

*République Algérienne Démocratique et Populaire*

*Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique*

**Université A. MIRA - Béjaia**

**Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie**

**Département des sciences biologiques de l'environnement**

**Spécialité biodiversité et sécurité alimentation**



**Réf : .....**

**Mémoire de Fin de Cycle**

**En vue de l'obtention du diplôme**

**MASTER**

*Thème*

**Analyses physicochimique et  
bactériologique des eaux distribuées par  
l'ADE de Béjaia**

Présenté par :

**Rehrah Sara & Bouabida Iméne**

Soutenu le : 30 juin 2024

Devant le jury composé de :

M. Sidi Hachemi	MCA	Président
M. Ben Hamiche Nadir	MCA	Encadreur
Mme. Mankou Nadia	MCB	Examinatrice

**Année universitaire : 2023 / 2024**

# *Remerciements*

Nous remercions Dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

Tout d'abord, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement de Mr **Ben Hamiche Nadir**. Nous le remercions pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, sa rigueur et sa disponibilité durant la préparation de ce mémoire.

Nous tenons à exprimer vivement nos remerciements aux membres du jury, M **Sidi Hachemi**, et Mme **Mankou Nadia**, pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre travail en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs remarques.

Ensuite, nous tenons à remercier également la responsable du laboratoire de l'Algérienne des eaux Mme **Touchene Nabila** d'avoir accepté que nous entamions notre stage au sein de leur organisme, et aussi à remercier nos formateurs, plus spécialement Mme **Hettak Nabila**, Mme **Seddaoui Sonia**, Mme **Belmouloud Samira**, M **Hellal Azzedine** de nous avoir incité à travailler en mettant à notre disposition leurs expériences, leurs compétences, ainsi que le personnel de l'ADE.

# *Dédicaces*

A l'aide de Dieu le tout puissant qui m'a tracé le chemin de ma vie, j'ai pu réaliser ce travail que je dédie à :

A l'homme, mon précieux offre de Dieu, qui doit ma vie, ma réussite et tout mon respect : mon cher père **Athmane**.

A la femme qui a souffert sans me laisser souffrir, et qui m'a toujours poussé et motivé :  
Ma mère **Ouassila**.

A mes cher frères : **Takfarinas, Islam** et **Oussama** et à ma chère sœur : **Sonia** qui n'ont pas cessés de me conseiller, encourager, et soutenir au long de mes études.

Et aussi à mon fiancé **Khaled** qui a été toujours à mes côtés.

A ma meilleure amie et ma sœur **Liza**.

Sans oublier mon binôme **Iméne** et à toute sa famille.

**Sara**

## *Dédicaces*

A mon chère papa **Said**, bien que tu n'es pas parmi nous mais tu es toujours gravé dans mon cœur, à toi qui m'a accompagné dans mes premiers pas, que dieu vous accueille dans son vaste paradis.

A ma mère qui m'a donnée la vie et la source de mon courage et mon inspiration celle qui n'a jamais dit non à mon exigence merci à toi mon adorable maman **Nadia**.

A mon unique et meilleur frère **Riadh** je suis fière et heureuse de t'avoir à mes coté.

A mon cher mari **Ghani** qui m'a soutenu et encouragé dans chaque moment de désespoir. Tu m'as donnée la force de réaliser mes ambitions, que dieu te protège et te garde pour moi.

A ma petite Princesse **Elina** ma lumière et ma raison de ce combat.

A ma binôme **Sara** et tout sa famille.

A tous ceux qui ont été là pour moi dans le meilleur et dans le pire merci à vous ma famille.

## Liste des figures

**Figure 1** : Schéma d'une molécule d'eau

**Figure 2** : Schéma du cycle de l'eau

**Figure 3** : Carte de situation de l'ADE et du réservoir central

**Figure 4** : Réservoirs EGZIB

**Figure 5** : Photo représentant le prélèvement d'eau de robinet

**Figure 6** : photo de turbidimètres

**Figure 7** : Photo montrant un excès d'ammonium

**Figure 8** : Photo montrant la détermination des nitrates

**Figure 9** : Stérilisation du robinet avant prélèvement

**Figure 10** : Photo montrant la détermination des germes totaux

**Figure 11** : Photo montrant la présence d'une colonie noire des ASR

**Figure 12** : variation de pH sur les deux réservoirs

**Figure 13** : variation de la T° sur les deux réservoirs

**Figure 14** : variation de la conductivité

**Figure 15** : variation de la turbidité

**Figure 16** : variation d'ammonium sur les deux réservoirs

**Figure 17** : variation de taux de nitrite

**Figure 18** : Variation de TH sur les deux réservoirs

**Figure 19** : variation de l'alcalinité

**Figure 20** : variation de taux de chlorure sur l'EGZIB et réservoirs central

**Figure 21** : variation des sulfates sur les deux réservoirs

**Figure 22** : variation de la quantité de calcium sur les deux réservoirs

**Figure 23** : variation de taux de magnésium

**Figure 24** : variation de TAC

**Figure 25** : variation de sodium des deux réservoirs

**Figure 26** : variation des nitrates sur l'EGZIB et réservoir central

**Figure 27** : présentation des germes totaux le 26/02

**Figure 28** : présentation des germes totaux le 03/03

## **Liste des tableaux**

**Tableau I** : Normes algériennes des paramètres physicochimique et bactériologie pour l'eau Potable (**JORA, 2014**)

**Tableau II** : Calendrier des prélèvements d'eau

**Tableau III** : les éléments analysés pendant la période de stage

## **Liste des annexes**

**Annexe 1** : détermination de l'alcalinité

**Annexe 2** : détermination des chlorures

**Annexe 3** : détermination de la dureté totale

**Annexe 4** : détermination de la dureté calcique

**Annexe 5** : détermination des sulfates

**Annexe 6** : détermination de fer

**Annexe 7** : détermination de nitrates

**Annexe 8** : détermination des nitrites

**Annexe 9** : recherche des coliformes

**Annexe 10** : recherche des clostridium sulfito-réducteur

**Annexe 11** : recherche des entérocoques

**Annexe 12** : résultats des analyses physicochimiques partiels du 1<sup>ère</sup> et 2<sup>ème</sup> semaine

**Annexe 13** : résultats des analyses physicochimiques partiels du 3<sup>ème</sup> semaine

**Annexe 14** : résultats des analyses physicochimiques totales

**Annexe 15** : résultats des paramètres bactériologiques

## **Liste des abréviations**

**ADE** : algérienne des eaux.

**EDEMIA** : entreprise de la distribution des eaux minérales et industrielles d'assainissement.

**OMS** : organisation mondiale de la santé.

**NTU** : nephelometric turbidity unit.

**pH** : potentiel d'hydrogène.

**TDS** : teneur en sels dessous.

**TA** : titre alcalimétrique simple.

**TAC** : titre alcalimétrique complet.

**TH** : titre hydrométrique.

**ASR** : anaérobie sulfite-réducteurs.

**VF** : viande fois.

**TSA** : gélose trypticase soja.

**BEA** : bile esculine-azoture-agar.

**TGEA** : gélose glucose tryptone-extrait de levure.

Liste des figures  
Liste des tableaux  
Liste des annexes  
Liste des abréviations

## Table des matières

INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	14
<b>CHAPITRE 1 : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE SUR L'EAU ET LES PARAMÈTRES DE POLLUTIONS</b>	
<b>I. Généralité de l'eau .....</b>	<b>2</b>
<b>I.1. Définition de l'eau .....</b>	<b>2</b>
<b>I.2. Composition de l'eau .....</b>	<b>2</b>
<b>I.3. Le cycle de l'eau .....</b>	<b>2</b>
<b>I.4. Définition de l'eau potable .....</b>	<b>3</b>
<b>I.5. Origine de l'eau potable .....</b>	<b>3</b>
<b>I.5.1. Les eaux souterraines.....</b>	<b>4</b>
<b>I.5.2. Eau superficielle .....</b>	<b>4</b>
<b>II. L'eau en Algérie.....</b>	<b>4</b>
<b>III. Pollution de l'eau .....</b>	<b>4</b>
<b>III.1. Définition .....</b>	<b>4</b>
<b>III.2. Origine de la pollution.....</b>	<b>5</b>
III.2.1. Selon type de polluant.....	5
III.2.2. Selon l'origine de la pollution .....	5
<b>IV. Paramètre organoleptique.....</b>	<b>6</b>
<b>IV.1. La couleur.....</b>	<b>6</b>
<b>IV.2. L'odeur .....</b>	<b>6</b>
<b>IV.3. Le gout .....</b>	<b>6</b>
<b>V. Paramètres physicochimique .....</b>	<b>7</b>
<b>V.1. Température .....</b>	<b>7</b>
<b>V.2. Potentiel d'hydrogène .....</b>	<b>7</b>
<b>V.3. Conductivité .....</b>	<b>7</b>
<b>V.4. La turbidité.....</b>	<b>8</b>
<b>V.5. Oxygène dissous.....</b>	<b>8</b>
<b>V.6. Matière en suspension (MES) .....</b>	<b>8</b>
<b>V.7. Résidus secs .....</b>	<b>8</b>
<b>V.8. Salinité .....</b>	<b>8</b>

