (tel que le chlorure de sodium) se trouvent généralement dans tous les aliments (principales sources d'exposition) et dans l'eau de boisson. Sa concentration est généralement faible dans l'eau potable. Cependant, les concentrations élevées confèrent un goût inacceptable (Rodier et *al.*, 2009).

### 9.3.1.5. Potassium ( $\text{K}^+$ )

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

## 9.3.2. Anions

### 9.3.2.1. Chlorures

Les chlorures des eaux ont généralement des teneurs variées. Elles sont liées principalement à la nature des terrains traversés (Gaujous, 1995). Elles peuvent également provenir d'une pollution organique par les pesticides organochlorés et les détergents.

Habituellement, la teneur en ions chlorures des eaux naturelles est inférieure à 5mg/l, mais dans certaines régions, la traversée de marnes salifères peut conduire à des teneurs exceptionnelles jusqu'à 1000 mg/l (Rodier, 1996).

Selon l'OMS, les teneurs en chlorures des eaux potables devraient être comprises entre 25 et 200 mg/l. Les valeurs relevées dans les barrages varient de 0 à 45mg/l, ainsi elles obéissent aux normes de potabilité.

### 9.3.2.2. Alcalinité (TA-TAC)

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence de bases et des sels d'acides faibles. Dans les eaux naturelles, l'alcalinité résulte le plus généralement à la présence d'hydrogénocarbonates, carbonates ( $\text{CO}_3^{2-}$ ), et hydroxydes ( $\text{OH}^-$ ) (Rodier et al., 2009).

### 9.3.2.3. Sulfate ( $\text{SO}_4^{2-}$ )

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

## 9.4. Paramètres de Pollution

### 9.4.1. Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ )

Dans l'eau, l'azote ammoniacal (ammonium) est la fraction la plus réduite, soluble, il se trouve sous formes: ion ammonium et la forme non dissociée l'ammoniaque ( $\text{NH}_3$ ). En milieu basique l'ammonium est en fait un gaz peu soluble et qui se dégage facilement dans l'atmosphère, on parle de stripping de ( $\text{NH}_3$ ). Son origine c'est les pluies et les neiges (jusqu'à 2 mg/l). Les eaux souterraines (réduction des nitrates) en association avec le fer se fait la décomposition des déchets azotés (urée, azote organique) (Aminot, 1990).

### 9.4.2. Nitrites ( $\text{NO}_2^-$ )

Les ions nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) sont un stade intermédiaire entre l'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) et les ions nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ). Les bactéries nitrifiantes (nitrosomonas) transforment l'ammonium en nitrites. Cette opération, qui nécessite une forte consommation d'oxygène, est la nitrification. Les nitrites proviennent de la réduction bactérienne des nitrates, appelée dénitrification. Les nitrites constituent un poison dangereux pour les organismes aquatiques, même à de très faibles concentrations. La toxicité augmente avec la température (Rodier, 2005).

### 9.4.3. Nitrates ( $\text{NO}_3^-$ )

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote organique dans l'eau. Les bactéries nitratâtes (nitrobacters) transforment les nitrites en nitrates. Les nitrates ne sont pas toxiques ; mais des teneurs élevées en nitrates provoquent une prolifération algale qui contribue à l'eutrophisation du milieu. Leur potentiel danger reste néanmoins relatif à leur réduction en nitrites (Rodier et al, 2009).

### 9.4.4. Phosphate ( $\text{PO}_4^{3-}$ )

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

### 9.2.5. Demande Chimique en Oxygène (DCO)

Elle mesure la quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation chimique de toute la matière organique biodégradable ou non contenue dans les eaux à l'aide du bichromate de potassium à 150°C. Elle est exprimée en mg O<sub>2</sub>/l (Rodier *et al.*, 2005).

### 9.2.6. Demande biochimique en oxygène (DBO<sub>5</sub>)

Exprimée en mg d'oxygène par litre. Elle exprime la quantité de matière organique biodégradable présente dans l'eau. Plus précisément, ce paramètre mesure la quantité d'oxygène nécessaire à l'oxydation de la matière organique par voie aérobie. On prend souvent, comme référence, la DBO<sub>5</sub> : quantité d'oxygène consommée par les bactéries à 20°C à l'obscurité et pendant 5 jours d'incubation d'un échantillon préalablementensemencé (Metahri, 2012).

## 9.5. Paramètres Indésirables

### 9.5.1. Fer ( $\text{Fe}^{2+}$ )

Le fer est un élément assez abondant dans les roches sous différentes formes. Ce fer dissous précipite en milieu oxydant, en particulier au niveau des sources et à la sortie des conduites. La présence de fer dans l'eau peut favoriser la prolifération de certaines bactéries qui précipitent le fer où corrodent les canalisations (Rodier et *al.*, 2009).

### 9.5.2. Aluminium (Al)

Les principales sources d'aluminium dans l'eau potable sont les sels d'aluminium et l'aluminium naturel utilisés comme coagulants pour le traitement. Les concentrations élevées dans l'eau entraînent souvent des plaintes des consommateurs dues au dépôt de flocons d'hydroxyde d'aluminium (O.M.S., 2017).

### 9.5.3. Manganèse (Mn)

Le manganèse est un métal qui peut provoquer une coloration et il est à l'origine de dépôts dans les réseaux. Par ailleurs il affecte les paramètres organoleptiques de l'eau comme d'autres métaux : cuivre, aluminium, zinc (Dégremont, 2005). Dans les eaux aérées, les concentrations de cet élément sont souvent faibles. En revanche dans les eaux peu aérées, on observe de fortes concentrations.

## 9.6. Paramètres de Toxicité

### 9.6.1. Plomb (Pb)

Le plomb est un constituant naturel, largement réparti dans la croûte terrestre. C'est un métal toxique, il est quasiment inexistant dans l'eau à l'état naturel. Sa présence éventuellement ne peut provenir que de la corrosion des canalisations de distribution de l'eau. Il a un effet cumulatif sur l'organisme à l'origine de nombreux troubles de la santé (des lésions du système nerveux, l'hypertension) (Rodier, 2005).

### 9.6.2. Sélénium (Se)

L'état du sélénium retrouvé dans les masses d'eaux est mal connu, il est déterminé à partir de son origine qui est peut être lié aux exsudations naturelles des sols ou aux rejets industriels (sélénates, sélénites, séléniures...etc). Il est très toxique pour l'Homme et cause beaucoup de maladies (Rodier et *al.*, 2009).

### 9.6.3. Mercure (Hg)

Le mercure constitue le seul métal liquide à la température ordinaire. Cet élément est dispersé dans l'eau, les sédiments, l'air et les sols par divers facteurs biogènes et abiotiques (Ramade, 2000). Pratiquement, le mercure peut se trouver dans l'eau, fixé sur les matières en suspension et/ou à l'état dissous, sous forme de composés organiques et/ou à l'état minéral (Rodier et *al.*, 2009).

#### 9.6.4. Nickel (Ni)

Selon Rodier (2009), le fait que le nickel ne soit généralement pas retrouvé dans les eaux souterraines ou en quantités très faibles indique que la présence de ce métal est principalement liée aux activités humaines.

### 9.7. Paramètres bactériologiques

Le paramètre bactériologique est le paramètre le plus important de la qualité de l'eau potable. Elle se mesure par la présence d'organismes indicateurs de pollution fécale: Germes totaux et Coliformes, qui vivent normalement dans les intestins humains et animaux et représentent ainsi un risque épidémiologique potentiel. Le contrôle bactériologique réalisé dans ce contexte, porte sur la quantification des germes indicateurs de contamination fécale dont trois indicateurs sont à noter : coliformes totaux, coliformes fécaux et les streptocoques fécaux. D'autres indicateurs non spécifiques sont utilisés comme complémentaire : germes totaux et *Clostridium Sulfito-réducteurs* (Bouziani, 2000).

#### 9.7.1. Coliformes totaux

Sous le terme « coliformes » est regroupé un certain nombre d'espèces bactériennes appartenant en fait à la famille des *Enterobacteriaceae* et qui partagent certaines caractéristiques biochimiques. (Rodier et al, 2005). Ce terme correspond à des organismes en forme de bâtonnets, non sporogones, Gram négatifs, oxydase négatifs et facultativement anaérobies, (Rodier et *al.*, 2009).

Les coliformes totaux sont d'origine animale et humaine, sont utilisés depuis très longtemps comme indicateurs de la qualité microbienne de l'eau. Leur présence dans l'eau indique une contamination récente par des matières fécales. La presque totalité des espèces sont non pathogènes et ne représentent pas de risque direct pour la santé, à l'exception de certaines souches d'*Escherichia coli* (*E. coli*) ainsi que de rares bactéries pathogènes opportunistes (Chevalier, 2003).

#### 9.7.2. Coliformes fécaux ou thermo-tolérants

Les coliformes fécaux correspondent à des coliformes qui présentent les mêmes propriétés (caractéristiques des coliformes) que les coliformes totaux mais à 44°C. Ils remplacent dans la majorité des cas l'appellation coliformes thermo-tolérants (Rodier, 2005). Ces bactéries retrouvent en grand nombre dans les excréments des animaux à sang chaud et les intestins. Cette particularité est associée à la contamination fécale, de préférence on utilise

les coliformes fécaux comme indicateurs de la qualité des eaux brutes. Ce qui permet de déceler la présence d'organismes pathogènes à la source (Desjardins, 1990).

L'espèce la plus habituellement associée à ce groupe bactérien est *Escherichia coli* (*E. coli*). C'est la seule bactérie indicatrice qui représente sans équivoque une contamination d'origine fécale animale ou humaine (Chevalier, 2003).

#### 9.7.2.1. *Escherichia coli*

Les *Escherichia coli* sont des indicateurs spécifiques d'une pollution fécale, leurs présences dans l'eau proviennent essentiellement, de la matière fécale des mammifères. Ce sont donc des témoins sensibles, indicateurs de matières fécales et donc potentiellement de pathogènes, du fait de leurs grandes quantités dans les fèces (Rodier et al., 2009).

L'*E.coli* provoque des maladies graves dans d'autres parties du corps, telles que les infections des voies urinaires. Son infection est associée à la transmission interhumaine, au contact avec des animaux, à la consommation d'eau contaminée et à la nourriture (O.M.S., 2017).

#### 9.7.3. Streptocoques fécaux (entérocoques)

Les streptocoques fécaux sont des aérobies anaérobies facultatifs faisant partie des indicateurs de contamination fécale mais plus résistants dans le milieu extérieur que les coliformes. Ils sont éliminés dans les excréments des animaux dans les pâturages à la surface du sol, puis transportés à travers le sol dans les eaux des rivières, les lacs et les eaux souterraines (Hamed et al., 2012).

Les dénombrements des entérocoques présumés sont rarement effectués indépendamment des dénombrements de coliformes et coliformes thermo tolérants présumés. Toutefois, d'une façon générale, les concentrations en streptocoques fécaux sont, dans les milieux naturels autres que ceux spécifiquement pollués par le bétail, inférieures à celles des coliformes fécaux (Rodier et al., 2009).

#### 9.7.4. Clostridium Sulfito-réducteurs

Les *Clostridium* Sulfito-réducteurs sont des germes capables de sporuler et de se maintenir longtemps dans l'eau. Ils sont donc les témoins d'une pollution ancienne. Plus difficilement tués que les coliformes par les désinfectants, ils constituent donc un bon indicateur de l'efficacité de la désinfection (Hamed et al., 2012).

### 9.7.5. Salmonelles

Les salmonelles appartiennent à la famille des Enterobacteriaceae, sont des bacilles à Gram négatif, anaérobies facultatifs, oxydase négative, catalase positive. Les colonies apparaissent sur le milieu HEKTOEN gris bleu à centre noir (Rodier et *al.*, 1984). Les salmonelles peuvent être présentes dans les eaux destinées à la consommation humaine : dans les eaux douces (y compris les eaux potables et les nappes phréatiques) ainsi que l'eau de mer (Rodier et al, 2005). L'infection à la *Salmonella* provoque des manifestations cliniques comme la gastro-entérite, la bactériémie ou septicémie, fièvre typhoïde/entérique...etc (O.M.S., 2017).

### 9.7.6. Bactéries spécifiques

#### 9.7.6.1. Staphylocoques pathogènes

Ce sont des bactéries qui appartiennent à la famille des Bacillaceae. Les infections engendrées par cette famille sont dues, principalement, à des souches de *S. aureus*, mais aussi à d'autres espèces de staphylocoques d'origine humaine, parfois pathogènes et opportunistes. Les principales infections qui peuvent être engendrées sont : l'infection cutanée, l'infection septicémique redoutable et les infections liées à la consommation d'eau et d'aliments contaminés (Dalarras, 2003).

#### 9.7.6.2. Legionella et de *Legionella pneumophila*

Les Legionella sont des communautés bactériennes halophiles et halotolérants pouvant contaminer l'homme par ingestion et surtout par inhalation (bactéries des climatiseurs) et provoquer, chez certains individus, une pneumopathie parfois grave ou une fièvre (fièvre de Pontiac) (Rodier, 2005).

#### 9.7.6.3. *Pseudomonas aeruginosa*

*Pseudomonas aeruginosa* est un bacille flagellaire polaire aérobie à Gram négatif. Il s'agit d'une cause connue d'infections nosocomiales pouvant entraîner des complications graves. Il est isolé dans divers milieux humides tels que les fontaines, les bains, les réseaux d'eau chaude, les douches et sanitaires etc (O.M.S., 2017).

**9.7.7. Vibrions**

Les vibrions font partie de la famille de Vibrionaceae. Dans les pays où le cholera est pratiquement disparu, il est rare que la recherche du vibron cholérique dans les eaux d'alimentation présente un intérêt. Leur recherche se fait uniquement en cas de présence d'un cas suspect (Delarass, 2003).

# *Deuxième chapitre*

## *Présentation de la région d'étude et méthodes adoptées*

## 1. Présentation de la zone d'étude

### 1.1. Situation géographique de la source d'eau Boudjafar

La source d'eau Boudjafar (figure 01 et 02) est localisée sur la route wilayale N° 251 dans la commune d'Illoula Oumalou à une altitude moyenne de 884m, distante de 115 km à l'Est d'Alger, 37 km au Sud-Est de la wilaya de Tizi Ouzou et à 09 km du chef-lieu de la daïra de Bouzeguène dont elle dépend administrativement. Cette dernière s'étale sur une superficie de 50.38 km<sup>2</sup>, pour une population qui est estimée à 13 001 habitants et une densité estimée à 257,1 hab/km<sup>2</sup>.