<b>VI.</b>	<b>les paramètres de minéralisation globale</b> .....	9
VI.1.	dureté totale.....	9
VI.2.	Chlorure ( $Cl^-$ ).....	9
VI.3.	Sulfate ( $SO_4^{2-}$ ).....	9
VI.4.	L'alcalinité.....	9
VI.5.	Sodium ( $Na^{2+}$ ).....	9
VI.6.	Calcium ( $Ca^{2+}$ ).....	10
VI.7.	Potassium ( $K^+$ ).....	10
VI.8.	Magnésium ( $Mg^{2+}$ ).....	10
<b>VII.</b>	<b>paramètres indésirables</b> .....	10
VII.1.	Fer ( $Fe^{2+}$ ).....	10
VII.2.	Manganèse (Mn).....	11
VII.3.	Aluminium (Al).....	11
<b>VIII.</b>	<b>Paramètres de pollution</b> .....	11
VIII.1.	Matière organique.....	11
VIII.2.	L'azote ammoniacal ( $NH_4^+$ ).....	11
VIII.3.	Les nitrates ( $NO_3^-$ ).....	11
VIII.4.	Les nitrites ( $NO_2^-$ ).....	12
VIII.5.	Demande chimique en oxygène (DCO).....	12
VIII.6.	Demande biochimique en oxygène (DBO).....	12
VIII.7.	Phosphate ( $PO_3^{4-}$ ).....	12
<b>IX.</b>	<b>paramètres bactériologique</b> .....	12
IX.1.	les coliformes.....	13
IX.1.1.	<i>Escherichia coli</i> .....	13
IX.2.	Streptocoques.....	13
IX.3.	Les clostridium sulfito-réducteurs.....	13
<b>X.</b>	<b>Les normes de potabilités en Algérie</b> .....	13

## CHAPITRE 2 : MATÉRIEL ET MÉTHODES.

<b>I.</b>	<b>Description de l'organisme d'accueil</b> .....	15
<b>II.</b>	<b>Présentation des réservoirs de prélèvement des échantillons d'eaux</b> .....	15
II.7.	réservoir centrale.....	15
II.2.	Réservoir EGZIB.....	15
<b>III.</b>	<b>Echantillonnage</b> .....	16
<b>IV.</b>	<b>Analyses physicochimiques</b> .....	17

IV.1.	Température .....	17
IV.2.	Potentiel d'hydrogène .....	17
IV.3.	Conductivité .....	17
IV.4.	Turbidité.....	18
IV.5.	Test de chlore.....	18
IV.6.	Salinité .....	18
IV.7.	Détermination de la dureté totale (TH) .....	18
IV.8.	Chlorure ( $\text{Cl}^-$ ) .....	19
IV.9.	Sulfate ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) .....	19
IV.10.	Détermination de l'alcalinité ( $\text{HCO}_3^-$ ).....	19
IV.11.	Détermination de la dureté calcique ( $\text{Ca}^{2+}$ ).....	19
IV.12.	Sodium ( $\text{Na}^{2+}$ ) et potassium ( $\text{K}^+$ ).....	19
IV.13.	magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ).....	20
IV.14.	Fer ( $\text{Fe}^{2+}$ ).....	20
IV.15.	Détermination de l'azote ammoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ).....	20
IV.16.	Les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) .....	20
IV.17.	Les nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) .....	20
V.	Analyses bactériologiques .....	21
V.1.	Les coliformes.....	21
V.2.	Les streptocoques .....	22
V.3.	Les germes totaux.....	22
V.4.	Les clostridium-sulfite réducteur .....	22

### CHAPITRE 3 : RÉSULTAT ET DISCUSSIONS

I.	Introduction .....	24
II.	Résultats des paramètres physicochimiques partiels .....	24
II.1.	pH .....	24
II.2.	Température.....	24
II.3.	Conductivité .....	25
II.4.	Turbidité.....	26
II.5.	Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ).....	26
II.6.	Nitrite ( $\text{NO}_2^-$ ).....	27
III.	Résultats des paramètres physicochimiques totaux .....	27
III.1.	Dureté totale (TH).....	27
III.2.	Alcalinité ( $\text{HCO}_3^-$ ).....	28

<b>III.3.</b>	<b>Chlorure</b> .....	29
<b>III.4.</b>	<b>Sulfate ( <math>SO_4^{2-}</math> )</b> .....	29
<b>III.5.</b>	<b>Calcium ( <math>Ca^{2+}</math> )</b> .....	30
<b>III.6.</b>	<b>Magnésium ( <math>Mg^{2+}</math> )</b> .....	30
<b>III.7.</b>	<b>Titre alcalimétrique (TA et TAC)</b> .....	31
<b>III.8.</b>	<b>Sodium ( <math>Na^+</math> )</b> .....	31
<b>III.8.</b>	<b>Nitrate ( <math>NO_3^-</math> )</b> .....	32
<b>III.9.</b>	<b>Fer ( <math>Fe^{2+}</math> )</b> .....	32
<b>IV.</b>	<b>résultats des paramètres bactériologiques</b> .....	33
	<b>CONCLUSION GÉNÉRALE</b> .....	24
	<b>RÉFÉRENCE BIBLIOGRAPHIQUE</b> .....	34

**Annexes**

## **INTRODUCTION GÉNÉRALE**

La terre est généralement appelée la «planète Bleue» car l'eau représente trois quarts de sa surface (**Kherifi et Achi, 2016**). L'eau représente un pourcentage très important dans la constitution de tous les êtres vivants. Les eaux de surface occupent la plus grande partie du globe terrestre. Environ 98% de ces eaux sont des eaux marines. Les 2% restants constituent les eaux continentales représentées par les rivières, les lacs et les étangs (**Gleick, 1993 ; Gerard, 1999**)

Bien qu'elle soit un composé simple, l'eau est une substance remarquable. Elle est à la fois la source et le moteur de la vie (**Sadoune et Derradji, 2013**). Elle est utilisée pour la consommation domestique, agricole et industrielle (**Mazzuoli, 2012**)

Une eau destinée à la consommation humaine est potable lorsqu'elle est exemptée d'éléments chimiques et/ou biologiques susceptibles de nuire, à plus ou moins long terme, à la santé des individus. Par conséquent, et en fonction des caractéristiques de l'eau brute destinée à la production de l'eau potable, la mise en place de traitements spécifiques s'avère le plus souvent nécessaire afin de répondre aux exigences réglementaires établies par les organismes de la santé publique (**John et Donald, 2010**).

En Algérie, les sources d'eau potable sont d'origine souterraine ou de surface. La plupart des algériens consomment de l'eau potable qui provient généralement des eaux de surface stockées dans des barrages après un traitement préalable dans des stations de traitement pour fournir une eau qui respecte les norme algériennes de potabilité (**Kahoul et Touhami, 2014 ; Ouahchia et al., 2015**).

Les analyses de l'eau ont un rôle très important dans le suivi de la potabilité. Elles permettent d'anticiper d'éventuelles contaminations des eaux destinées à la consommation (**Henri, 2012**).

Ce travail a pour objectif de réaliser une étude comparative sur les qualités physicochimique et bactériologique de l'eau distribué par l'ADE de Bejaia afin de suivre sa potabilité pour la consommation humaine au niveau de la région de Bejaia.

En plus de l'introduction, la conclusion et les recommandations, ce travail est organisé en 3 grands chapitres :

- Le premier chapitre est une revue bibliographique sur l'eau, son origine et son importance. La pollution de l'eau et les normes admises sont également abordées dans ce chapitre ;
- Le deuxième chapitre, appelé matériel et méthodes, comprend la présentation de l'organisme d'accueil (ADE de Bejaia), l'échantillonnage ainsi que les méthodes d'analyses utilisées ;
- Le troisième chapitre est consacré à la présentation des résultats et leurs interprétations.

**CHAPITRE 1 : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE SUR  
L'EAU ET LES PARAMÈTRES DE POLLUTIONS**

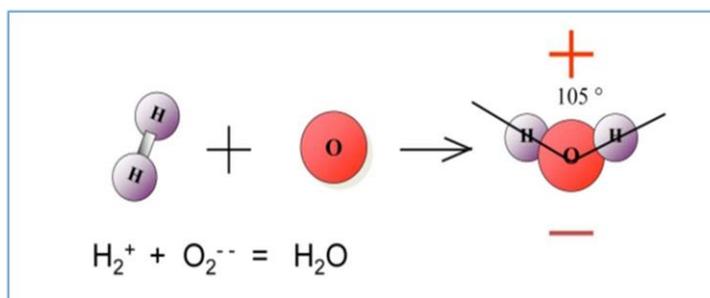
## I. Généralités sur l'eau

### I.1. Définition de l'eau

L'eau un liquide incolore, inodore, sans saveur et de pH neutre. C'est un excellent solvant entrant dans la composition de la majorité des organismes vivants. L'eau s'allie avec certains sels pour former des hydrates et réagit avec des oxydes de métaux pour former des acides. Elle est utilisée comme catalyseur dans de nombreuses réactions chimiques importantes (Aubry et Gaüzère, 2011).

### I.2. Composition de l'eau

La molécule d'eau (Fig. 1) est une molécule exceptionnelle dont les propriétés particulières liées à sa nature dipolaire, ont permis la vie sur la terre. La formation de liaisons hydrogènes entre les molécules explique que, sous nos conditions de température et de pression, il existe une phase liquide abondante sur notre planète. La molécule d'eau, de formule  $H_2O$  est composée d'un atome d'oxygène et de deux atomes d'hydrogène liés à l'atome d'oxygène par deux liaisons de covalence. Sa masse molaire est de 18g (Schriver & Mazzuoli, 2012).