La commune d'Illoula Oumalou est délimitée comme suit :

- Au Nord-Est par la commune de Bouzeguène et Ifigha ;
- Au Sud, par Chellata et la wilaya de Bejaia ;
- A l'Est, par la commune de Beni-Ziki ;
- À l'Ouest, par les trois communes d'Imsohal, d'Illilten et Iferhounene.



**Figure 01:** Source d'eau Boudjafar (Photographie originelle, 2023)



**Figure 02 :** Localisation géographique de la source Boudjafar (Google Earth, 2023)

## 1.2. Climat

Le climat est un facteur écologique d'une grande importance, il exerce une influence directe sur le développement et la répartition des espèces végétales.

Le climat de la région d'Illoula Oumalou est typiquement méditerranéen subhumide et montagnard, avec toutefois l'influence de l'altitude ; il est caractérisé par un été chaud et sec, un hiver froid et humide ainsi qu'une fréquente de neige à partir de 1200 mètres d'altitude. Les températures varient d'une saison à une autre, elles sont généralement élevées de juin à septembre. Les précipitations sont irrégulières. Elles sont généralement abondantes en hiver et en automne.

## 1.3. Couvert végétal

La végétation est un facteur déterminant en hydrologie, elle influence le ruissellement superficiel et favorisant l'infiltration des eaux dans le sol. La végétation dominante qui entoure la source d'eau Boudjafar (figure 03) est représentée principalement par le diss (*Ampélodesmos mauritanicus*), très abondant avec un taux de recouvrement qui dépasse 70 %, et quelques pieds de peuplier noir (*Populus nigra*). On y trouve aussi quelques espèces sauvages incrustées qui constituent un maquis tels que la ronce commune (*Rubus fruticosus*) en mélange avec Quintefeuille (*Potentilla sp.*). La figure 03 représente le couvert végétal de la source d'eau Boudjafar.



**Figure 03 :** Végétation qui entoure la source Boudjafar (photographie originelle, 2023)

#### 1.4. Sol

Le sol constitue un facteur important de la résilience de l'écosystème. L'échantillon prélevé du sol a révélé que la région d'étude est de texture argileuse, caractérisé par une structure grumeleuse et une couleur sombre noirâtre, pauvre en matière organique (figure 04).



**Figure 04:** Echantillon du sol (Photographie originelle, 2023)

## 2. Méthodes de prélèvement

### 2.1. Prélèvement et échantillonnage

Le prélèvement est un acte qui consiste à obtenir un volume global représentatif de l'eau à contrôler, prélevé en un endroit défini selon des modalités définies, appelé échantillon, d'où ce dernier est destiné à la réalisation d'analyses. L'échantillonnage est l'une des étapes les plus importantes pour l'évaluation de la qualité de l'eau. Il est donc essentiel qu'il soit effectué avec prudence et de la technique afin d'éviter toutes les sources possibles de contamination (Coulibaly, 2005).

L'étape du prélèvement influence directement à la qualité des résultats analytiques obtenus. En effet, la bonne pratique du prélèvement va conditionner en grande partie la validité des analyses et donc l'interprétation qu'on peut en faire.

Des précautions élémentaires doivent être prises pour obtenir un échantillon représentatif afin de minimiser les risques associés à la contamination de l'échantillon par le préleveur et de permettre le maintien de l'intégrité des échantillons. Les échantillons peuvent être contaminés par un manque de soins dans l'application des techniques de prélèvement.

Le prélèvement de l'eau de la source Boudjafar est effectué par le personnel du laboratoire centrale de l'Algérienne Des Eaux, unité de Tizi-Ouzou située à Boukhalfa pour les deux périodes d'échantillonnage ; hivernale (en février 2023) et estivale (en juillet 2023).

Les analyses physico-chimiques et bactériologiques ont été réalisées au sein de ce laboratoire qui est spécialisé dans l'autocontrôle de l'eau distribué sur le plan physico-chimique et bactériologique en se référant à des méthodes normalisées.

Les techniques de prélèvements sont variables en fonction de la nature de l'eau à analyser et en fonction de type d'analyse à effectuer.

## 2.1.1 Prélèvement pour l'analyse physico-chimique

### 2.1.1.1. Techniques de prélèvement

Nous avons recueilli notre échantillon dans un flacon en verre, transparent et d'un volume d'un litre (figure 05). Avant l'usage, nous avons lavé soigneusement le flacon et le rincé avec l'eau distillée, puis de nouveau sera rincé 3 fois avec de l'eau à analyser (l'eau de la source) au moment de la prise de l'échantillon du prélèvement. Puis, nous avons rempli le flacon jusqu'au bord afin d'éviter toute réactions d'oxydation lors de la pénétration de l'air susceptible d'altérer certains paramètres et il sera rebouché, de telle façon qu'il n'y ait aucune bulle d'air et qu'il ne soit pas éjecté au cours du transport.

Nous avons mis une étiquette sur le flacon qui porte un code pour faciliter leur identification, et nous avons mentionné immédiatement sur l'étiquette le nom de la source d'eau, numéro de l'échantillon, ainsi que la date et l'heure de la prise et l'origine du prélèvement. L'échantillon est acheminé vers le laboratoire via une glacière à une température ne dépassant pas 6°C et l'idéal est de procéder à l'analyse dans les deux heures qui suivent.



**Figure 05 :** Flacons utilisés pour le prélèvement (Photographie originale, 2023)

### 2.1.2. Prélèvement pour analyse bactériologique.

Un examen bactériologique ne peut être valablement interprété que, s'il est effectué sur un échantillon correctement prélevé, un mode opératoire précis évitant toute contamination accidentelle, correctement transporté au laboratoire et analysé sans délai ou après une courte durée de conservation dans des conditions satisfaisantes.

#### 2.1.2.1. Technique de prélèvement :

L'échantillon d'eau est aseptiquement prélevé d'une façon instantanée, dans un flacon en verre d'un volume de 500 ml, soumis à un lavage et une stérilisation préalable (stériliser à l'autoclave) (Figure 06). Au moment du prélèvement, nous avons rempli le flacon au 5/6 de son volume (pour maintenir en vie les bactéries aérobies et pouvoir agiter et mélanger l'échantillon avant analyse).

Nous avons mis une étiquette sur le flacon contenant l'échantillon d'eau prélevé et nous avons marqué l'identification du prélèvement (le point de prélèvement, le type d'analyse, la date et l'heure de ce dernier) et les conservés directement dans une glacière. L'échantillon d'eau a été conservé dans une glacière contenant des pains de glace, à une température d'environ 4°C, afin de maintenir la composition initiale et empêcher la multiplication des germes.

**NB :** Tous les prélèvements doit être effectués entre 08 h et 11 h.



**Figure 06:** Autoclave utilisé pour la stérilisation des flacons (Photographie originale, 2023).

### 3. Méthodes analyses physico-chimiques

Les matériels et les méthodes utilisés pour le dosage des paramètres physico-chimiques sont représentés dans le tableau 07 :

**Tableau 07: Matériel et méthodes utilisés pour les différents paramètres physico-chimiques.**

Paramètres mesurés	Méthodes	Appareillage
<b>pH potentiométrique</b>	Méthode potentiométrique	pH mètre WTW pH 450GLP Multical
<b>Conductivité</b>		Conductimètre
<b>Alcalinité</b>	Méthode volumétrique	/
<b>Dureté</b>	Titrimétrie	/
<b>Calcium</b>	Titrimétrie à l'EDTA	/
<b>Magnésium</b>	/	
<b>Chlorure</b>	Mohr	/
<b>Ammonium</b>	Spectrophotométrie d'absorption UV-Visible	Spectrophotomètre (HACH)
<b>Nitrates</b>	Spectrophotométrie d'absorption UV-Visible	Spectrophotomètre (HACH)
<b>Phosphates</b>	Spectrophotométrie d'absorption UV-Visible	Spectrophotomètre (HACH)
<b>Potassium</b>	Spectrophotométrie d'émission à flamme	Spectrophotomètre d'émission à flamme (Sherwood flamme photomètre410)
<b>Fer</b>	Spectrophotométrie d'absorption UV-Visible	Spectrophotomètre (HACH)
<b>Matières organiques</b>	Méthode à chaud en milieu acide	/

### 3.1. Paramètres physicochimiques

#### 3.1.1. Température

La température de l'eau est mesurée au niveau de laboratoire à l'aide d'un thermomètre ou bien à l'aide d'un conductimètre. Nous avons prolongé la sonde thermométrique dans un bécher rempli de l'eau à analyser puis nous avons enregistré la valeur affichée sur l'appareille (figure 07).



**Figure 07** : Conductimètre (photographie originelle, 2023)

#### 3.1.2. pH mètre

Pour cette détermination, nous avons utilisé une méthode électro métrique avec électrode. Pour commencer, nous avons appuyé sur le bouton ON/OFF pour mettre l'appareil sous tension, puis nous avons rincé l'électrode avec l'eau distillée et bien sûr nous avons l'essuyé avec un mouchoir jetable. Ensuite, nous avons plongé l'électrode dans la solution à mesurée. Enfin, nous avons noté la valeur affichée sur l'écran de l'appareil après sa stabilisation (figure 08).



**Figure 08** : PH mètre (photographie originelle, 2023)

### 3.1.3. Conductivité électrique

Pour effectuer la mesure, nous avons utilisé deux électrodes de platine (Pt) maintenues parallèles. Nous avons Allumé l'appareil et agité doucement l'échantillon, ensuite, nous avons versé 100ml d'eau à analyser dans un bécher propre, ensuite rincé la sonde avec de l'eau ultra pure puis avec de l'eau à analyser. Après cela, nous avons immergé la sonde dans l'échantillon et essayé d'éliminer les bulles d'air en l'agitant simplement. Enfin, nous avons enregistré la valeur affichée sur l'appareil une fois que la lecture s'est stabilisée (figure 09).



Figure 09 : Conductimètre (photographie originelle, 2023)

## 3.2. Paramètres de minéralisation globale

### 3.2.1. Dureté totale TH

Nous avons introduit 50 ml de l'échantillon dans une fiole de 250 ml, ensuite, nous avons ajouté 4 ml de la solution tampon et trois gouttes de solution de noir ériochrome T (NET), et nous avons titré immédiatement avec l'EDTA, on versant rapidement au début puis lentement vers la fin, jusqu'au virage bleu (figure10). La couleur ne doit plus changer avec l'ajout d'une goutte supplémentaire de la solution d'EDTA. Puis nous avons noté le volume de la solution d'EDTA versée.



Figure10 : Dosage de la dureté totale (photographie originelle, 2023)

### 3.2.2. Calcium $\text{Ca}^{2+}$

Nous avons pris 50 ml de l'échantillon dans un erlenmeyer de 100ml. Nous avons ajouté 2 ml de Na OH à 2N. Ensuite, nous avons ajouté 0.2g de murexide puis nous avons le mélangé. Nous avons titré immédiatement avec l'EDTA, on versant lentement jusqu'au virage violet. La couleur ne doit plus changer avec l'ajout d'une goutte supplémentaire de la solution EDTA. Donc nous avons noté le volume de la solution d'EDTA versée (figure 11).



Figure 11 : Dosage volumétrique du calcium totale (photographie originelle, 2023)

### 3.3.3. Magnésium $\text{Mg}^{2+}$

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 :  $\text{Mg} = (\text{Ca} + \text{Mg}) - \text{Ca}$

Où: **Mg** : Teneur en magnésium en mg/l ;

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

**Ca** : Teneur en calcium en mg/l.

### 3.3.4. Sodium ( $\text{Na}^+$ ) et potassium ( $\text{K}^+$ )

- Sodium ( $\text{Na}^+$ )

Nous avons dissocié 2.54g de NaCl dans l'eau distillée et complétez à un litre cette solution a une concentration de 1000mg/l de sodium que nous avons conservé par dilution, ensuite nous avons préparé une solution de 10mg/l, que nous avons fait passer au photomètre à flamme trois fois, ça doit afficher « 10 », à la fin nous avons fait passer notre échantillon dans le spectrophotomètre à flamme (figure 12). Dans le cas où la concentration en sodium dépasse 10g/ml, Nous procédons à la dilution de l'échantillon.

- **Potassium ( $K^+$ )**

Pour le dosage du potassium, nous avons procédé les mêmes étapes que celles du sodium, sauf pour l'étalonnage de l'appareil, nous avons utilisé une solution étalon d'une concentration égale à 1000 mg/l contenant 1.907 g de chlorures de potassium (KCl)



**Figure 12** : Spectrophotomètre à flemme (Photographie originelle, 2023).

### 3.3.5. Détermination de l'alcalinité TA et TAC

- **Détermination de TA**

Nous avons pris 100ml d'eau à analyser et nous avons ajouté 1 à 2 gouttes de solution phénolphaléine, une coloration rose s'est développée, confirmant que le TA n'est pas nul. Ensuite, nous avons titré avec la solution HCl à 0.02N. Enfin, nous avons noté la valeur de la concentration des carbonates qu'est l'équivalent du volume versé de l'acide sulfurique en mg/l.

- **Détermination de TAC**

Nous avons utilisé l'échantillon traité précédemment, s'il n'y a pas eu de coloration. Nous avons ajouté 2 gouttes de solution de méthylorange, donnant une coloration jaune. Ensuite, nous avons titré avec la solution HCl à 0.02N jusqu'au virage du jaune à jaune orange, lorsque le pH de la solution atteint 4.3, la concentration des bicarbonates est l'équivalent du volume versé de l'acide sulfurique en mg/l.



Figure 13 : Dosage de l'alcalinité (photographie originale, 2023)

### 3.3.6. Chlorures

Nous avons introduit 100 ml de la prise d'essai, ensuite, nous avons ajouté 1 ml de chromate de potassium ( $K_2CrO_4$ ). Nous avons titré la solution avec le nitrate d'argent ( $AgNO_3$ ) jusqu'à l'obtention d'une couleur rouge brique (figure14). Le volume de nitrate d'argent versé est l'équivalent de la concentration des chlorures présents dans la solution titrée en mg/l.



Figure 14 : Dosage des chlorures (photographie originale, 2023)

## 3.4. Paramètres de pollution

### 3.4.1. Ammonium

Nous avons versé 40 ml de l'échantillon dans une fiole de 50 ml. Ensuite, nous avons ajouté 4 ml du réactif coloré, ce qui a donné une couleur jaune. Nous avons également ajouté 4 ml de dichloroisocyanurate de sodium. Ensuite, nous avons placé la cuve contenant l'échantillon d'ammonium dans le spectrophotomètre UV visible, puis nous avons enregistré la valeur affichée sur l'écran de l'appareil en mg/l (figure15).

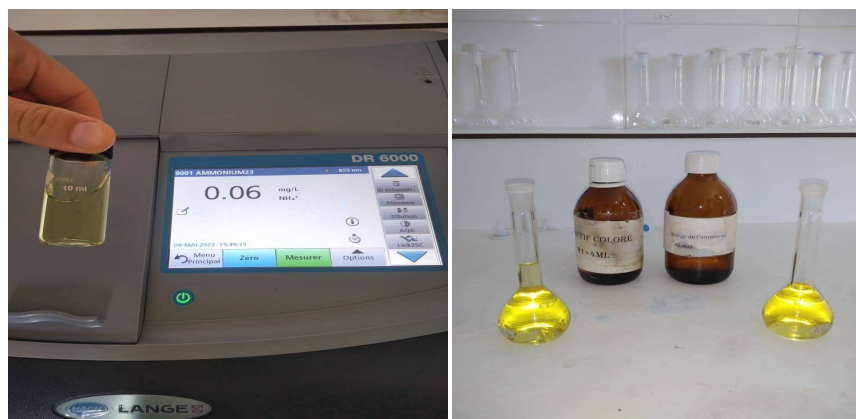


Figure 15: Dosage d'ammonium (Photographie originale, 2023).

### 3.4.2. Nitrates

Nous avons introduit 35 ml du mélange d'acide sulfurique et phosphorique dans une fiole jaugée de 50 ml, ensuite, nous avons ajouté 5 ml de l'échantillon d'eau, puis nous avons rajouté 5 ml de diméthyle-2,6 phénol et agité circulairement. Nous avons laissé réagir la solution pendant 10 à 60 minutes, nous avons ensuite placé la cuve en verre contenant la solution à analyser dans le spectrophotomètre à UV. Enfin, nous avons multiplié la valeur trouvée par 4.427 (constante) pour obtenir la valeur finale en mg/l



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

### 3.4.3. Phosphate

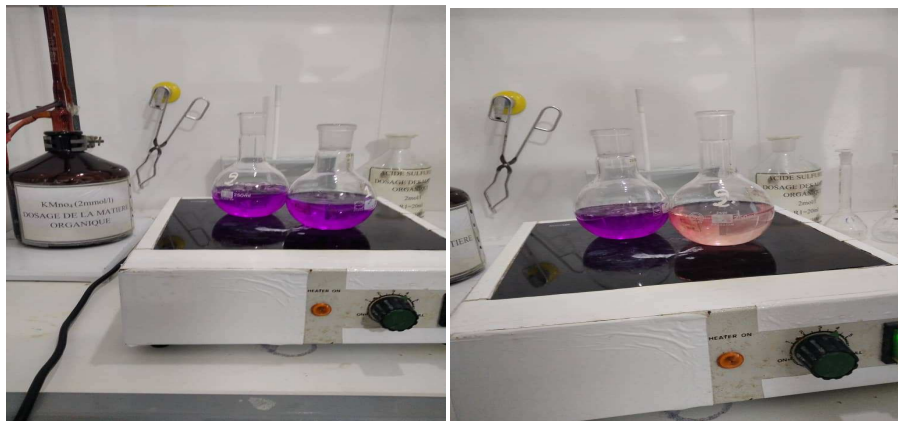
Nous avons versé 40 ml de l'échantillon d'eau à analyser dans une fiole jaugée de 50 ml. Ensuite, nous avons ajouté 1 ml de l'acide ascorbique et 1 ml du mélange de phosphate. Nous avons mélangé le tout et laissé réagir pendant 10 minutes. Ensuite, nous avons placé une cuve en verre contenant la solution à analyser dans le spectrophotomètre à UV. Nous avons enregistré la valeur affichée en mg/l sur l'écran de l'appareil.



**Figure17:** Dosage des phosphates (Photographie originelle, 2023)

#### 3.4.4. Matière organique MO

Nous avons introduit 100 ml de l'échantillon dans une fiole, ensuite, nous avons ajouté 20 ml de l'acide sulfurique et 20 ml de permanganate de potassium, ce qui a donné une coloration violette. Nous avons mis la solution sur une plaque chauffante et l'avons portée à ébullition pendant 10 minutes. Après cela, nous avons ajouté 20 ml d'oxalate de sodium, ce qui a décoloré la solution. Nous avons titré la solution jusqu'à ce qu'une couleur rose pâle apparaisse. La quantité de  $\text{KMnO}_4$  versée indique le taux de matière organique en mg/l présente dans l'échantillon.



**Figure18:** Dosage de la MO (Photographie originelle, 2023)

### 3.5. Paramètre indésirable

#### 3.5.1. Fer

Nous avons pris une prise d'essai de 50 ml, ensuite, nous avons transvasé la solution dans une fiole de 100 ml, ajouté 1 ml de la solution chlorhydrate hydroxylamine et mélangé soigneusement. Nous avons ajouté 2 ml de tampon acétate pour obtenir un pH entre 3,5 et 5,5 de préférence 4,5. Puis, nous avons ajouté 2 ml de la solution phénantroline et conservé pendant 15 minutes à l'obscurité. Enfin, nous avons mesuré l'absorbance à l'aide d'un spectrophotomètre UV et lu la valeur sur l'écran de l'appareil.

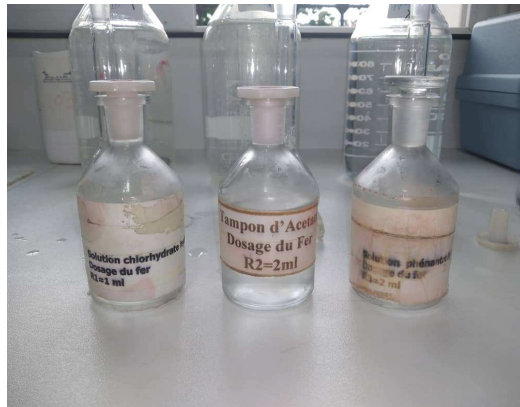


Figure 19 : Dosage du fer (Photographie originelle, 2023).

## 4. Analyse bactériologique

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

#### 4.1.1. Dénombrement des coliformes et coliformes thermo tolérants (*Escherichia. coli*)

- **Principe**

Le principe de cette méthode consiste au dénombrement des bactéries coliformes et des *Escherichia coli* par la méthode de filtration sur membrane (figure 20).

- **Milieus de culture**

CCA : gélose chromogène pour bactéries coliformes.

Disque d'oxydase ou réactif à l'oxydase.

- **Mode opératoire**

Nous avons stérilisé l'entonnoir ainsi que la plaque poreuse à l'aide d'un bec bunsen, ensuite nous l'avons refroidi, puis à l'aide d'une pince stérile nous avons mis en place une membrane de porosité de  $0.45\mu\text{m}$ , et nous avons agité soigneusement le flacon d'eau de

source à analyser et versé stérilement (dans la zone de stérilité du bec bunsen) 100ml de l'eau à analyser en actionnant la pompe à vide pour faire absorber l'eau à travers la membrane. Enfin nous avons relié l'entonnoir et transférer la membrane d'une façon immédiate et aseptique à l'aide d'une pince sur la surface d'une boîte de pétri qui contient une plaque de gélose (RC) préalablement préparée et incubée à 37°C pendant 24 h voire 48 h.



**Figure20** : Dénombrement des coliformes et *Escherichia coli* par la méthode solide (Photographie originelle, 2023).

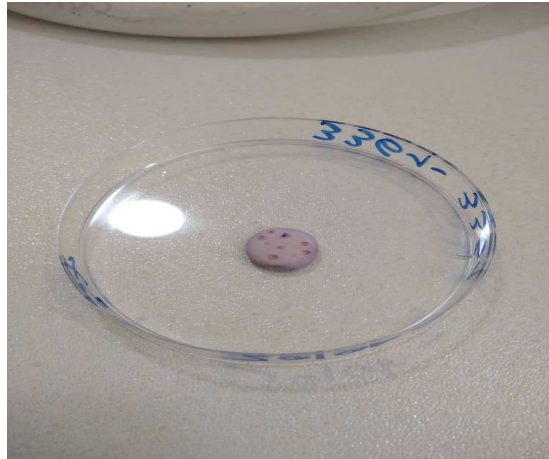
- **Lecture**

- \*Test de présomption**

- Après la période d'incubation nous avons compté toutes les colonies présentant une réaction (couleur rose) en tant que des bactéries coliformes présomptives qui ne sont pas des *E. coli*. Nous avons aussi compté toutes les colonies de couleur bleu en tant que *E. coli*.

- \*Test de confirmation**

- Pour la confirmation des colonies qui s'agissent des coliformes, nous avons imbibé un disque d'oxydase avec une goutte d'eau distillée stérile, puis à l'aide d'une pipette nous avons déposé les colonies. Dans ce cas, toutes les colonies ayant une réaction positive à l'oxydase (apparition d'une couleur bleu dans les 30secondes qui suivent) elles ne sont pas des coliformes et par contre s'il n'y a pas un changement de couleur nous considérons la colonie comme des bactéries coliformes (figure21).



**Figure 21** : Confirmation des coliformes fécaux sur disque d'oxydase  
(Photographie originelle, 2023)

#### 4.1.2. Dénombrement des streptocoques

- **Principe**

Le principe de cette méthode consiste au dénombrement des streptocoques fécaux du groupe « D » par la méthode de filtration sur membrane poreuse. La recherche et le dénombrement des streptocoques fécaux se fait par deux tests :

- Test présomptif sur le milieu solide Slanetz.
- Test confirmatif sur le milieu BEA.

- **Milieux de culture**

Gélose Slanetz et Birtely.

Gélose Bile Esculine Azoture (BEA).

- **Mode opératoire**

Pour commencer nous avons stérilisé la surface supérieure de la rampe de filtration ainsi que la plaque poreuse à l'aide d'un bec bunsen (en ouvrant le robinet pour aspirer la flamme). Après la stérilisation nous l'avons refroidi tout de suite avec l'échantillon d'eau à analyser si on dispose en quantité suffisante ou bien avec de l'eau distille stérile. Après, nous avons mis en place, de façon aseptique, une membrane d'une porosité nominale de 0.45 $\mu$ m entre la membrane poreuse et l'entonnoir à l'aide d'une pince stérile. Nous avons versé ensuite 100 ml d'eau à analyser dans l'entonnoir et actionné la pompe à vide pour absorber l'eau à travers la membrane, puis nous avons transféré immédiatement et aseptiquement la membrane, à l'aide d'une pince stérilisée, vers la surface d'une plaque de la gélose Slanetz et Barteley probablement préparée et versée dans des boîtes pétries.

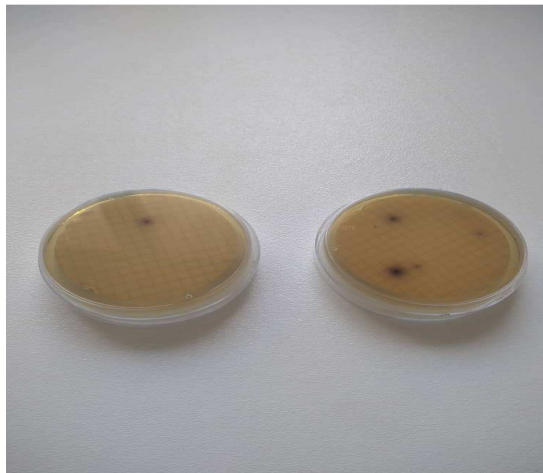
- Lecture

**\*Test de présomption**

Après la période d'incubation spécifiée, les entérocoques intestinaux ou streptocoque du groupe «D» apparaissent sous forme de petites colonies lisses légèrement bombées à contours réguliers et pigmentées en rouge marron ou rose.

**\*Test de confirmation**

Nous avons Transféré aseptiquement la membrane du milieu Slanetz et Barteley à une autre boîte de pétri contenant de Gélose Bile Esculine Azoture (BEA préchauffée préalablement à 44 °C) cette dernière sera incubé dans une étuve à  $44 \pm 0,5$  °C pendant 2heures. Après l'incubation, les colonies caractéristiques prennent alors une coloration noire traduisant ainsi hydrolyse de l'esculine présente dans notre milieu (BEA) (figure22).



**Figure 22:** Confirmation des streptocoques sur un milieu BEA  
(Photographie originelle, 2023)

*Troisième chapitre*

*Résultats*

*Et*

*Discussion*

## 1. Résultats des analyses organoleptiques

### 1.1. Couleur

L'eau d'une source est toujours limpide et incolore, ce qui est le cas de l'eau de notre source étudiée (Boudjafar), ceci peut être expliqué par l'absence des substances dissoutes dans l'eau comme les ions métalliques et le fer ferrique ( $\text{Fe}^{3+}$ ) qui sont les facteurs principaux du changement de la couleur d'une eau.