**Figure 1.** Schéma d'une molécule d'eau (Benmoussa, 2018)

### I.3. Le cycle de l'eau

De l'océan à la terre, le cycle de l'eau est principalement lié au processus d'évaporation, qui génère de la vapeur d'eau qui se déplace vers les continents sous forme de pluie (Fig. 2). Cette étape est particulière car elle ne transfère que de l'eau dans l'atmosphère. En fait, lors de l'évaporation, presque tous les minéraux restent dans l'océan. Cela conduit à une concentration des éléments minéraux dans l'eau (Atteia, 2015).

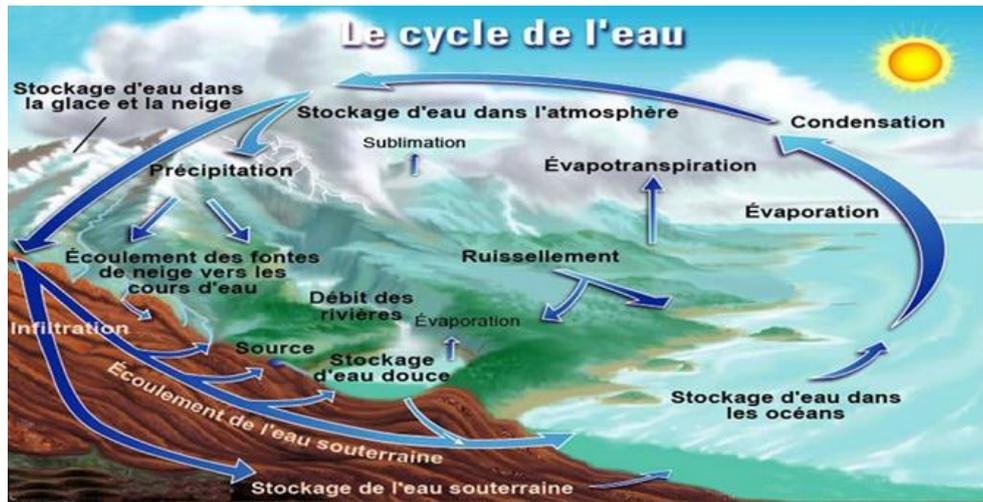


Figure 2. Schéma de cycle de l'eau (Bouchet, 2022).

Les étapes du cycle de l'eau sont (Debbak, 2012).

- **Evaporation** : chauffée par le soleil, l'eau des océans, des rivières et des lacs s'évapore et monte dans l'atmosphère ;
- **Condensation** : Au contact des couches d'air froid de l'atmosphère, la vapeur d'eau, ces minuscules gouttelettes qui sont poussées par les vents se rassemblent en gouttes de pluies ;
- **Précipitations** : Les gouttes issues de la condensation se transforment en nuage qui par gravité et dépression, déversent leurs contenus sur la terre sous forme de neige, grêle ou pluie ;
- **Ruissèlement**: La plus grande partie d'eau part directement dans les océans, le reste forme des nappes souterraines qui donnent naissance à des sources pour aller grossir les rivières qui à leur tour alimentent les océans.

#### I.4. Définition de l'eau potable

L'eau potable est une eau remplissant les normes de qualité, qu'elle peut être bue, cuite ou utilisée à des fins domestiques et industrielles sans danger pour la santé (OMS, 2021). L'eau potable doit répondre à un certain nombre de normes physicochimiques et microbiologiques. Elle ne doit pas contenir de fortes concentrations de microorganismes, 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).

#### I.5. Origine de l'eau potable

L'eau de robinet provient en général des nappes souterraines et des eaux de surface :

### **I.5.1. Les eaux souterraines**

Les eaux souterraines regroupent l'ensemble des réserves d'eaux qui se trouvent dans le sous-sol. L'eau est stockée dans des zones appelées aquifère, composées de roches poreuses et/ou fissurées. L'eau peut s'accumuler dans ces espaces vides pour former des nappes, qui occupent tout ou une partie de l'aquifère (**Eau France, 2019**).

### **I.5.2. Eau superficielle**

Les eaux de surface ou superficielles regroupent les cours d'eau (rivières ou fleuves) et des retenues naturelles ou artificielles. Ces eaux de surface ont une qualité plus ou moins régulière selon les rejets qui s'y déversent ou encore selon le ruissèlement des pluies. Elles ont l'avantage de la quantité mais l'inconvénient majeur d'être fortement chargées en matières en suspension, voire en éléments pathogènes ; ce qui implique des traitements souvent complexes et onéreux pour rendre l'eau potable pour des usages domestiques (**Hounsounou et al., 2016**).

## **II. L'eau en Algérie**

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

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

### **III.1. Définition**

L'eau est devenue rare, précieuse, voire menacée sur la planète bleue, alors que les ressources sont abondantes. L'eau est devenue un or bleu, à la fois menacée et inégalement réparti. Mauvaise anticipation des sécheresses, surconsommation, pollutions agricoles et urbaines, etc. tous ces facteurs, humains plus que naturels, engendrent de grandes pénuries d'eau dans le monde (**Camille, 2018**). Les pollutions de l'eau peuvent se présenter sous différentes formes, notamment chimiques, bactériologiques ou physiques, et les eaux ou masses d'eau concernées peuvent être douces, saumâtres ou salées, souterraines ou de surface. Il peut même s'agir de la pluie ou des rosées, des neiges ou des glaces polaires (**Marillys, 2021**).

Selon **Chippaux (2002)**, la pollution peut être causée par le manque d'assainissement et de gestion des déchets domestiques, par la migration de polluants depuis les couches superficielles du sol, aux conditions structurelles du bâtiment et aux conditions de puisage.

### III.2. Origine de la pollution

#### III.2.1. Selon type de polluant

- Polluant biologique

Les rejets «digestifs» des animaux ou des hommes peuvent être épandus sur les terrains ou dans les cours d'eau. La dégradation des matières organiques (décomposition des végétaux et des animaux) est aussi une autre source. Ils y subissent une épuration naturelle. Mais si ces substances migrent très rapidement vers la ressource en eau, elles peuvent provoquer une pollution microbiologique (**Graindorge et Landot, 2014**)

- Polluant chimique

Ces polluants sont des rejets de produits chimiques à la fois d'origine industrielle et domestique. Le danger de ces polluants dépend de leur nature biochimique. Certains sont hydrosolubles, facilement dilués et donc leur action est minime. D'autres sont liposolubles avec un pouvoir de se concentrer au niveau des lipides et par conséquent, ils vont emprunter la chaîne trophique (**Bouzit, 2012**)

- Polluant physique

C'est une pollution due aux agents physiques (tout élément solide entraîné par l'eau). Elle est d'origine domestique, essentiellement industrielle. On peut la répartir en trois classes: mécanique, thermique et radioactive (**Mekhalif, 2009**).

#### III.2.2. Selon l'origine de la pollution

- Origines domestique et urbaine

Les eaux résiduaires urbaines sont un mélange d'eaux contenant des déjections humaines, eau de toilette et de nettoyage des sols et des aliments (eaux ménagères). Ces effluents sont riches en déchets organiques, en graisses, matières minérales, azote, phosphore, et contiennent également des sels minéraux et des métaux. Les eaux pluviales résultent du ruissèlement sur des surfaces «imperméabilisées» de l'eau de pluie. Celle-ci, déjà chargée de micropolluants atmosphériques à son arrivée sur ces surfaces, récupère des polluants supplémentaires. Une partie très variable de macro-déchets part vers les cours d'eau, soit entraînée par les eaux de ruissèlement soit par l'intermédiaire des déversoirs d'orages (**Assaad, 2014**).

- Origine industrielle

Par définition, selon **belhadj (2017)**, tous les rejets résultant d'une utilisation de l'eau autre que domestique sont qualifiés de rejets industriels. L'industrie est une grande consommatrice d'eau. Par conséquent, ces eaux utilisées seront rejetées sales, chargées en produits chimiques, en produits phytosanitaires, en métaux lourds, en hydrocarbures, en solvants et surtout en matières organiques et inorganiques, etc. Si elles ne sont pas traitées dans une station d'épuration, elles entraînent une pollution physique et chimique du milieu aquatique et naturel.

- Origine agricole

La pollution liée à l'agriculture est causée par l'utilisation anarchique d'engrais, de pesticides et d'herbicides ou de fongicides. Les méthodes modernes exigent parfois des labourages profonds et violents, ce qui favorise l'infiltration directe des polluants ( $NO_3$ ,  $NO_2$ ,  $SO_4$ ,  $PO_4$  et Cl) vers la nappe phréatique (**Boucherit et hakimi, 2016**). L'agriculture, l'élevage et l'aviculture sont des activités responsables de rejets de nombreux polluants organiques et inorganiques. Ces polluants atteignent les cours d'eau par le ruissellement de surface ou par l'écoulement souterrain (**Bouras et Sekfali, 2013**).

#### IV. Paramètre organoleptique

Selon **Savary (2010)** il existe quelques paramètres indicateurs importants en pratique qui peuvent fournir des indications de la qualité de l'eau. Des valeurs indicatives sont recommandées en matière de couleur, goût, odeur, en vue de la surveillance de l'approvisionnement en eau des petites collectivités.