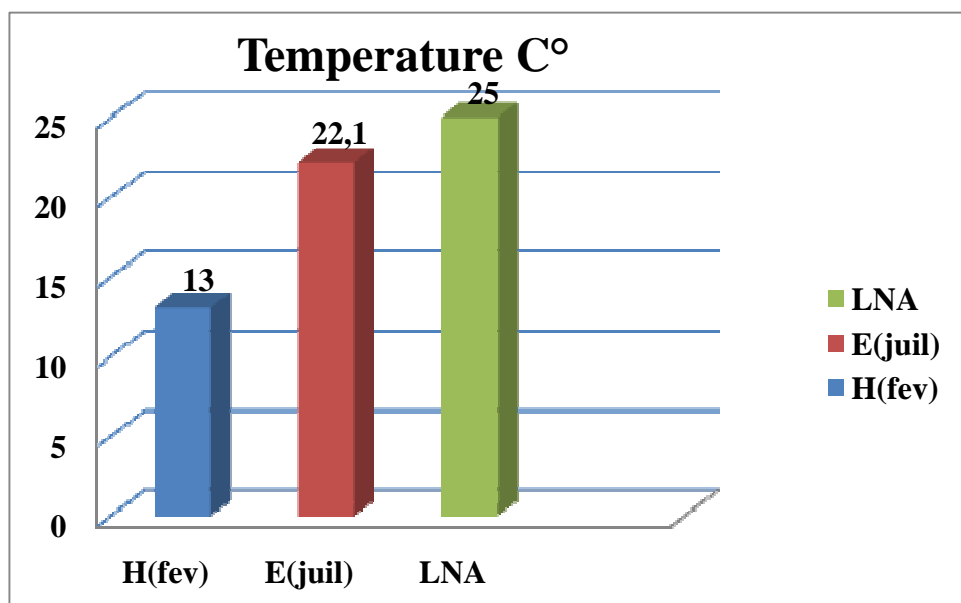
## 2. Résultats des analyses physicochimiques

### 2.1. Température

D'après la figure (23), les valeurs des températures oscillent entre  $13^{\circ}\text{C}$  pour l'hiver et  $22.1^{\circ}\text{C}$  pour l'été. D'après nos résultats, la température de l'eau de notre source étudiée présente une légère élévation durant l'été par rapport à l'hiver, donc, nous constatons que la température externe influence sur la température de l'eau.

Ces températures sont proches de la température ambiante et indiquent une origine peu profonde de l'eau étudiée. Les valeurs enregistrées sont conformes aux normes algériennes de l'eau potable qui recommandent des températures ne dépassant pas les  $25^{\circ}\text{C}$ .

Nos résultats concordent avec ceux de TOUABI et ATEK (2022), qui ont réalisé une étude sur l'évaluation des paramètres physico-chimiques et bactériologiques des eaux de la source Aghbalou au niveau de la commune de Makouda dans la région de Tizi Ouzou (résultats varient entre  $1^{\circ}\text{C}$  pour l'hiver et  $22^{\circ}\text{C}$  pour l'été). Nos valeurs enregistrées sont aussi proches aux valeurs trouvées par HOUMEL (2017) qui a réalisé une étude des paramètres physico-chimiques et bactériologiques sur deux périodes d'échantillonnage (Automne et printemps) de deux sources d'eau Thala Toulmouts (Tizi Rached) et Thala Oumazar (Ait Toudert) dans la wilaya de Tizi Ouzou, valeurs varient entre  $22.3^{\circ}\text{C}$  et  $22.6^{\circ}\text{C}$  pour les deux sources d'eau. Cependant, nos résultats ne concordent pas avec ceux obtenus par AMICHI et AMIRI (2020) dans leur étude d'analyse physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source Thabout (Ouadhias), résultats varient entre  $15^{\circ}\text{C}$  et  $20.4^{\circ}\text{C}$  sur une période d'échantillonnage allant de février à septembre.

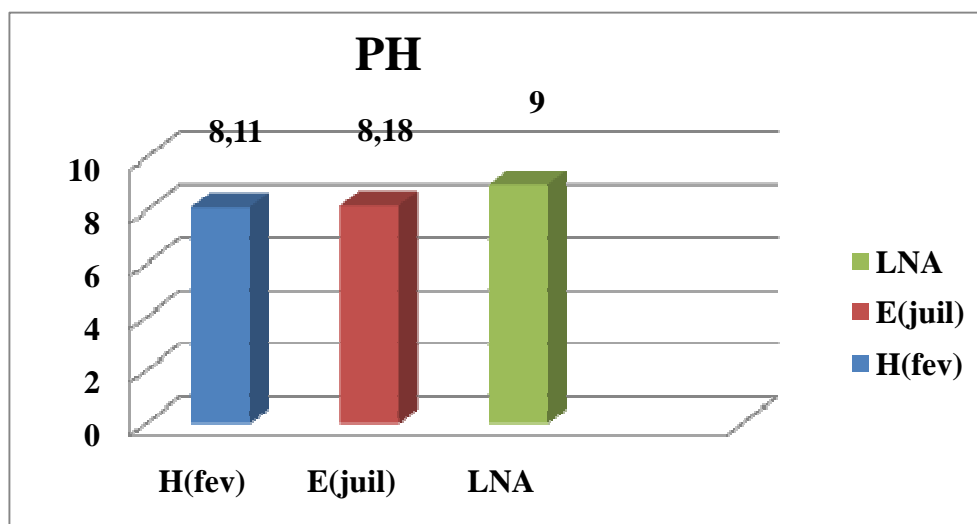


**Figure 23:** Variation de la température entre les deux saisons hiver et été de la source Boudjafar pour l'année 2023.

## 2.2. pH

Les valeurs enregistrées (figure 24) montrent que l'eau de notre source étudiée a un pH basique, nous notons 8.11 pour l'hiver et 8.18 pour l'été. Ces valeurs se situent dans les limites requises pour les eaux de consommation selon les normes algériennes (pH=9). Les valeurs du pH enregistrées au mois de juillet sont relativement élevées par rapport à celles du mois de février. Selon Rodier (1996), toute augmentation de température entraîne une augmentation du pH.

Nos résultats concordent avec les travaux de STITI et AKLI (2022) qui ont réalisé une étude sur l'évaluation des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de deux sources d'eau au niveau de deux communes de la wilaya de Tizi Ouzou « Tigzirt et Ouadias », résultats varient entre 7,54 et 7,99 durant les deux périodes pour la source Thebout) et les travaux de BESSALEM et HASSANI (2017) qui ont apprécié des valeurs comprises dans l'intervalle 7,24 et 8,10 dans leur étude sur l'évaluation des paramètres physico-chimiques et bactériologiques sur deux périodes d'échantillonnage de deux sources d'eau Thala Ainsar (Ouacif) et Thala Kebout (Ouadhias). Nos résultats ne sont pas en accord avec ceux trouvés de TOUABI et ATEK (2022), résultats varient entre 7.29 et 7.32, ainsi ceux d'AMICHI et AMIRI (2020) qui ont apprécié des valeurs comprises dans l'intervalle 7,2 et 7,6.



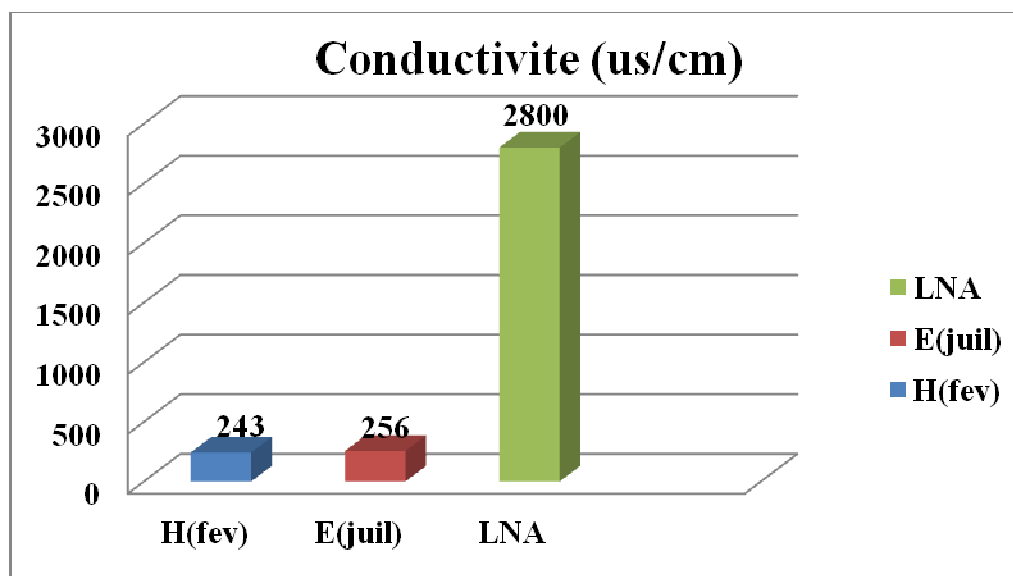
**Figure 24:** Variation de ph entre les deux saisons (hiver et été) de la source Boudjafar pour l'année 2023

### 2.3. Conductivité

La conductivité de l'eau de la source analysée (figure 25), fluctue entre 243  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (février 2023) et 256  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (juillet 2023) cela confirme que cette eau est moyennement minéralisée.

Nous avons enregistré une légère diminution en mois de février par rapport au juillet ceci peut être dû à la nature plus fraîche de l'eau, Selon PUJEH JUNIOR (2021), les valeurs de la conductivité sont influencées par la température (plus l'eau est froide plus y a diminution de la conductivité). Les valeurs enregistrées sont conforme aux normes algériennes de l'eau potable qui recommandent des conductivités ne dépassant pas les 2800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Nos résultats sont proches à ceux trouvés par HAMMOUDI et CHEGRANI (2022) qui ont effectué une étude sur l'évaluation des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'eau de la source Laïnsar Ouqarmoud au niveau de la commune d'Iloula Oumalou dans la région de Tizi-Ouzou et qui ont enregistré une valeur de 246  $\mu\text{S}/\text{cm}$  pour l'été 2021 et 256 $\mu\text{S}/\text{cm}$  pour l'été 2022. Par contre, nos valeurs ne sont pas conformes à ceux obtenus par TOUABI et ATEK (2022), résultats variant entre 971 et 973  $\mu\text{S}/\text{cm}$  durant les deux saisons hiver et été), ainsi que ceux obtenus par AMICHI et AMIRI (2020), valeurs varient entre 354 $\mu\text{S}/\text{cm}$  et 426  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) et ceux de HOUMEL (2017), qui varient entre 413  $\mu\text{S}/\text{cm}$  et 817 $\mu\text{S}/\text{cm}$ .



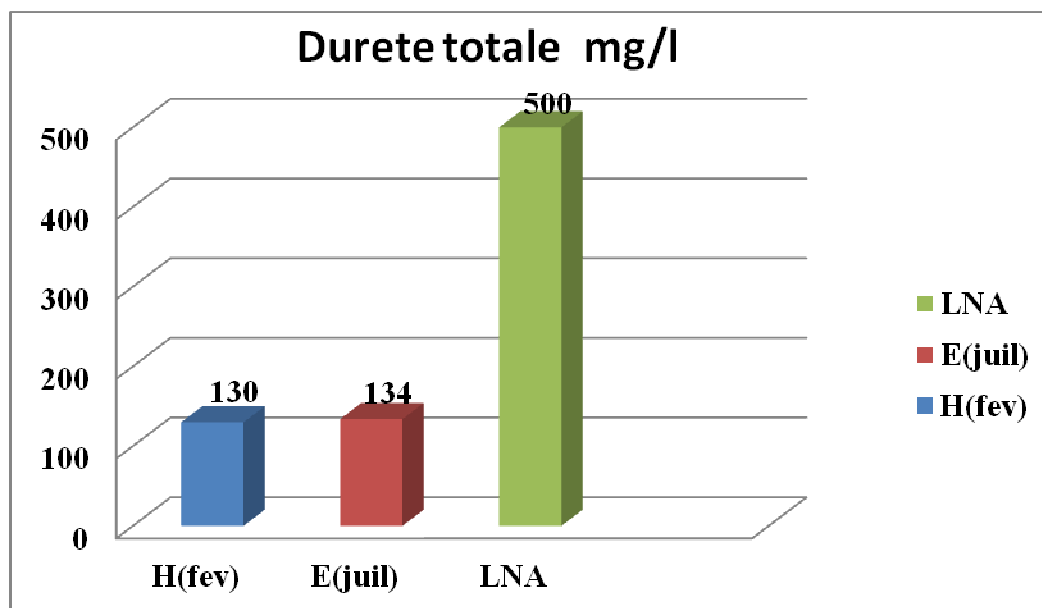
**Figure 25:** Variation de la conductivité entre les deux saisons (hiver et été) de la source Boudjafar pour l'année 2023

### 3. Résultats des paramètres de minéralisation

#### 3.1. Dureté totale (TH)

D'après la figure 26, la dureté totale enregistrée varie entre 130 mg/l  $\text{CaCO}_3$  et 134 mg/l  $\text{CaCO}_3$  pour l'hiver et l'été respectivement, donc cette eau peut être considérée comme une eau douce. D'après ces valeurs obtenues, nous constatons que l'eau de notre source répond aux normes indiquées par la réglementation algérienne de potabilité qui ne dépassent pas les 500 mg/l.

Nos résultats concordent avec les travaux de HAMMOUDI et CHEGRANI (2022) qui varient entre 122 mg/l et 124 mg/l pour l'été 2021 et l'été 2022 respectivement. Cependant, nos résultats sont opposés à ceux trouvés par STITI et AKLI (2022) résultats varient entre 180 mg/l et 200 mg/l au niveau des sources Thebout et Boukhira. Nos résultats sont également proches aux résultats appréciés par BESSALEM et HASSANI (2017) valeur fixe à 128 mg/l durant les deux périodes et pour les deux sources étudiées. Ainsi, à ceux de TOUABI et ATEK (2022) (412 mg/l et 424 mg/l durant les deux saisons (hiver et été).

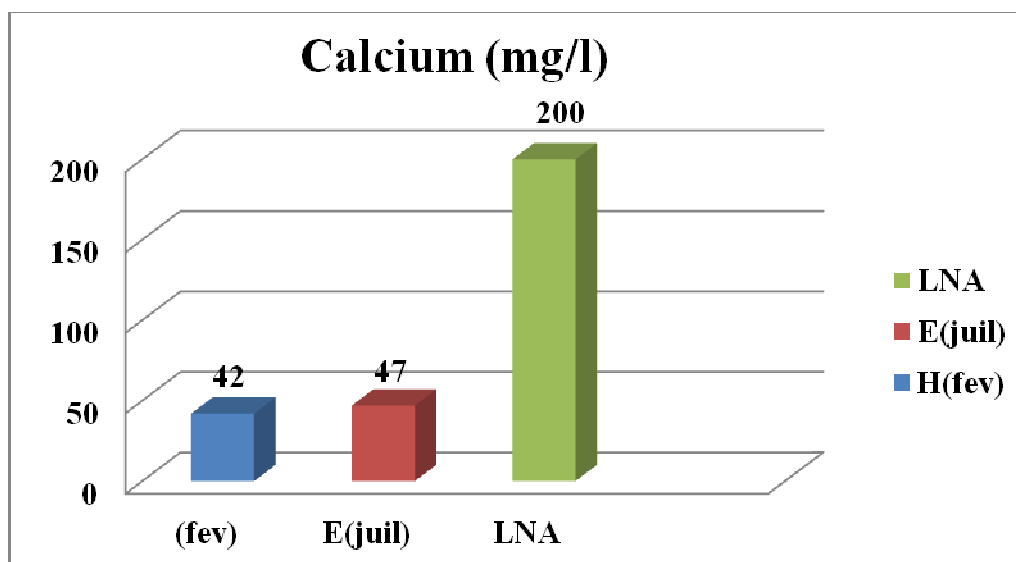


**Figure 26:** Variation de la dureté totale entre les deux saisons (hiver et été) de la source Boudjafar pour l'année 2023.