##### IV.1. La 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 (**Rodier et al., 2016**).

##### IV.2. L'odeur

L'odeur est un signe de pollution ou de la présence de matières organiques en décomposition. Ces substances sont en général en quantité si minime qu'elles ne peuvent être mises en évidence par les méthodes d'analyse ordinaire. Le sens olfactif peut seul, parfois, les déceler (**Rodier et al., 2016**).

##### IV.3. Le goût

Le goût de l'eau varie d'une région à l'autre, selon la nature des roches et du sol qu'elle traverse. Une eau très minéralisée (calcium, magnésium...etc) a un goût plus fort. Ce dernier peut également

provenir d'une augmentation des solides dissous totaux (TSD), d'une diminution de l'oxygène dissous ou d'une activité bactérienne excessive (**Soran, 2021**)

## V. Paramètres physicochimiques

### V.1. Température

La température affecte les réactions géochimiques et chimiques notamment l'acceptabilité d'un certain nombre de constituants inorganiques et de contaminants chimiques qui peuvent affecter le goût. La température des eaux souterraines est relativement constante et augmente avec la profondeur (**Soran, 2021**).

Sa perturbation peut influencer la vie aquatique (pollution thermique). Elle joue un rôle important dans les processus bactériens tels que la nitrification et la dénitrification. Plusieurs paramètres dépendent de la température de l'eau comme le pH et l'oxygène dissous (**Benkadour, 2018**)

**Adjelane et Bourebaa (2018)** ont enregistré une température de 13.5-18°C à l'EGZIB et 14.8-19°C au réservoir central. **Ghezal et Aouissi (2021)** ont enregistré des valeurs de 20.3-20.8°C à Biskra.

### V.2. Potentiel d'hydrogène

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

D'après **Adjelane et Bourebaa (2018)** le pH à l'EGZIB égale à 7.6-7.98 et au réservoir central égal à 7.3-7.83. Alors que d'après **Ghezal et Aouissi (2021)** le pH à Biskra est de 7.75-7.79.

### V.3. Conductivité

La conductivité est une mesure de la capacité de l'eau à conduire un courant électrique, donc une mesure indirecte de la teneur de l'eau en ions (calcium, magnésium, sodium, nitrates, chlorures, sulfates, etc.) et représente la salinité des eaux. Ainsi, plus l'eau contient des ions, plus elle est capable de conduire un courant électrique et plus la conductivité mesurée est élevée (**Khettaf, 2018**).

D'après le résultat trouvé par **Adjelane et Bourebaa (2018)**, le taux de la conductivité égale à 1572-1590 µS/cm à l'EGZIB et à 750-1590 µS/cm au central. **Ghezal et Aouissi (2021)**, ont trouvé un résultat variant de 1627 et 3440 µS/cm sur Biskra.

#### V.4. La turbidité

La turbidité permet de préciser les informations visuelles de l'eau (trouble ou limpide). Elle indique la présence des particules en suspension dans l'eau (ex: l'argile), des précipités chimiques (ex : le manganèse et le fer), des particules organiques (ex : les débris de Plantes). La turbidité est généralement exprimée en unités de turbidité néphélométriques (UTN) (OMS, 2017).

L'étude faite par **Adjelane et Bourebaa (2018)** montre que la turbidité est de 0.84-1.06 NTU sur les deux stations étudiées. Celle faite par **Ghezal et Aouissi (2021)** à Biskra, ont trouvé 0.24-0.87 NTU.

#### V.5. Oxygène dissous

Les concentrations en oxygène dissous, constituent l'un des plus importants paramètres de la qualité des eaux pour la vie aquatique. Sa concentration dans un milieu aquatique varie en fonction de la température de l'eau, de la profondeur, de l'heure de la journée, de la concentration de la matière organique et des nutriments dans le milieu ainsi que de la quantité de plantes aquatiques, d'algues et de bactéries présents. Cependant, il existe deux principaux phénomènes par lesquels l'oxygène dissous se trouve dans l'eau : les échanges avec l'atmosphère et la photosynthèse (**Khettaf, 2018**).

#### V.6. Matière en suspension (MES)

Il s'agit des matières non solubilisées dans l'eau. Elles comprennent toutes les matières minérales ou organiques. Elles incluent les argiles, les sables, les limons, les matières organiques et minérales de faible dimension, le plancton et autres microorganismes de l'eau. La quantité de matières en suspension varie selon les saisons et le régime d'écoulement des eaux. Ces matières affectent la transparence de l'eau, diminuent la pénétration de la lumière, et par conséquent, la photosynthèse. Par ailleurs, les matières en suspension peuvent accumuler des quantités élevées de matières toxiques (métaux, pesticides, huiles, hydrocarbures aromatiques&) (**Khettaf, 2018**).

#### V.7. Résidus secs

Les résidus secs permettent d'évaluer les caractéristiques minérales des eaux. Ils désignent la quantité des minéraux contenus dans l'eau après son évaporation (**Bontemps, 2021**).

#### V.8. Salinité

Selon **Mesbahi (2022)**, la salinité désigne la quantité de sels dissous dans l'eau. C'est un paramètre environnemental important pour le fonctionnement et la dynamique des environnements marins et fortement influencé par l'augmentation de la température.

La salinité dans les deux réservoirs (EGZIB et central) varie entre 0.4 et 0.8 g/l (**Adjelane et Bourebaa, 2018**). Elle est de 0.8-1.7 g/l à Biskra (**Ghezal et Aouissi, 2021**).

## VI. les paramètres de minéralisation globale

### VI.1. dureté totale

La dureté totale d'une eau n'est pas un paramètre de pollution mais un indicateur de la qualité de celle-ci, principalement en termes des cations  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$  (Godéliève *et al.*, 2018).

Adjelane et Bourebaa (2018) ont trouvé que le TH de l'EGZIB est égal à 580-600 mg/l et à la station centrale les valeurs sont de 380-480 mg/l.

### VI.2. Chlorure ( $\text{Cl}^-$ )

Les chlorures sont des composés inorganiques provenant de la combinaison du chlorure gazeux avec un métal. Le chlorure de sodium ( $\text{NaCl}$ ) et le chlorure de magnésium ( $\text{MgCl}_2$ ) sont les plus répandus. Des sources naturelles et/ou industrielles peuvent être à l'origine d'une contamination de l'eau par les chlorures. De plus, leurs doses élevées dans l'eau potable provoquent une hypertension (Diab, 2016).

Le taux des chlorures sur l'EGZIB est de 153.2-194.46 mg/l et au réservoir central, il est de 35.36-41.25 mg/l (Adjelane et Bourebaa, 2018).

### VI.3. Sulfate ( $\text{SO}_4^{2-}$ )

Les sulfates sont des anions extrêmement solubles qui existent dans l'eau sous forme de soufre dissous. Ils sont d'origines géochimiques et atmosphériques. Ils peuvent également résulter des activités humaines telles que l'utilisation d'engrais sulfatés. L'eau sulfatée peut avoir un goût désagréable (Hane *et al.*, 2020).

La concentration du sulfate enregistrée à la station d'EGZIB est de 229.95 mg/l et à la station centrale, elle est de 101.9 mg/l (Adjelane et Bourebaa, 2018).

### VI.4. L'alcalinité

L'alcalinité est la capacité des milieux aqueux à réagir avec les ions  $\text{H}_3\text{O}^+$ , due à la présence des ions mono-hydrogénécarbonate  $\text{HCO}_3^-$ , carbonate  $\text{CO}_3^{2-}$  et hydroxyde  $\text{OH}^-$ . Elle est quantifiée par l'alcalinité simple (TA) ou par le TAC (titre alcalimétrique complet) (Cardot et Gilles, 2013).

Le TA des deux réservoirs est nulle, alors que le taux de TAC enregistré sur l'EGZIB est de 176-184 mg/l et à la centrale 200-208 mg/l (Adjelane et Bourebaa, 2018).

### VI.5. 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**).

#### VI.6. Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ )

Le calcium est un élément alcalinoterreux. Il se trouve dans les eaux thermo-minérales circulant en milieu calcaire et aussi en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonate. Il peut provenir également des formations gypsifères ( $\text{CaSO}_4, 2\text{H}_2\text{O}$ ) qui sont facilement solubles. Cet élément ne peut en aucun cas poser des problèmes de potabilité. Le seul inconvénient domestique lié à une dureté élevée est l'entartrage. Par contre, les eaux douces peuvent entraîner des problèmes de corrosion des canalisations (**Ouanes, 2020**).

Selon **Adjelane et Bourebaa (2018)** la concentration de calcium sur les deux stations variant entre 88 et 144 mg/l.

#### VI.7. Potassium ( $\text{K}^+$ )

Le potassium est largement répandu dans l'environnement, notamment dans toutes les eaux naturelles, et 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 (**OMS, 2017**).

#### VI.8. Magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ )

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

Selon l'étude faite par **Adjelane et Bourebaa (2018)** le taux de magnésium signalé à l'EGZIB égale à 54.2-62 mg/l et à la centrale, il est de 22-38.72 mg/l.