### 3.2. Dureté calcique (Calcium $\text{Ca}^{2+}$ )

Les résultats obtenus (figure 27) pour la concentration du calcium varient entre 42mg/l  $\text{CaCO}_3$  en hiver et 47mg/l  $\text{CaCO}_3$  en été. Nous remarquons que ces valeurs ne présentent pas une grande variation durant les deux périodes d'étude (hiver et été) ceci est peut-être dû au conditionnement de la nature des roches et des terrains traversés. La concentration du calcium de notre source est conforme aux normes algériennes de l'eau potable qui recommandent des concentrations ne dépassant pas les 200mg/l.

Nos résultats sont proches avec ceux trouvés par HAMMOUDI et CHEGRANI (2022) (résultats fixés à 35mg/l durant l'été des deux années 2021 et 2022) et ceux de STITI et AKLI (2022) (34mg/l et 71mg/l pour les deux sources et durant les deux périodes d'étude). Cependant, les valeurs enregistrées par TOUABI et ATEK (2022) (120mg/l et 122mg/l), HOUMEL (2017), valeurs comprises entre 74.55 mg/l et 124.25 mg/l durant les deux périodes d'étude et pour les deux sources, ne sont pas similaires avec nos résultats, mais restent conformes à la norme fixée par la réglementation algérienne (200mg/l).

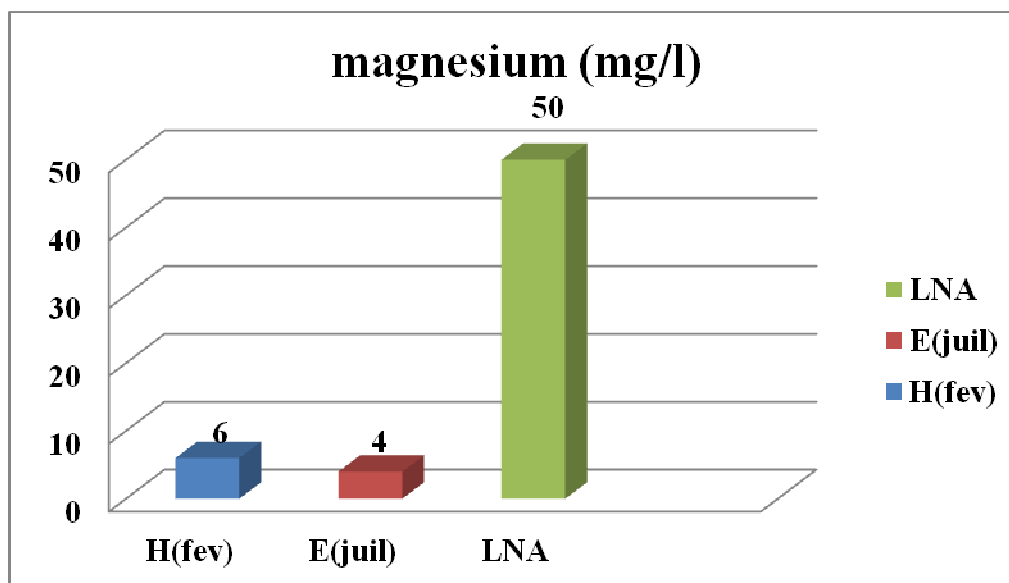


**Figure 27:** Variation du calcium entre les deux saisons (hiver et été) de la source Boudjafar pour l'année 2023

### 3.3. Dureté magnésienne ( $Mg^{2+}$ )

D'après La figure28, les résultats montrent que les teneurs varient entre 4 mg/L et 6mg/l. Selon Potelon et Zysman(1998), La concentration du magnésium est en relation directe avec la nature géologique des terrains traversés. Ces valeurs obtenues sont inférieurs aux concentrations recommandées par la réglementation algérienne (50mg/l).

Nos résultats concordent avec ceux de HAMMOUDI et CHEGRANI(2022), résultats varient entre 8mg/l et 9mg/l durant les deux années. Cependant, les résultats de STITI et AKLI (2022) qui sont compris entre 6mg/l et 23mg/l pour les deux sources Thabouth et Boukhira et les résultats de HOUMEL (2017) varient entre 11.67mg/l pour la source Thala Oumazar et 17.99 mg/l pour la source Thala Oulmoutsen période automnale, puis 14.1mg/l pour la source Thala Toulmouts et 20.91mg/l pour la source Thala Oumazar en période printanière. Les résultats de TOUABI et ATEK (2022) fluctuent entre 27mg/l et 29 mg/l, ne concordent pas avec nos résultats mais restent toujours conforme à la norme.

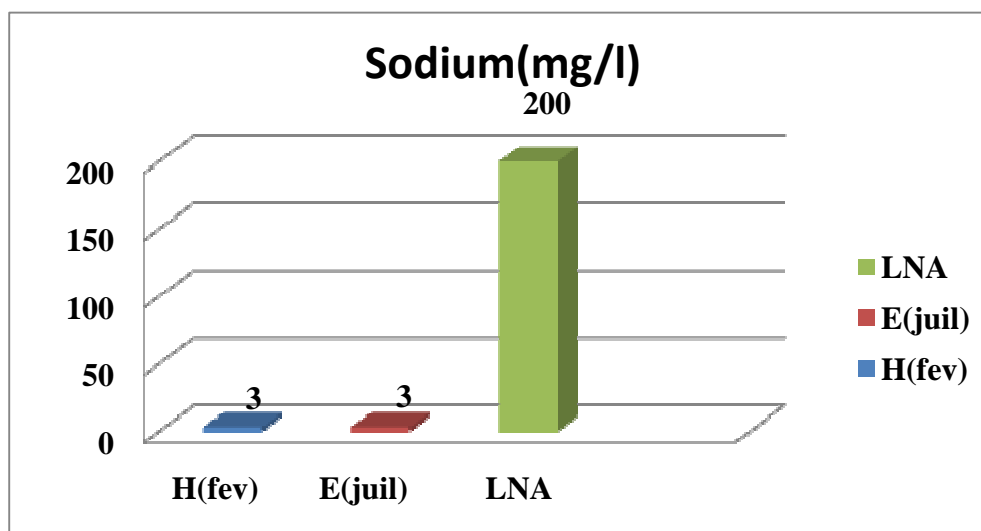


**Figure 28:** Variation du magnésium entre les deux saisons (hiver et été) de la source Boudjafar pour l'année 2023.

#### 3.4. Sodium ( $\text{Na}^+$ )

Selon la figure 29, les résultats des analyses effectuées pour les échantillons pour les deux périodes montrent que l'eau de la source présente une teneur faible en  $\text{Na}^+$  (3mg/l). Cette valeur très faible durant les deux saisons pourraient s'expliquer par l'absence du sodium dans les terrains traversés. Cependant, les concentrations élevées confèrent un goût inacceptable (Rodier et *al.*, 2009). Les concentrations obtenues sont conformes aux normes exigées par la réglementation algérienne qui sont de 200 mg/l.

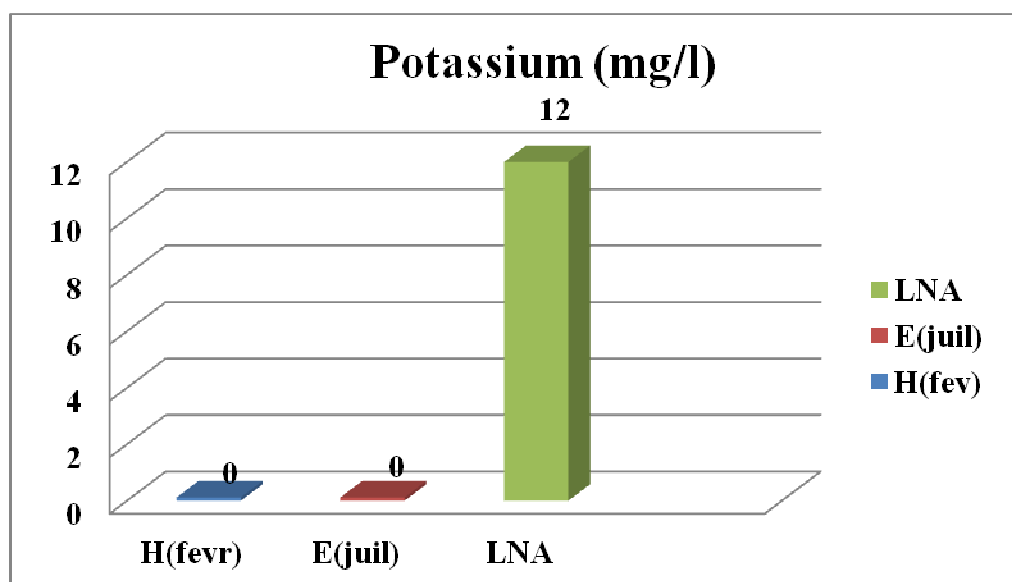
Nos résultats corroborent avec ceux trouvés par HAMMOUDI et CHEGRANI (2022) (3mg/l et 6mg/l) et ceux interprétés par BESSALEM ET HASSANI (2017) qui fluctuent entre 3 mg/l et 6 mg/l. Cependant, les résultats de TOUABI et ATEK(2022) qui fluctuent entre 40mg/l et 52 mg/l et ceux d'AMICHI et AMIRI (2020) qui fluctuent entre 7 mg/l et 10mg/l ainsi ceux de HOUMEL (2017) (8 mg/l et 50 mg/l) ne corroborent pas avec nos résultats mais répondent aux normes algériennes de potabilité des eaux.



**Figure 29 :** Variation du sodium entre les deux saisons hiver et été de la source Boudjafar pour l'année 2023

### 3.5. Potassium ( $K^+$ )

D'après la figure 30, nous remarquons l'absence de potassium dans l'eau de notre source (0mg/l pour les deux saisons) qui peut s'expliquer par l'absence d'une pollution diffuse des engrais phosphatés des sites agricoles qui pourraient provenir du lessivage des sols agricoles et aussi par la difficulté de mobilisation des ions  $K^+$  dans les eaux souterraines.

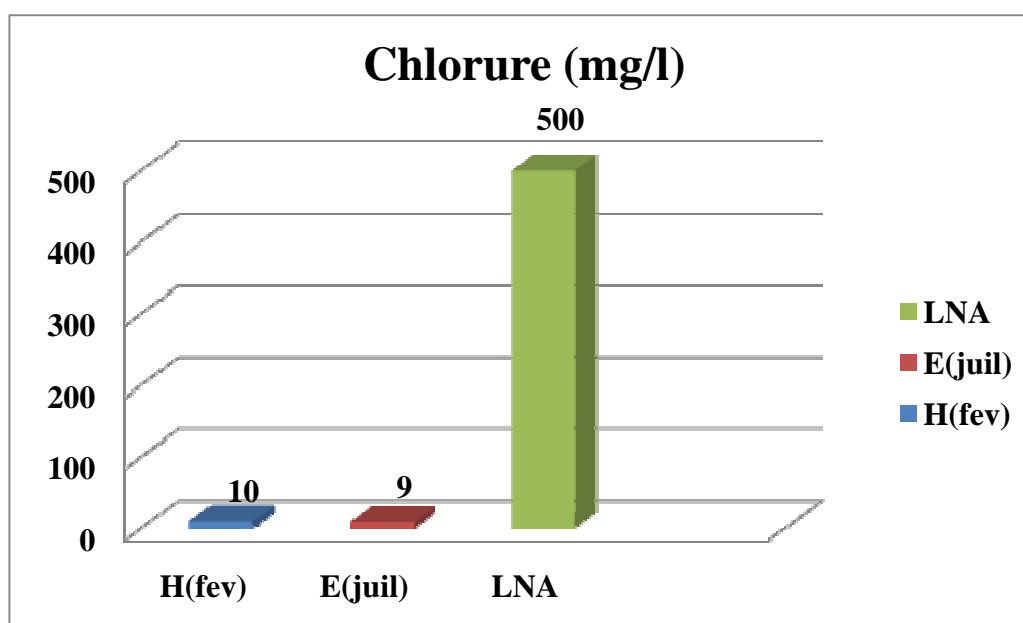


**Figure 30 :** Variation du potassium entre les deux saisons (hiver et été) de la source Boudjafar pour l'année 2023.

### 3.6. Chlorures (Cl<sup>-</sup>)

D'après la figure (31), l'eau de notre source présente une faible teneur en chlorure qui varie entre 9mg/l et 10mg/l. Ces pauvres teneurs en chlorures peuvent être liées à la nature des roches traversés.

Nos résultats sont similaires à ceux obtenus par AMICHI et AMIRI (2020) (valeur fixée à 11 mg/l pour les trois périodes d'échantillonnages février, Juillet, Septembre), ceux de HOUMEL (2017) (9,5 mg/l et 13,33 mg/l pour la source Thala Oumazar) ainsi que, ceux de HAMMOUDI et CHEGRANI (2022) (10mg/l et 11mg/l durant l'été 2021 et l'été 2022). Contrairement aux résultats obtenus par TOUABI et ATEK (2022) qui fluctuent entre 79mg/l en hiver et 85mg/l en été, ces valeurs dépassent nos résultats.

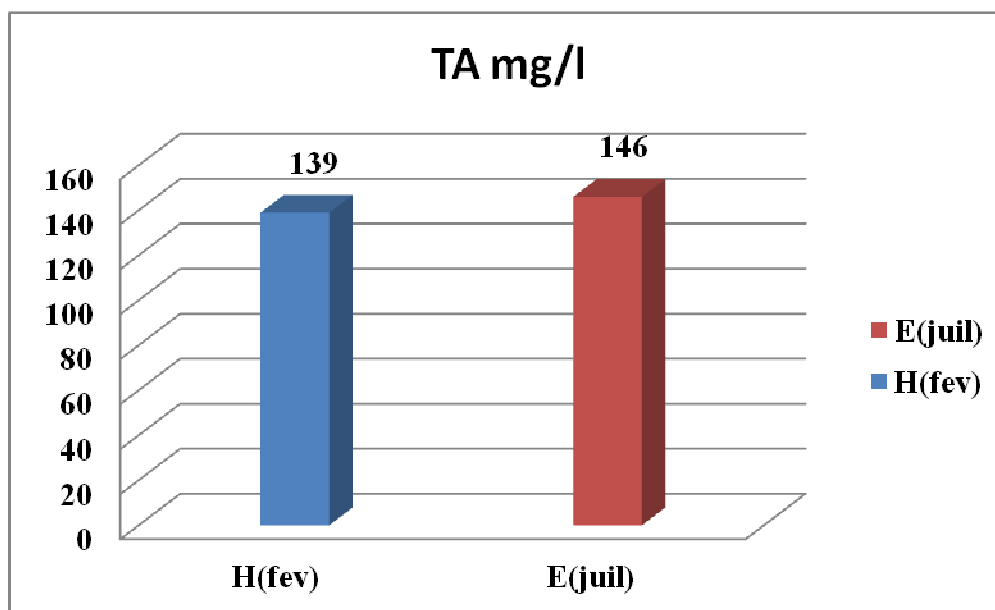


**Figure 31:** Variation des chlorures entre les deux saisons (hiver et été) de la source Boudjafar pour l'année 2023.

### 3.6. Titre alcalimétrique(TA)

D'après la figure (32), les valeurs des bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ) enregistrées pendant la période d'échantillonnage sont élevées (139 mg/l en février et 146 mg/l en juillet), cela peut s'expliquer par la nature des terrains traversés, et la présence du carbonate de calcium et de magnésium dans l'eau de la source. Les mesures algériennes ne fixent aucune valeur pour ce paramètre, puisque, quel que soit les teneurs en bicarbonate dans les eaux de consommation, la potabilité n'est pas affectée.

Nos résultats sont proches aux valeurs enregistrés par BESSALEM et HASSANI (2017) qui fluctuent entre (129.26 mg/l et 216.18 mg/l) et ceux de HAMMOUDI et CHEGRANI (2022) qui fluctuent entre 154 mg/l et 140mg/l pour l'été des deux années 2021 et 2022. Or, les résultats de HOUMEL (2017) (403.09 et 424.56 mg/l pour la source de Thala Toulmouts pour les deux périodes d'étude ; novembre 2016 et mai 2017) et ceux de TOUABI et ATEK (2022) (350mg/l et 354mg/l pour les deux saisons hiver et été exclusivement) ne sont pas en accord avec nos résultats.

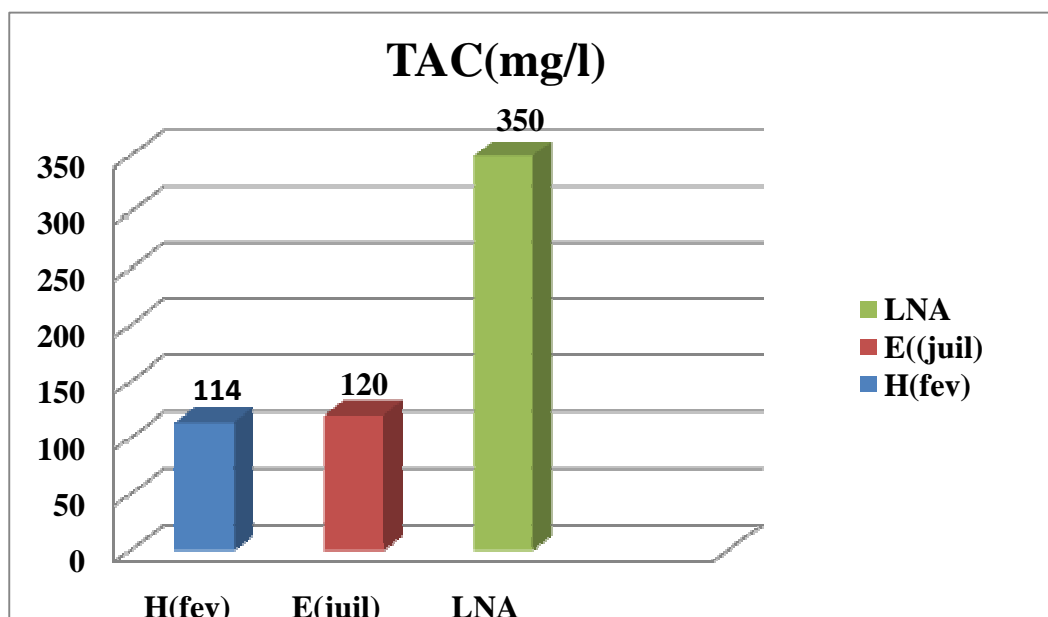


**Figure 32:** Variation de TA entre les deux saisons (hiver et été) de la source Boudjafar pour l'année 2023.

### 3.7. Titre alcalimétrique complet (TAC)

Selon la figure 33, la teneur en carbonates de l'eau analysée est de 114mg/l et 120mg/l pour les deux saisons hiver et été. Ces teneur sont relativement basses cela peut s'expliquer par la diminution en ions  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{OH}^-$  et  $\text{CO}_3^{2-}$ . Les résultats obtenus ne dépassent pas la limite de la norme algérienne relative à l'eau de boisson qui est fixée à 350mg/l.

Nos résultats sont proches à ceux de HAMMOUDI et CHEGRANI (2022) qui fluctuent entre 246 mg/l et 256mg/l pour l'été des années 2021 et 2022. Par contre, les résultats de TOUABI et ATEK (2022) ne concordent pas avec nos résultats (résultats fixés à 290 mg/l durant les deux saisons hiver et été). Les résultats d'AMICHI et AMIRI (2020) (170mg/l et 196 mg/l) et ceux de STITI et AKLI (2022) (mg/l et 370 mg/l pour les deux sources Thebout et Boukhira), ne concordent pas avec nos résultats.



**Figure 33:** Variation de TAC entre les deux saisons (hiver et été) de la source Boudjafar pour l'année 2023.

#### 4. Résultats des paramètres de pollution

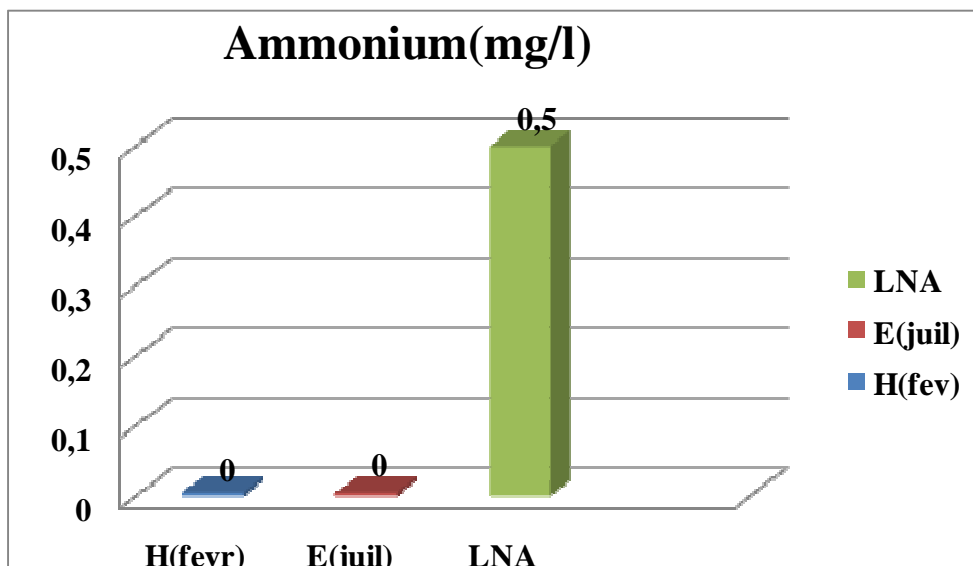
##### 4.1. Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ )

D'après la figure 34, les résultats des analyses ont révélé l'absence d'ammonium dans la source Boudjafar, ce qui peut être expliqué par la dégradation complète de la matière organique ce qui donne l'absence totale de la pollution ammoniacale.

Nos résultats sont similaires aux résultats de TOUABI et ATEK (2022) et ceux de OUHAMOUCHE et ZANE (2021) (résultats nuls au niveau des deux sources d'eau Thianserine et Thala Bouada), ainsi à ceux trouvés par BESSALEM et HASSANI (2017). Cependant, ces résultats sont opposés aux résultats trouvés par AKLI et STITI (2022) qui ont enregistré une valeur de 0.01 mg/l et de 0.02 mg/l (mois de mars et juin respectivement) de la source Boukhira, ainsi que ceux de HOUMEL (2017) qui varient entre 0 et 0.01 mg/l, et ceux d'AKKOUCHE et TIFOUNE (2021) qui ont enregistré une valeur de 0.01 mg/l, ces résultats ne conviennent pas avec les valeurs trouvées dans notre travail.

L'ammonium n'a pas d'effets sur la santé du consommateur, mais s'il dépasse la norme fixée à 0.5 mg/l, il sera considéré comme indicateur de pollution de l'eau, ainsi il doit être éliminé dans les eaux de consommation, car c'est un élément qui peut permettre à certaines bactéries de proliférer dans les réseaux de distribution et provoquer des goûts

désagréables quand il réagit avec le chlore pour former les chloramine. La réglementation algérienne fixe la valeur de 0.5 mg/l comme teneur limite en ammonium dans les eaux potables.

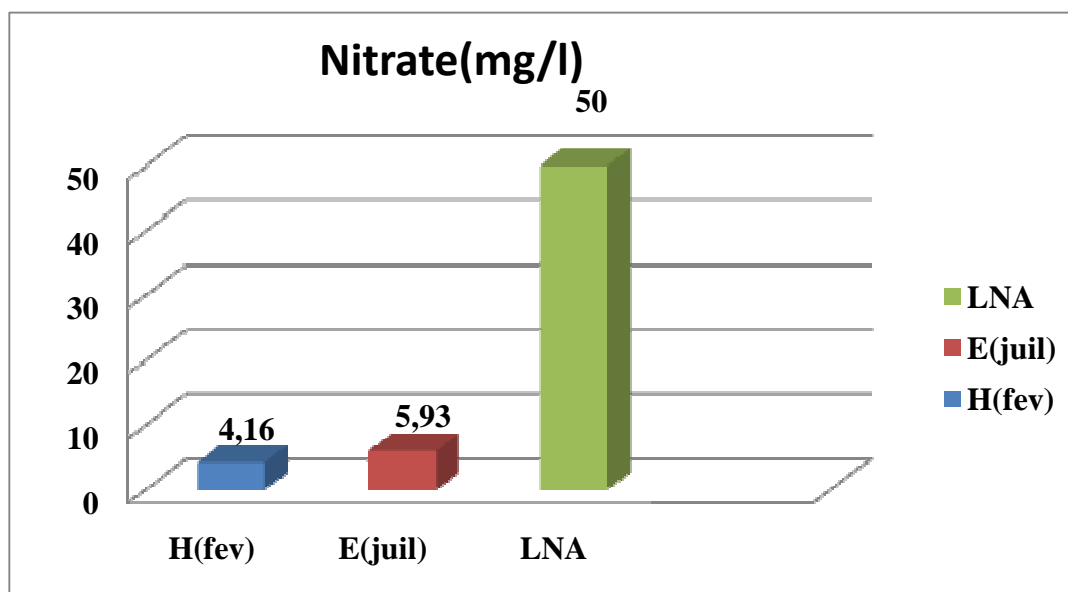


**Figure 34:** Variation d'ammonium entre les deux saisons (hiver et été) de la source Boudjafar pour l'année 2023.

#### 4.2. Nitrates ( $\text{NO}_3^-$ )

L'analyse des teneurs en nitrates dans la source étudiée (figure35), montre une légère variation 4.16 mg/l (en février) et 5.93 mg/l (en juillet). Cette présence des nitrates résulte probablement de la décomposition des matières organiques et minérales. Globalement, les résultats obtenus sont inférieurs à la norme décrite par la législation algérienne (50 mg/l) pour les eaux destinées à la consommation humaine. De ce fait, l'eau étudiée n'est pas assujettie à un risque de pollution par les nitrates.

Nos résultats se concordent avec les travaux réalisés par AKLI et STITI (2022) qui ont enregistré des résultats variant entre 3.67 mg/l et 4.64 mg/l. Or, les résultats d'ATEK et TOUABI (2022) qui fluctuent entre 19.16 mg/l et 20.7 mg/l, ne corroborent pas avec nos résultats.

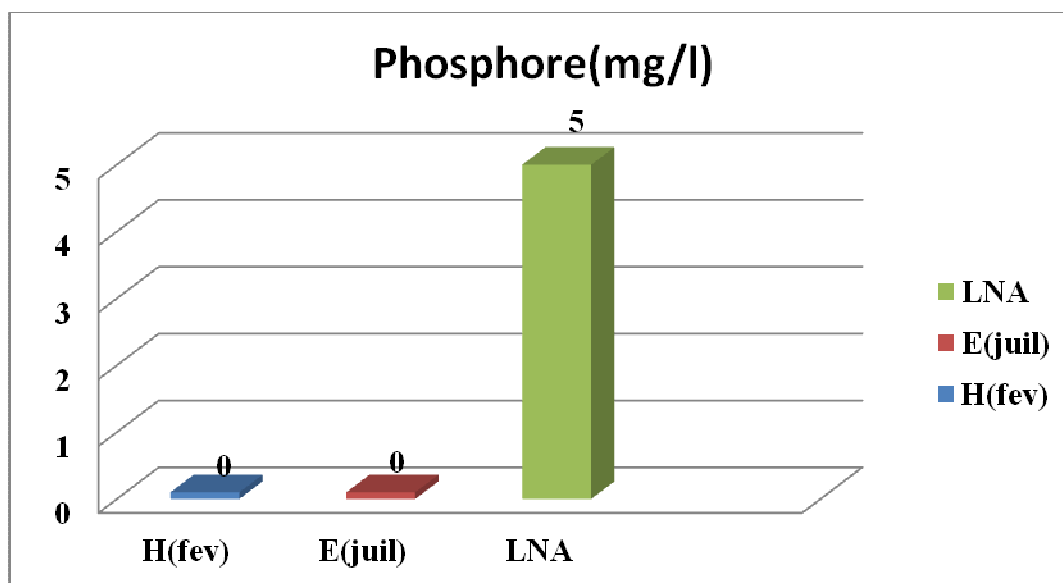


**Figure 35 :** Variation de nitrate entre le deux saisons (hiver et été) de la source Boudjafar pour l'année 2023.

#### 4.3. Phosphore

L'eau de la source analysée, selon la figure 36, présente une teneur nulle (0 mg/l) en phosphore pendant les deux mois, février et juillet, ceci est peut être dû à la quantité et le type des roches traversées qui ne sont probablement pas phosphatées ainsi à l'absence de leur érosion et celle du sol, et également l'absence de la pollution organique. De ce fait, la qualité de l'eau au niveau de la région d'étude est excellente. Les valeurs notées sont conformes à la norme algérienne qui est de 0.2 mg/l.