### VII. paramètres indésirables

#### VII.1. Fer ( $\text{Fe}^{2+}$ )

Le fer existe naturellement dans les aquifères sous forme ferreux soluble ou ferrique insoluble et peut être complexé, colloïdal ou précipité (**Hane, 2020**). Il est présent également dans les constituants de l'écorce terrestre. Le fer présent dans les sédiments favorise la prolifération de certaines bactéries. Il peut être lié à une activité bactérienne excessive (**Diab, 2016**).

Le taux de fer dans les deux stations EGZIB et la centrale variant entre 0.03 et 0.15 mg/l (**Adjelane et Bourebaa, 2018**).

## VII.2. Manganèse (Mn)

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

## VII.3. 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 (OMS, 2017).

## VIII. Paramètres de pollution

### VIII.1. Matière organique

Les matières organiques dissoutes dans l'eau proviennent souvent de l'attaque et de la décomposition par les bactéries ou des champignons inférieurs, les cadavres d'animaux et de végétaux. Mais elles peuvent également provenir du métabolisme des êtres vivants supérieurs, excréments des plantes et déjections des animaux (Ottawa, 2020).

### VIII.2. L'azote ammoniacal ( $\text{NH}_4^+$ )

L'ammonium résulte généralement de la décomposition aérobie et anaérobie de l'azote organique. Les sels d'ammonium peuvent causer des problèmes de santé humaine, selon le dosage et le temps d'exposition (Diab, 2016).

Les concentrations d'ammonium enregistrées par **Adjelane et Bourebaa (2018)** sont de 0.002-0.004-0.009 mg/l sur le réservoir central et l'EGZIB. Selon **Ghezal et Aouissi (2021)** le taux d'ammonium enregistré à Biskra est nul.

### VIII.3. Les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ )

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

**Adjelane et Bourebaa (2018)** ont enregistré des concentrations en nitrates égales à 0.13-0.22-0.27 mg/l sur les stations étudiées. Alors qu'à Biskra, elles sont de 10.33-10.21 mg/l (**Ghezal et Aouissi, 2021**).

#### VIII.4. Les nitrites ( $\text{NO}_2^-$ )

Les nitrites sont assez répandus dans le sol, l'eau et l'atmosphère, mais en quantité moins importante que les nitrates. Ils peuvent résulter d'une oxydation incomplète de la matière organique, d'une réduction des nitrates par des bactéries anaérobies dites sulfite réductrices sensées les dégrader ou de l'oxydation de l'ammoniac par des bactéries. En raison du pouvoir oxydant important de l'eau, leur présence en grande quantité peut réduire sa qualité et nuire à la santé humaine (**Hane, 2020**).

Selon **Adjelane et Bourebaa (2018)** les teneurs de nitrites varient entre 0.006 et 0.007 mg/l mais elles sont complètement nulles à Biskra (**Ghezal et Aouissi, 2021**).

#### VIII.5. Demande chimique en oxygène (DCO)

La DCO est la quantité d'oxygène dissoute nécessaire pour dégrader la matière organique présente dans l'eau. Lorsque la demande en oxygène est élevée, le milieu est donc fortement chargé en matière organique et nécessite de forts taux d'oxygène pour l'oxyder (**Diab, 2016**).

#### VIII.6. Demande biochimique en oxygène (DBO)

La DBO représente la quantité d'oxygène dont une bactérie a besoin pour dégrader complètement les substances biochimiques oxydables présentes dans l'eau (**Nguyen et al., 2018**).

#### VIII.7. Phosphate ( $\text{PO}_4^{3-}$ )

Selon **Benmoussa (2018)**, le phosphore peut exister dans les eaux en solution ou en suspension, à l'état minéral ou organique. Les composés phosphorés qui répondent au test spectrophotométrique sont considérés comme étant des ortho-phosphates. L'hydrolyse en milieu acide fait apparaître le phosphore hydrolysable et minéralisation. Chaque fraction de phosphore en solution ou en suspension peut être séparée analytiquement en ortho-phosphates : phosphore hydrolysable et phosphore organique.

### IX. paramètres bactériologique

Malgré leur faible survie et mobilité dans l'environnement, les micro-organismes pathogènes, les bactéries et les virus ont été détectés dans les eaux souterraines. Leur persistance et leur fluidité sont diverses et difficiles à caractériser. Leur potentiel d'occurrence dans les eaux souterraines est un grave problème pour la santé humaine et l'environnement (**Madjdoub et al., 2015**). La contamination des eaux souterraines est basée sur la présence des organismes indicateurs de pollution. Les plus couramment utilisés sont :

### IX.1. les coliformes

Les coliformes totaux constituent un large groupe de bacilles à gram négatif, non sporulant, qui partagent plusieurs caractéristiques. Ils pourront être causés par l'invasion de terre ou de matière organique dans l'eau ou par des conditions propices à la croissance d'autres types de coliformes. Ils sont susceptibles de provoquer des troubles gastro-intestinaux (Nwabor *et al.*, 2016).

#### IX.1.1. *Escherichia coli*

*E. coli* est l'indicateur le plus spécifique de la contamination fécale. Il est présent en grand nombre dans le microbiote intestinal normal des humains et des animaux et est généralement inoffensif. Cependant, il 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 (OMS, 2017).

### IX.2. Streptocoques

Les streptocoques sont des bactéries ubiquistes, sporophytes des eaux, de l'air, du sol (Delarras, 2014). Ils sont plus résistants au stress et à la chloration que les coliformes et survivent généralement plus longtemps dans l'environnement. En outre, contrairement aux coliformes, ils recroissent très difficilement dans le réseau (Ouahchia *et al.*, 2015).

### IX.3. Les clostridium sulfito-réducteurs

Clostridium Spp sont des bactéries que l'on trouve largement dans la nature, en particulier dans le sol, les eaux usées, les tissus en décomposition et le tractus gastro-intestinal des humains et d'autres animaux (Carip *et al.*, 2015 ; Mendonca *et al.*, 2020).

Selon l'étude d'Adjelane et Bourebaa (2018) réalisé sur la recherche des clostridium sulfito-réducteur, des streptocoques fécaux, e-coli et des coliformes fécaux, ont constatés une absence totale de tous germes sur les deux stations.

## X. Les normes de potabilités en Algérie

Le tableau ci-dessous montre les normes des paramètres physiques, chimiques et bactériologique de potabilité d'eau, fixés en Algérie le 9 mars 2014 par le journal officielle de la république Algérienne :

**Tableau I** : Normes algériennes des paramètres physicochimique et bactériologie pour l'eau Potable (JORA, 2014)

Groupe de paramètres	Paramètre	unité	Valeur limite
Paramètres organoleptiques	Couleur	mg/l platine	15
	Odeur à 25°C	Taux dilution	4
	Saveur à 25°C	Taux dilution	4
Paramètres physiques	Température	°C	25
	Potentiel d'hydrogène	pH	6,5-9
	Conductivité	µs/cm	2800
	Turbidité	NTU	5
	TDS	*	*
	Salinité	g/l	1
	TH	Mg/lCaCo <sub>3</sub>	500
	TA	Mg/lCaCo <sub>3</sub>	*
TAC	Mg/lCaCo <sub>3</sub>	*	
Paramètres chimiques	Ammonium	Mg/l	0,5
	Nitrates	Mg/l	50
	Nitrites	Mg/l	0,2
	Alcalinité	Mg/lCaCo <sub>3</sub>	>65
	Calcium	Mg/l	200
	Chlorure	Mg/l	500
	Fer	Mg/l	0,3
	Potassium	Mg/l	12
	Sodium	Mg/l	200
	Sulfate	Mg/l	400
	Magnésium	Mg/l	150
	Manganèse	µg/l	50
	Phosphate	Mg/l	5
aluminium	Mg/l	0,2	
Paramètres microbiologiques	Escherichia Coli	n/100ml	0
	Entérocoques	n/100ml	0
	Bactéries sulfitoréductrices	n/20ml	0

## CHAPITRE 2 : MATÉRIEL ET MÉTHODES.

## I. Description de l'organisme d'accueil

L'algérienne des eaux de la wilaya de Béjaia (Fig. 3) est une unité de traitement et de gestion de l'eau potable. Elle a été créée le 30 juin 2004 et est devenue indépendante de l'entreprise de la distribution des eaux minérales et industrielles d'assainissement (EDEMIA) qui a existé depuis le 12 juillet 1987 sous la dénomination EPE de Sétif. Elle est dotée d'un laboratoire d'analyses composée de deux sections : la section biologique chargée des analyses et des contrôles biologique et bactériologique et la section physicochimique.

L'ADE de Béjaia gère 5 secteurs à savoir : centre de Béjaia (Est-ouest), Akbou, El\_Kseur, Tichy et Souk-El-Tenine.

## II. Présentation des réservoirs de prélèvement des échantillons d'eaux

### II.7. Réservoir centrale

Ce réservoir se situe à l'intérieur de l'ADE au quartier Seghir de la ville de Béjaia (Fig. 3). Il est alimenté par deux conduites :

- Conduite  $\varnothing$  600 : Oued Zitouna (F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub>, F<sub>4</sub>), puits du pont, oued Djemaa (F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub>, F<sub>7</sub>, F<sub>8</sub>, F<sub>9</sub>)
- Conduite  $\varnothing$  700 : oued Agrioune (F<sub>5</sub>, F<sub>7</sub>, F<sub>8</sub>, F<sub>9</sub>)



**Figure 3.** Carte de situation de l'ADE et du réservoir central (Google Earth, 2024)

### II.2. Réservoir EGZIB

Il se situe à Ihaddaden, au Sud-ouest de la ville de Bejaia et emmagasine l'eau provenant du barrage de Tichy Haf situé à Tamokra, dans la région d'Akbou (Fig. 4).