A la lumière des résultats d'AMICHI et AMIRI (2020) et ceux d'ATEK et TOUABI (2022) ainsi que ceux de HAMMOUDI et CHEGRANI (2022) qui ont trouvés des teneurs nulles en phosphate, ces résultats sont similaires aux résultats trouvés dans notre source étudiée. Cependant, les résultats de phosphate obtenus par AKLI et STITI (2022), OUHAMOUCHE et ZANE (2021) au niveau des deux sources Thala Bouada et Ait Naim de l'année 2019 et les résultats trouvés par HOUMEL (2017) (0.13mg/l), ainsi que les travaux de BESSALEM et HASSANI (2017) varient entre 0.05 et 0.15mg/l, ces résultats sont opposés avec ceux trouvés dans notre travail.

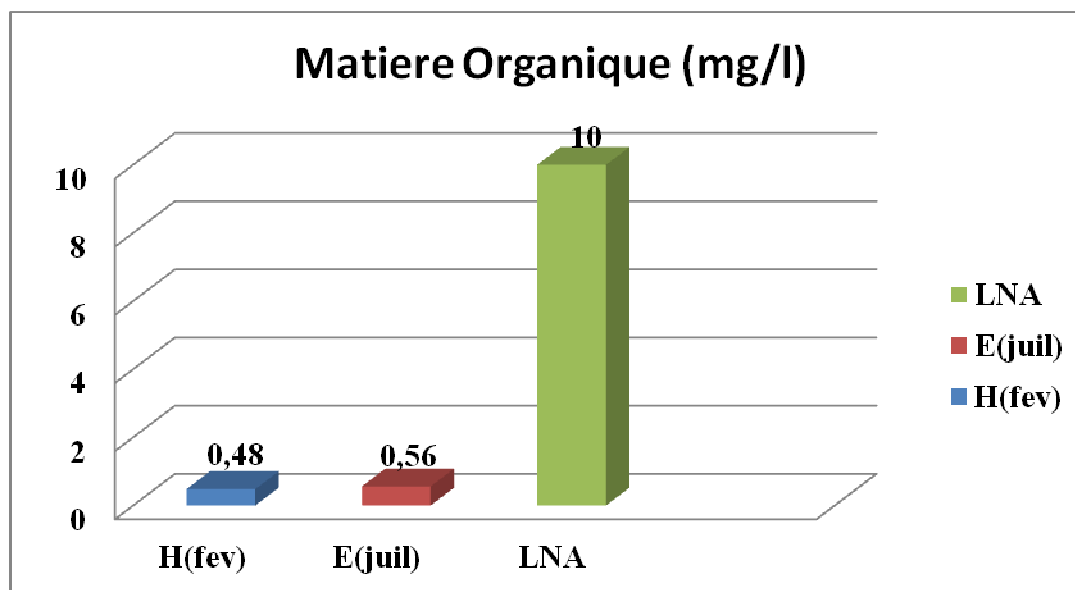


**Figure 36 :** Variation du phosphore entre les deux saisons (hiver et été) de la source Boudjafar pour l'année 2023

#### 4.4. Matière organique

Les résultats obtenus (Figure37), pour la source Boudjafar, concernant la matière organique oxydable montrent que l'eau de la source étudiée se caractérise par une faible concentration en matières organiques, qui est de l'ordre de 0.48 mg/l et 0.56 mg/l durant les deux mois, février et juillet 2023 respectivement. Selon la classification de Rodier (2006), nous pouvons dire que c'est une eau pure. Ces résultats restent inférieurs à 10 mg/l (norme algérienne des eaux potables). Ces faibles teneurs sont probablement causées par la décomposition d'origine végétale élaborée sous l'influence des micro-organismes.

Plusieurs auteurs ont travaillé sur la même problématique ayant trouvé des résultats similaires aux nôtres tels que YAHMI et ZEROUKHI (2022) (teneur en MO est entre 0.40 et 0.56 mg/l), AMICHI et AMIRI (2020) pour la source Thabout (les valeurs enregistrées varient entre 0.25 mg/l et 1.28 mg/l), ainsi que les travaux d'AKLI et STITI (2022) (varient entre 0.24 et 0.88 mg/l). Néanmoins, les résultats de d'ATEK et TOUABI (2022) qui fluctuent entre 0.08 mg/l et 0.32 mg/l et ceux de HAMMOUDI et CHEGRANI (2022) qui ont enregistré des valeurs de 0.16 et 0.32 mg/l, ne sont pas en accord avec nos résultats.



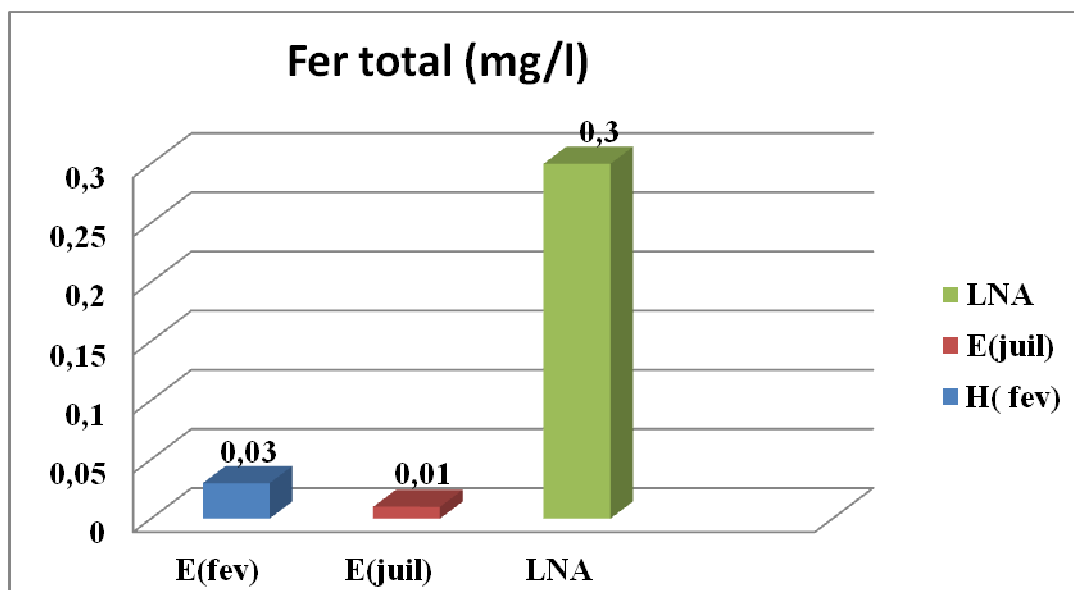
**Figure 37 :** Variation de M.O entre les deux saisons (hiver et été) de la source Boudjafar pour l'année 2023.

## 5. Résultats des paramètres indésirables

### 5.1. Fer total

Les résultats obtenus (Figure 38) montrent que les teneurs en fer de notre source étudiée sont comprises entre 0,01 et 0,03 mg/l pour les deux périodes, février et Juillet 2023, respectivement. Ces valeurs enregistrées en Fer sont très faibles et conformes à la limite fixée par la réglementation algérienne pour les eaux potables qui est de l'ordre de 0.30 mg/l, ce qui correspond à une bonne qualité d'une eau et qui permet d'éliminer les désagréments qui engendre la production du fer.

Nos résultats sont proches à ceux interprétés par TOUABI et ATEK (2022) (0.01 mg/l), ainsi à ceux de AKLI et STITI (2022) qui varient entre 0.01 mg/l et 0.03 mg/l pour la source Boukhira et ceux de HAMMOUDI ET CHEGRANI (2022) qui varient entre 0 mg/l et 0.03 mg/l. Les résultats des travaux effectués par HOUMEL (2017) qui varient entre 0.04 et 0.06mg/l, ainsi que les travaux de BESSALEM et HASSANI (2017) qui varient entre 0.05 et 0.06mg/l, montrent que ces valeurs sont au-dessous de la norme indiquée par l'Algérie. Ces résultats reflètent les résultats que nous avons trouvés dans notre travail.



**Figure 38 :** Variation du fer total entre les deux saisons (hiver et été) de la source Boudjafar pour l’année 2023

### 7. Résultats des analyses bactériologiques

L’analyse microbiologique est parmi l’une des indicatrices qui permet la classification de la qualité des eaux destinées à la consommation humaine.

Nos résultats sont présentés dans le tableau 08.

**Tableau 08 : Résultats des analyses bactériologiques de la source Boudjafar pour les deux périodes, février et juillet 2023.**

Germe	Période		Norme Algérienne de potabilité
	Février 2023	Juillet 2023	
Coliformes totaux (C/100ml)	0	14	0-50
<i>Escherichia-coli</i> (C/100ml)	0	1	0-20
Streptocoque fécaux (C/100ml)	0	0	0-20

C : Colonies

### 7.1. Coliformes totaux

La présence des coliformes totaux dans l'eau de source n'indique généralement pas une contamination d'origine fécale, néanmoins certaines souches identifiées peuvent dégrader la qualité bactérienne de l'eau. Cette dégradation peut être attribuée, entre autre, à une infiltration d'eau de surface dans la source. Ce paramètre représente une notion importante de la potabilité de l'eau.

Selon le tableau 08, le taux de coliformes totaux dans l'eau de la source Boudjafar, est nul (0C/100 ml) et cela pour le mois de février, contrairement en mois de juillet dont nous avons marqué la présence de ce type de microorganismes (14C/100ml), mais ce taux reste inférieur comparé aux normes définies par la réglementation algérienne qui est inférieur à 50C/100ml. Nos résultats répondent à cette norme recommandée.

Les travaux réalisés sur la même problématique par AKKOUICHE et TIFOUN (2021), HOUMEL (2017) (résultats varient entre 0 et 4C/100ml), ainsi ceux de BESSALEM et HASSANI (2017) (résultats varient entre 2 et 14C/100ml) pour la source Ainsar, sont similaires avec ceux que nous avons trouvés dans notre travail. Or, les résultats d'OUHAMOUCHE et ZANE (2021) qui sont compris entre 22C/100ml et 332C/100ml, YAHMI et ZEROUKHI (2022) (résultats varient entre 33C/100ml et 54C/100ml), ainsi que ceux de AMICHI et AMIRI (2020) (valeurs varient entre 100C/100ml et 1100C/100ml) ne concordent pas avec les résultats de notre travail.

### 7.2. Coliformes thermo tolérants (*E.coli*)

D'après les résultats obtenus (tableau 08), nous remarquons l'absence des bactéries d'*E.Coli* (0C/100 ml) dans la période d'hiver (février 2023). Contrairement à la période estivale (juillet 2023), nous avons marqué une apparition d'une seule colonie (1C/100 ml) de cette bactérie. Ces résultats répondent aux normes algériennes de potabilité, sachant que la limite est de 20C/100ml.

Nos résultats sont similaires à ceux trouvés par OUHAMOUCHE et ZANE (2021), pour les deux sources Thala Bouada et Ait Naim qui sont à l'ordre de 1C/100ml, et ceux de HOUMEL (2017) pour la source Thala Oumazar ou les résultats varient entre 1 et 4C/100ml, ainsi que les valeurs trouvées par YAHMI et ZEROUKHI (2022) qui révèlent des valeurs de 1 à 8C/100 ml). Par contre ceux de CHEGRANI et HAMMOUDI (2022) qui ont enregistré une valeur de 14C/100 ml, et ceux de BESSALEM et HASSANI (2017) qui ont enregistré 12C/100 ml et 240C/100 ml et cela au niveau de la source d'eau Thala Kebout, ainsi que ceux

d'AMICHI et AMIRI (2020) qui ont détecté un nombre variant entre 21C/100 ml et 1100C/100 ml, montrent que leurs résultats dépassent largement les résultats obtenus par notre analyse ; ne sont pas similaires avec ceux que nous avons trouvés.

### **7.3. Entérocoques intestinaux ou streptocoques fécaux**

Les streptocoques sont des bactéries indicatrices d'hygiène dans le monde entier, leur présence indique que l'eau de la source n'est pas hygiénique. La recherche de ces derniers dans l'eau permet d'évaluer sa qualité et de détecter une contamination d'origine fécale.

D'après le tableau 08 des résultats, nous avons constaté l'absence totale (0C/100ml) des entérocoques dans l'eau de la source Boudjafar pour les deux périodes d'échantillonnage, qui témoigne, l'absence de contamination fécale, donc l'eau de la source étudiée est pure.

Les travaux réalisés sur la même problématique par ATEK et TOUABI(2022), BESSALEM et HASSANI (2017) pour la source Ainsar, HOUMEL (2017) pour la source Thala Toulmouts ainsi que AKKOUCHE et TIFOUN (2021) qui ont tous révélé l'absence totale de ce type de bactéries (0C/100 ml), sont similaires à ceux que nous avons trouvés. Tandis que, les résultats trouvés par AKLI et STITI (2022), varient entre 2 et 43C/100ml, CHEGRANI et HAMMOUDI (2022) qui ont enregistré une valeur de 12C/100ml (en été 2021) ainsi que AMICHI et AMIRI (2021) (résultats varient entre 15 et 38C/100ml), ces résultats ne concordent pas à les nôtre.