**Figure 4.** Réservoirs EGZIB (Rehrah et Bouabida, 2024)

### III. Echantillonnage

Dans le cadre de l'analyse de quelques paramètres physicochimiques de l'eau des deux réservoirs, nous avons effectué nos prélèvements (Fig. 5) durant la période allant de 11/02/2024 jusqu'au 11/03/2024 (**Tab. II**). Six (06) prélèvements ont été réalisés dans chacun des réservoirs, soit 12 prélèvements en totalité, selon le calendrier ci-dessous mentionné :

**Tableau II.** Calendrier des prélèvements d'eau

Prélèvements	Dates
1 <sup>er</sup>	11/02/2024
2 <sup>ème</sup>	13/02/2024
3 <sup>ème</sup>	18/02/2024
4 <sup>ème</sup>	22/02/2024
5 <sup>ème</sup>	26/02/2024
6 <sup>ème</sup>	03/03/2024



**Figure 5.** Photo représentant le prélèvement d'eau de robinet (Rehrah et Bouabida, 2024)

Les paramètres analysés sont mentionnés dans le tableau III ci-dessous :

**Tableau III** : Les éléments analysés pendant la période de stage

<b>Paramètres organoleptiques</b>	Couleur et Odeur
<b>Paramètres physiques</b>	Température, potentiel d'hydrogène, turbidité, conductivité, test de chlore, TDS et Alcalinité.
<b>Paramètres chimiques</b>	Chlore, sulfate, sodium, potassium, magnésium, fer
<b>Paramètres de pollution</b>	Azote ammoniacale, nitrite et nitrate
<b>Paramètres bactériologiques</b>	Coliformes, streptocoques, germes totaux, ASR.

Pour les paramètres physicochimiques, nous avons réalisé deux analyses partielles par semaines et deux analyses complètes pendant toute la période de stage allant de 11/02/2024 au 11/03/2024.

Les analyses partielles et complètes se différencient par le nombre d'analyses effectuées.

#### IV. Analyses physicochimiques

##### IV.1. Température

- **But** : La température joue un rôle dans l'étude et la surveillance des eaux souterraines ou superficielles. Il est possible aussi d'obtenir des indications sur l'origine et l'écoulement de l'eau.
- **Principe** : La température est mesurée par un multi paramètre muni d'un thermomètre intégrée.

##### IV.2. Potentiel d'hydrogène

- **But** : Il permet de caractériser la qualité du produit et la sécurité des consommateurs. Il permet aussi de mesurer l'activité chimique des ions hydrogènes.
- **Principe** : Il est mesuré en utilisant un pH-mètre et cela par la mesure d'un potentiel d'une électrode à hydrogène plongée dans la solution échantillonnée.

##### IV.3 Conductivité

- **But** : Elle permet de déterminer la présence des minéraux et des ions plus moins néfastes dans l'eau.
- **Principe** : La conductivité électrique d'une eau est une mesure du courant électrique conduit par les ions présents dans l'eau. Elle dépend de la concentration et la nature des ions, de la température et de la viscosité de la solution. La conductivité d'une solution est définie comme la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1cm de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm. Elle est l'inverse de la résistivité électrique. L'unité de la conductivité électrique est le Siemens par mètre (S/m) et elle est généralement exprimée en micro-Siemens par centimètre ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

#### IV.4. Turbidité

- **But** : La turbidité est un indice de la présence de particule en suspension dans l'eau (débris organique, argile.....).
- **Principe** : On détermine la turbidité à l'aide d'un turbidimètre (Fig. 6). Cette turbidité est causée par des matières non dissoutes dans l'eau. Celle-ci atténue la radiation incidente.



**Figure 6.** Photo de turbidimètres (Rehrah et Bouabida, 2024)

#### IV.5. Test de chlore

- **But** : Afin de déterminer si l'eau contient suffisamment de désinfectant pour garantir l'absence d'organismes pathogènes.
- **Principe** : Ce test se fait seulement dans un tube à essai en lui rajoutant un cachet de DPD (diéthyl-paraphénylène-diamine) puis comparer avec un comparateur colorimétrique. La solution est en dégradation du rose.

#### IV.6. Salinité

- **But** : Elle permet de s'assurer que l'eau ne contient pas de niveaux de sels nuisibles à la santé humaine. En d'autre terme, cette eau est conforme aux normes de qualités pour la consommation.
- **Principe** : Le calcul de la salinité est lié à la conductivité par la formule ci-dessous. Plus l'eau est salée, plus sa conductivité est élevée :  $\text{Salinité} = \text{TDS}/1000$  alors que la  $\text{TDS} = \text{conductivité}/2$ .

#### IV.7. Détermination de la dureté totale (TH)

- **But** : Cette mesure a pour but de déterminer la concentration en ions de calcium et de magnésium dans l'eau.

➤ **Principe** : Le Calcium et le magnésium sont titrés avec la solution EDTA (éthylène- diamine-tétra-acétique) à un pH = 10 en utilisant l'indicateur de couleur le Net (Eriochrome Black T) qui donne une couleur rose en cas de présence de ces ions.

#### IV.8. Chlorure ( $\text{Cl}^-$ )

➤ **But** : Une présence excessive de chlorures dans l'eau la rend corrosive pour la distribution et nocive pour les plantes. Une forte fluctuation des chlorures dans le temps peut être considérée comme indice de pollution.

➤ **Principe** : On fait agir au milieu neutre pH + 6.7 ou 7, une solution à titrer de nitrate d'argent sur une prise d'essai connue de solution titrée de chlorure de sodium. La réaction se fait en présence de chromate de potassium.

#### IV.9. Sulfate ( $\text{SO}_4^{2-}$ )

➤ **But** : Le Sulfate indique la présence de schistes ou encore des déchets industriels.

➤ **Principe** : Les ions sulfates sont précipités et passent à l'état de sulfate de baryum en présence de  $\text{BaCl}_2$  selon l'équation 1 :



#### IV.10. Détermination de l'alcalinité ( $\text{HCO}_3^-$ )

➤ **But** : L'alcalinité mesure la capacité de l'eau à neutraliser les acides.

➤ **Principe** : Elle est basée sur la neutralisation d'un volume d'eau par un acide minérale dilué en présence d'un indicateur coloré (méthyle orange ou phénolphtaléine). Cela se fait par titrage. La première détermination sert à calculer le titre alcalimétrique (TA), la deuxième à calculer le titre alcalimétrique complet (TAC).

#### IV.11. Détermination de la dureté calcique ( $\text{Ca}^{2+}$ )

➤ **But** : Il représente un composant majeur de la dureté de l'eau. Il domine les eaux potables. Il présente de sérieux inconvénients pour les usages domestiques et pour l'alimentation.

➤ **Principe** : Le calcium est dosé avec une solution aqueuse EDTA à pH compris entre 12-13. Son dosage se fait en présence de Murexide. L'EDTA réagit tout d'abord avec les ions de calcium puis avec les ions de calcium combiné avec l'indicateur qui change alors de la couleur rose à la couleur bleu.

#### IV.12. Sodium ( $\text{Na}^{2+}$ ) et potassium ( $\text{K}^+$ )

➤ **But** : Nous mesurons le sodium pour des raisons de qualité esthétique ou organoleptique (une concentration élevé donne un gout désagréable. La mesure du potassium permet d'éviter les problèmes d'excès en potassium qui pourrait toucher l'organisme

➤ **Principe** : La mesure du taux de sodium et/ou potassium se fait à l'aide d'un spectrophotomètre à flamme étalonné avec une solution étalon.

#### IV.13. magnésium ( $Mg^{2+}$ )

➤ **But** : Élément indispensable pour la croissance, il intervient comme un élément de plasticité dans l'os et comme élément dynamique dans les systèmes enzymatiques et hormonaux.

➤ **Principe** : 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 l'équation 2 :

$$Mg = (Ca + Mg) - Ca \quad (\text{Eq. 2})$$

#### IV.14. Fer ( $Fe^{2+}$ )

➤ **But** : C'est un élément indésirable dans une eau destiné à la consommation.

➤ **Principe** : L'addition d'une solution de phénantroline-1.10 à une prise d'essai et la mesure photométrique complexe rouge-orangé a une longueur d'onde de 510nm. Le complexe fer (II- phénantroline-1.10) est stable dans l'intervalle de pH 2.5 à 9 et l'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité du fer.

#### IV.15. Détermination de l'azote ammoniacal ( $NH_4^+$ )

➤ **But** : Il permet d'examiner toute pollution de l'eau.

➤ **Principe** : Une mesure qui se fait à l'aide d'une spectrophotométrie du composé formé par la réaction de l'ammonium avec le réactif I et le réactif II (Fig. 7).



**Figure 7.** Photo montrant un excès d'ammonium (Rehrah et Bouabida, 2024)

#### IV.16. Les nitrates ( $NO_3^-$ )

➤ **But** : Leur présence en grande quantité est considérée comme une pollution toxique.

➤ **Principe** : En présence de salicylate de sodium les nitrates donnent du paranitrosylate de sodium coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique.