*Conclusion*  
*Et*  
*Perspectives*

L'objectif de notre étude ayant porté sur l'analyse physico-chimique et bactériologique de la source Boudjafar située dans la commune d'Illoula Oumalou, sur deux périodes d'échantillonnage hivernale (février 2023) et estivale (juillet 2023).

Les résultats obtenus nous ont permis de qualifier l'eau de la source étudiée sur plusieurs plans.

Il en ressort de cette étude que :

\*Du point de vue organoleptique, les échantillons prélevés sont incolores (ne présentent ni odeur ni saveur désagréable) et elles sont dépourvue de tout arrière-goût.

\*Du point de vue physico-chimique, la majorité des paramètres analysés sont conformes à la réglementation nationale de potabilité.

En effet, les résultats ont montré que la température de cette eau est inférieure à 25°C, suit un rythme saisonnier, un pH basique, ainsi que les valeurs de la CE indiquent une minéralisation moyenne. Nous avons marqués une stabilité calcique et magnésienne, ainsi que des teneurs faibles en sodium (3 mg/l) et l'absence du potassium

S'agissant de la pollution organique, nos résultats marquent l'absence de tous types de pollution : absence totale d'ammonium et phosphate ainsi que des faibles teneurs matière organique (entre 0.48 et 0.56 mg/l) et surtout en nitrates entre 4.16 et 5.93 mg/l (qui sont connus pour leurs effets néfastes sur la santé), ceci traduit a une bonne qualité. Aussi le paramètre indésirable réponde aux normes où nous avons trouvé l'élément fer en quantité de trace (0.01 et 0.03mg/l). Donc nous pouvons dire que l'eau de cette source présente une stabilité en éléments. Les valeurs obtenues lors des analyses sont faisant référence aux normes algériennes.

Du point de vue bactériologique, les résultats d'analyses attestent la présence des coliformes totaux dans l'eau de la source en mois de juillet 2023 (période d'été), avec un nombre (14C/100ml) et qui reste toujours conforme aux normes fixées par la réglementation algérienne de potabilité (50C/100ml), nous avons constaté aussi l'apparition d'une seule colonie d'E-coli (1C/100ml) dans la même période. Cependant, les résultats du mois de février (période d'hiver) n'ont révélé aucune présence de ces microorganismes (0C/100ml). Quant aux streptocoques fécaux (entérocoques), ce paramètre important de l'étude microbiologique de l'eau, est nul ce qui résulte qu'il n'y a pas de contamination fécal. Ceci permet de dire que l'eau de notre source est, généralement, satisfaisante est loin d'être contaminée.

A la lumière des résultats obtenus au cours de ce modeste travail, nous pouvons conclure que l'eau de la source Boudjafar est de très bonne qualité physico-chimique ainsi que bactériologique, vue quelle est d'origine souterraine ce qui minimise les risques de contamination. De façon générale, l'eau de cette source est une eau conforme à la consommation humaine et peut répondre aux à besoins et ne présente pas de danger pour la santé. L'analyse de l'eau reste toujours nécessaire pour protéger le consommateur.

Dans ce sens, pour assurer la durabilité et la stabilité de la qualité de l'eau de la source et faire en sorte qu'elle reste potable, certaines recommandations sont nécessaires, à noter :

- ✓ Un suivi régulier (l'autocontrôle) de tous les paramètres physico-chimiques et bactériologiques ; à différentes périodes de l'année ;
- ✓ Préservation et protection des eaux de sources contre les pollutions par le respect des périmètres de protection et interdictions des activités polluantes aux alentours.

*Références*

*Bibliographiques*

1. **ABBOUDI A., TABYAOUI H. ET EL HAMICHI F. (2017).** Etude de la qualité physico-chimique et contamination métallique des eaux de surface du bassin versant de guïgou, Maroc. *European scientific journal*, vol(10), No 23, pp 84-94.
2. **AKHLAQUE S., AAQUEB S., RAZA U., RAFIQUE S., NADEEM N., (2017).** Wastewater treatment by aeration method. *IJCRT*. 5 (4). pp 869-874.
3. **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 «Tigzirt et Ouadhas». Mémoire de master en écologie et environnement. UMMTO, 54p.
4. **ALGEO., (1997).** Etude Géophysique dans la plaine de Guelma. Rapport Interne, 28 p.
5. **AMICHI N., AMIRI K., (2020).** Contribution à l'étude des paramètres physicochimiques et bactériologiques de l'eau de la source Thabout « Ouadhas, wilaya de Tizi Ouzou ». Mémoire de master en biodiversité et environnement. UMMTO.89 p.
6. **AMINOT A., GUILLAUD J. F., (1990).** Apports en matière organique et en sels nutritifs par les stations d'épuration, Actes de colloques N° 11, pp. 11-26, IFREMER, Centre de Brest.
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 écologie. UMMTO, 39p.
8. **BELHADJ M. Z., (2017).** Qualité des eaux de surface et leur impact sur l'environnement dans la Wilaya de Skikda. Thèse de doctorat en Sciences. Université Mohamed Khider. Biskra, pp07.
9. **BERNARD C., (2007).** Introduction à l'étude de la médecine expérimentale. Edition Bibliobazaar .Ilc, 400p.
10. **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 Ouadhas » wilaya de Tizi-Ouzou. Mémoire de master en Biologie. UMMTO.61 p.
11. **BOEGLIN J-C., (2001).** Propriétés des eaux naturelles. Technique de l'ingénieur, traité environnement, G 1110.
12. **BOUZIANI M., (2000).** L'eau de la pénurie aux maladies, Edition Ibn Khaldoun, Alger, 247p.
13. **CHADEN M. H., (2014).** Evaluation de la qualité de l'eau du bassin supérieur de la rivière du Litani, Liban : approche hydrogéochimique. Thèse de doctorat en géosciences. Université de Lorraine. Pp99.
14. **CHEVALIER PIERRE., (2003).** Coliformes fécaux. Groupe scientifique sur l'eau. Institut national de santé publique du Québec. Fiche Coliformes fécaux.
15. **C.I.F.F.Q.E., (2011).** Conseil Interministériel Fédéral de Formation sur la Qualité de l'Eau. Introduction aux micro-systèmes d'approvisionnement en eau potable. Manuel. Version1. 128p.

- 16. COULIBALY K., (2005).** Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau des puits de certains quartiers du district de Bamako. Thèse de doctorat en Médecine de Pharmacie et D'Odonto Stomatologie. Université de Bamako. Pp 33.
- 17. Dajoz R., (1982).** Précis d'écologie. 4ème édition, Gauthier Villars, 525p.
- 18. DEGREMONT., (1989).** Mémento technique de l'eau, Technique et documentation, tome 1, pp 5, 24,25.
- 19. DEGREMONT.,(2005).** Mémento technique de l'eau, Deuxième édition Tom1, 1718p.
- 20. DALARRAS C., (2003).** Surveillance Sanitaire et Microbiologique des Réglementation. Prélèvement., Analyse 2ème édition Lavoisier, pp 97.98.
- 21. DIRECTIVE DE L'UNION EUROPEENNE., (2020).** Journal Officiel de l'Union Européenne du Parlement Européen et du Conseil du 16 décembre 2020 relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine (refonte), 23.12.2020. FR. 62p.
- 22. CONRAD J.E., COLVIN C., SILILI O., GORGENS A., WAVER J., REINHARDT C., (1999).** Assessment of the impact of agricultural practices on the quality of groundwater resources in South Africa .Water research commissin, pretoria, South Africa report, pp 86-99.
- 23. DUVAL C., (1971).** L'eau que sais-je? Presse universitaire de France.
- 24. DESILLE D., (2012).** Conservation et traitement de l'eau à domicile. Guide pratique : Programme Solidarité Eau. 37p.
- 25. DJEMMAL S., (2008-2009).** Les ressources en eau et l'environnement, l'effet de la sebkha sur la qualité des eaux souterraines dans la partie sud-est de Sétif. Cas du Guidjal, Université de Constantine, Algérie.
- 26. GAUJOUS D., (1985).** La pollution des milieux aquatiques. Aide-mémoire. Édition: revue et augmenté, 49p.
- 27. GAUJOUS D. (1995).** La pollution des milieux aquatiques : Aide-mémoire. tec et doc Lavoisier, Paris, France, 217p.
- 28. GUILLEMIN C., ROUX J.C., (1992).** Pollution des eaux souterraines en France. Manuels et méthode N°23, édition. BRGM, 262p.
- 29. HAMED M., GUETTACHE A., BOUAMER L., (2012).** Etude des propriétés physico-chimiques et bactériologiques de l'eau du Barrage Djorf-Torba Bechar. Mémoire d'Ingénieur d'état en Biologie, Université des Sciences et Technologies Béchar, Béchar, Algérie, 18p.
- 30. HAMMOUDI S., CHEGRANI T.,(2021).** Analyse physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source Laïnsar Ouqarmoud au niveau de la commune d'Illoula Oumalou dans la région de Tizi-Ouzou. Mémoire de master en biodiversité et environnement. UMMTO.75p
- 31. HOUMEL T., (2017).** Contribution à l'étude des paramètres physicochimiques et bactériologiques sur deux périodes d'échantillonnage de deux sources d'eau au niveau de deux communes « Tizi Rached et Ait Toudert » Wilaya de Tizi Ouzou. Mémoire de Master en Biologie. UMMTO, 78p.

- 32. Hugo V., (2007).** Modélisation et commande floues de type takagi-sugeno appliquées à un bioprocédé de traitement des eaux usées. Thèse doctorat de l'université Paul Sabatier de Toulouse, France.201p.
- 34. KAHOUL M., TOUHAMI M., (2014).**Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux de consommation de la ville d'Annaba (Algérie). Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°19, pp 129-138.
- 35. KHELILI R., LAZALI D., (2015).** Etude des propriétés physico-chimiques et bactériologiques de l'eau du barrage Harraza (Wilaya de Ain Defla). 10p.
- 36. LEGUBE B., (2018).**La production d'eau potable, un enjeu majeur de santé publique. Encyclopédie de l'environnement. 9p.
- 37. METAHRI MOHAMMED SAÏD., (2012).**Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes. Cas de la STEP est de la ville de Tizi-ouzou, Thèse de doctorat en Agronomie, 138p.
- 38. OUHAMOUCHE CH., ZANE N., (2021).** Evaluation des paramètres physicochimiques et bactériologiques des eaux de trois sources (Thianserine, ThalaBouada et Ait Naïm) dans la région de Tizi-Ouzou. Mémoire de Master en Sciences Biologiques. UMMTO. 66p.
- 39. O.M.S., (2017).** Organisation Mondiale de la Santé. Directives de qualité pour l'eau de boisson. 4ème Edition. 564p
- 40. POTELON J., ZYSMAN K., (1998).**Le guide des analyses d'eau potable. Ed.la lettre du cadre territoriale. Paris. France, 253p.
- 41. PUJEH JUNIOR M., GOGRA A., KAISAM P., KUDUSH Y., (2021).** Physicochemical and bacteriological analysis of the quality of sachet water and their source point (spring box) consumed in Bo city, Sierra Leone. *JECE*. 13(1). pp 14-22.
- 42. RAMADE F., (2000).**Dictionnaire encyclopédiques des pollutions : les polluants : de l'environnement à l'homme .Ediscience international, 690p.
- 43. RODIER J., LEGUBE B., MERLET N., (2009).**L'analyse de l'eau. 9ème éd. Dunod. Paris. 1579p.
- 44. RODIER J., (1996).**L'analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mers. 8ème. Ed. Dunod. Paris. France.1383p.
- 45. RODIER J., (2005).**L'analyse de l'eau. Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eaux de mers. 8ème .Ed. Dunod. Paris. France.1381p.
- 46. RODIER J., BAZIN C., BROUTIN JP., CHAMBO P., CHAMPASOUR H., (1984).**L'analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer, chimie physico-chimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats série environnement et sécurité. 4ème édition – pris : Dunod.486p.
- 47. SIGG., (2006).** Chimie des milieux aquatiques : chimie des eaux naturelles et des interfaces dans l'environnement. Paris : 4ème édition : Dunod.564p.

- 48. YAHMI H., ZEROUKHI D., (2022).**Analyse de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source Thala Ouguellidh au niveau de la commune de Mechtras dans la région de Tizi Ouzou. Mémoire de master en écologie. UMMTO, 71p.

## Résumé

Dans le but d'évaluer la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source Boudjafar, située dans la commune d'Illoula Oumalou, région de Tizi-Ouzou, une étude a été menée sur des échantillons d'eau prélevés pour les deux périodes, hiver (février 2023) et été (juillet 2023), en référence aux normes algériennes des eaux de consommation. Nous avons effectué des analyses sur les paramètres physico-chimiques et bactériologiques. Les résultats des analyses pour les paramètres physico-chimiques montrent une conformité aux normes algériennes de potabilité, ainsi les paramètres de pollution, ont révélés des résultats nuls notamment l'ammonium et les phosphates. L'eau analysée ne présente aucune trace de paramètre indésirable (fer). Les résultats d'analyse bactériologiques ont marqué l'absence des entérocoques et *Escherichia coli*, à l'exception des coliformes dont un faible nombre a été détecté (14C/100ml) mais qui reste toujours inférieur à la norme (50C/100ml). Nous pouvons conclure que l'eau de notre source est potable, d'une bonne qualité et propre à la consommation humaine

### Mots clés :

Eau de source Boudjafar, paramètres physicochimiques, paramètres bactériologiques, normes algériennes de potabilité, Illoula Oumalou

## Summary

With the aim of evaluating the physicochemical and bacteriological quality of the water from the Boudjafar source, located in the commune of Illoula Oumalou, region of Tizi Ouzou, a study was carried out on water samples taken for the two periods, winter (February 2023) and summer (July 2023), with reference to Algerian standards for drinking water. We carried out analyzes on physicochemical and bacteriological parameters. The results of the analyzes for the physicochemical parameters show compliance with Algerian drinking standards, as well as the pollution parameters, revealing zero results notably ammonium and phosphates. The water analyzed shows no trace of potential parameters (iron). The bacteriological analysis results showed the absence of enterococci and *Escherichia coli*, with the exception of coliforms of which a low number was detected (140C/100ml) but which still remained below the standard (50C/100ml). We can conclude that the water from our source is drinkable, of good quality and fit for human consumption.

### Keywords:

Boudjafar spring water, Illoula Oumalou, physicochemical parameters, bacteriological parameters, Algerian drinking standards.