#### IV.17. Les nitrites ( $NO_2^-$ )

- **But** : Ce sont des indicateurs de pollution. Ils sont aussi susceptibles de se former sous l'action de bactéries et à des températures élevées.
- **Principe** : Réaction des ions nitrites présents dans une prise d'essai à pH 1.9 avec le réactif amino-4-benzene sulfanilamide en présence d'acide ortho phosphorique pour former un sel diazoïque qui forme un complexe de coloration rose avec le dichlor-hydrate de N-(naphtyl-1) diamino-1.2 (ajouté avec le réactif amino-4benzenen sulfamide) et mesure de l'absorbance à 540nm (Fig. 8).



**Figure 8.** Photo montrant la détermination des nitrates (Rehrah et Bouabida, 2024)

## V. Analyses bactériologiques

Avant toute manipulation, nous devons vérifier et contrôler la stérilisation de la salle de bactériologie (l'air et la surface), du blanc, des flacons, et de tous autres matériels utilisées (Fig. 9).



**Figure 9.** Stérilisation du robinet avant prélèvement (Rehrah et Bouabida, 2024)

### V.1. Les coliformes

- **But** : La recherche de la présence de bactéries fécales permet d'évaluer la qualité sanitaire globale. Les coliformes fécaux ou thermo tolérants constituent un bon indicateur de contamination

des eaux par les matières fécales. Leur présence dans l'eau témoigne une pollution récente par la matière fécale.

➤ **Principe :** Il consiste en le dénombrement et la recherche des coliformes totaux et fécaux (*Escherichia coli*) éventuellement présents dans l'échantillon d'eau à analyser par comptage des colonies de couleur jaune, jaune orangé sur le milieu Tergitol obtenu après 24h ou 48h d'incubation à 37°C, à travers une membrane de porosité de 0.45µm suffisant pour retenir les bactéries. Puis pour confirmer les coliformes totaux, nous utilisons le milieu TSA (test d'oxydase) incubé à 37°C/24H et le milieu Schubert à 44°C/24H.

### V.2. Les streptocoques

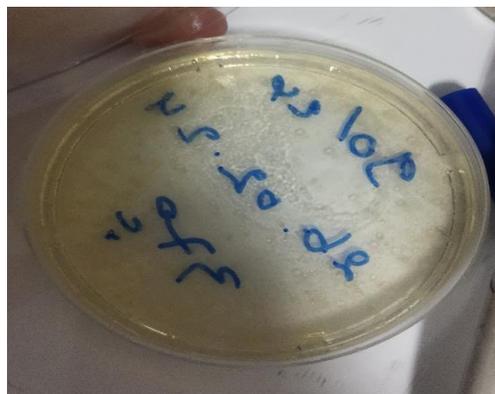
➤ **But :** La recherche des streptocoques est utilisée comme un élément informatif de premier ordre pour déterminer si une pollution fécale est d'origine animale ou humaine.

➤ **Principe :** Cette méthode consiste en la recherche et le dénombrement des entérocoques intestinaux ou streptocoques fécaux dans l'échantillon d'eau à analyser par filtration sur membrane poreuse. Cette méthode nécessite une préparation au préalable, qui se déroule selon deux étapes : le test présomptif qui sert à indiquer la présence des streptocoques et cela dans un milieu SLANETZ et le test confirmatif qui confirme leur présence dans un milieu BEA.

### V.3. Les germes totaux

➤ **But :** La recherche des germes totaux permet de déterminer la qualité microbienne de l'eau, assurer qu'elle ne présente pas de risques sur la santé et aussi détecter la présence de bactérie dangereuse.

➤ **Principe :** Ce test, fait par mélange de 20 gouttes d'échantillon avec le milieu de culture TGEA (gélose glucose tryptone-extrait de levure) (Fig. 10), est réalisé à deux températures différentes à 37°C/48H et à 44°C/72H.

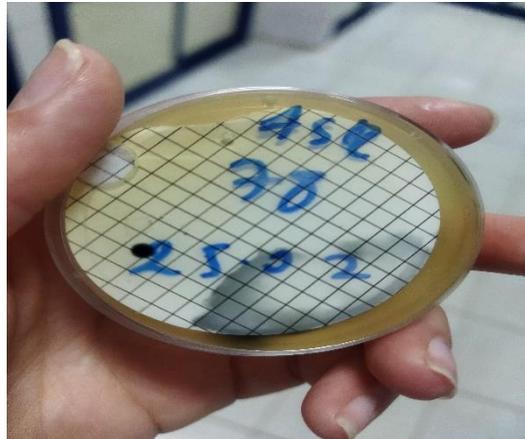


**Figure 10.** Photo montrant la détermination des germes totaux (Rehrah et Bouabida, 2024)

### V.4. Les clostridium-sulfite réducteur

➤ **But :** La présence des Clostridium sulfite-réducteurs est un indicateur de contamination fécale ou tellurique.

➤ **Principe** : Ce test repose sur la capacité de ces bactéries à se développer en l'absence d'oxygène et à réduire les sulfites en sulfures d'hydrogène (Fig. 11). Il est important de faire subir un choc thermique à l'échantillon à analyser, utiliser le système de filtration (filtre de 0.22 $\mu$ m) sur un milieu viande foie incubé à 37°C/48H.



**Figure 11.** Photo montrant la présence d'une colonie noire des ASR (Rehrah et Bouabida, 2024)

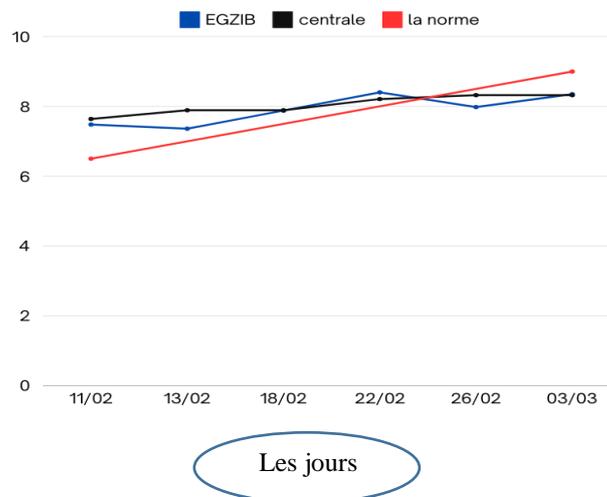
## **CHAPITRE 3 : RÉSULTAT ET DISCUSSIONS**

## I. Introduction

Lors de notre stage à l'Algérienne des eaux, nous avons suivi la qualité physicochimique et bactériologique de l'eau potable de deux réservoirs situés dans la ville de Bejaia. Les figures 12 à 28 représentent les résultats des analyses pour chaque paramètre durant les mois de février et mars 2024 pour les deux réservoirs étudiés, à savoir, le réservoir central et le réservoir EGZIB. Dans la suite de ce chapitre, nous interpréterons nos résultats d'analyse de chaque tableau. Ensuite les maximums de chaque valeur sont comparés aux résultats trouvés par d'autres auteurs.

## II. Résultats des paramètres physicochimiques partiels

### II.1. pH



**Figure 12** : variations de pH sur les deux réservoirs.

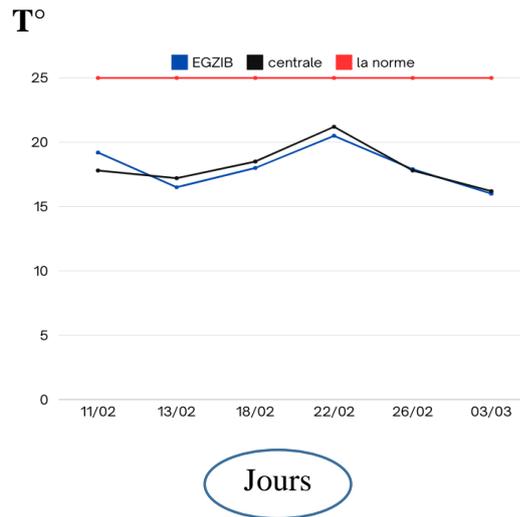
Les valeurs du pH des échantillons d'eau mesurées aux deux stations (Fig. 12) varient entre 7.5 et 8.4. Elles répondent aux normes algériennes comprises entre 6.5 et 9.

Ces résultats sont proches de ceux trouvés par **Adjelane et Bourebaa en 2018**, avec des différences négligeables. Nous pouvons dire la même chose par rapport aux résultats trouvés à Biskra en 2021.

### II.2. Température

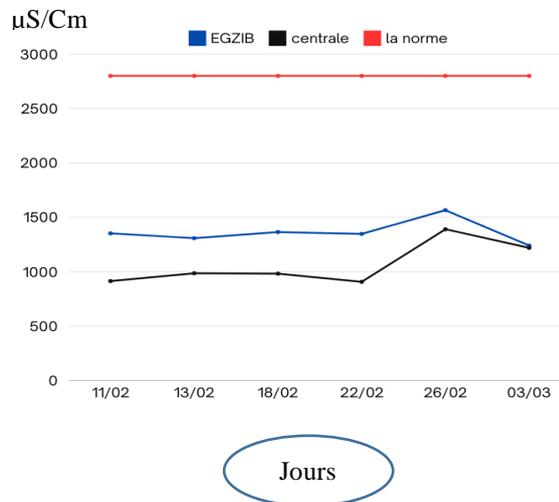
Les résultats (Fig. 13) varient entre 16 et 21.2°C. En comparaison avec les normes algériennes, nous constatons qu'ils se situent dans la fourchette standard qui égale à 25°C.

Elle est légèrement élevée par rapport à celle obtenue par **Adjelane et Bourebaa (2018)**, et aussi à celle de **Ghezal et Aouissi (2021)**.



**Figure 13** : variation de la température sur les deux réservoirs

### II.3. Conductivité

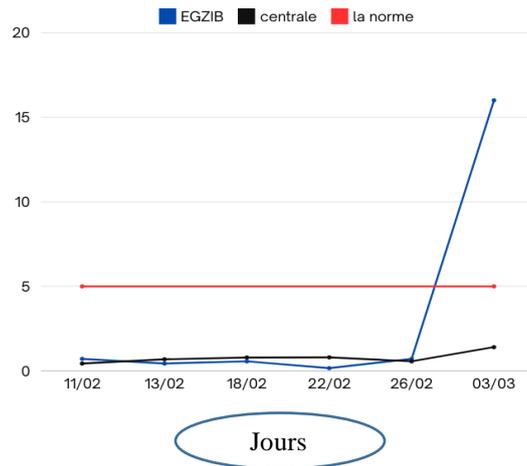


**Figure 14** : variation de la conductivité

Les normes algériennes sont établies à 2800  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Nous avons observé des valeurs sur la figure 14 quasi identiques entre les deux stations étudiées. Elles restent inférieures à la norme.

Nos résultats sont proches de ceux trouvés par **Adjelane et Bourebaa en 2018** sur les deux réservoirs à Bejaia et **Ghezal et Aouissi en 2021** à Biskra.

## II.4. Turbidité



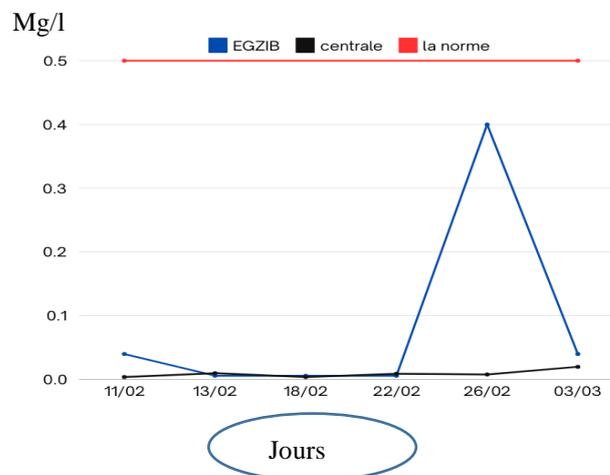
**Figure 15 :** variation de la turbidité

Selon la figure 15, la turbidité mesurée dans le réservoir centrale est de 0.44 et 1.41 NTU et pour celui de l'EGZIB 0.17 et 16 NTU. Ces valeurs sont bien loin des normes fixées par le JORADP à 5 NTU.

Pour le e prélèvement de 03/03 sur le réservoir EGZIB, la valeur est de 16 NTU dépasse fortement le seuil de 5 NTU. Cela pourrait être dû aux précipitations enregistrées pendant cette période.

Selon **Adjelane et Bourebaa (2018)** le résultat maximal trouvé dans le réservoir central est 1.06 NTU et à même sur l'EGZIB. **Ghezal et Aouissi (2021)** ont trouvés la valeur maximale égale à 0.87NTU. En le comparant à la nôtre elle est loin.

## II.5. Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ )

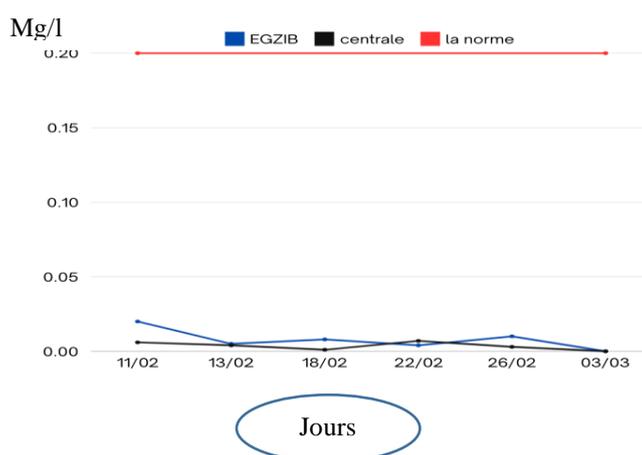


**Figure 16 :** variation d'ammonium sur les deux réservoirs

Selon la figure 16, nous remarquons que la quantité d'ammonium enregistré pendant l'échantillon de l'EGZIB le 26/02 est proche du seuil fixé à 0.5 Mg/l par contre les autres échantillons sont quasiment faibles avec des valeurs varie entre 0,004 et 0,042 Mg/l.

Nous résultats enregistrés dans les deux stations sont plus élevés à ceux interprétés par **Adjelane et Bourebaa (2018)** (0.004mg/l à la centrale et 0,009 à l'EGZIB). Elles sont aussi élevées à celle de **Ghezal et Aouissi (2021)** qui n'ont pas trouvé d'ammonium dans l'eau de consommation de Biskra.

## II.6. Nitrite ( $\text{NO}_2^-$ )



**Figure 17** : variation de taux de nitrite

Selon le journal officiel, la norme fixée est de 0.2 Mg/l. La teneur en nitrites (Fig. 17) des deux stations est faible.

Aux deux réservoirs, les résultats sont identiques à ceux enregistrés en 2018 par **Adjelane et Bourebaa** et par **Ghezal et Aouissi en 2021**, avec des différences négligeables.

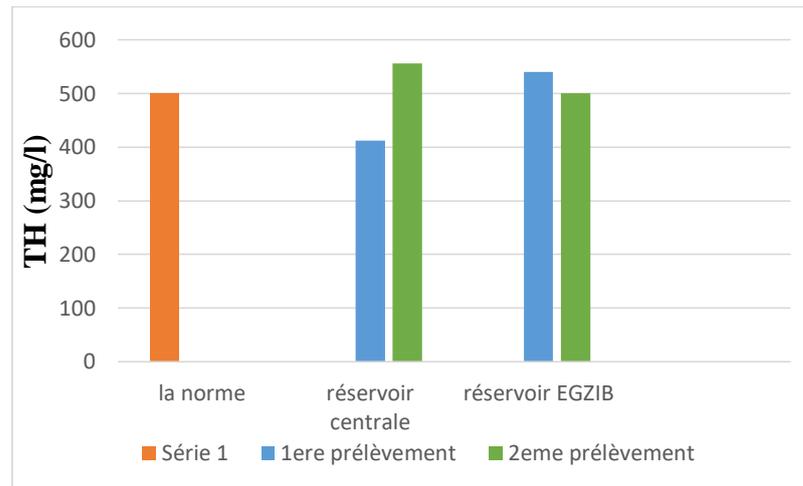
## III. Résultats des paramètres physicochimiques totaux

### III.1. Dureté totale (TH)

Le TH d'EGZIB et du deuxième prélèvement d'eau du réservoir central est très élevé, dépassant la norme de consommation fixée 500 mg/l  $\text{CaCO}_3$ . Cependant, le premier prélèvement effectué dans le réservoir central est de 412 mg/l, ce qui est inférieur à la norme.

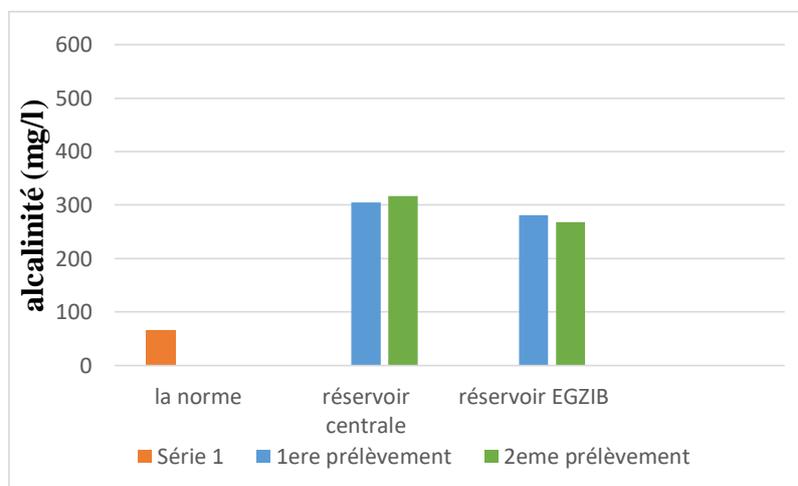
Le résultat maximal que nous avons enregistré dans le réservoir central est de 556 mg/l  $\text{CaCO}_3$  (Fig. 18). Il est élevé à celui déclaré en 2018 par **Adjelane et Bourebaa** (480 mg/l  $\text{CaCO}_3$ ). Celui

trouvé à l'EGZIB (540 mg/lCaCO<sub>3</sub>) est inférieur à celui de 2018. Alors que le résultat trouvé par Ghezal et Aouissi (2021) est égale à 1000 mg/lCaCO<sub>3</sub> est plus élevée que la nôtre.



**Figure 18** : variation de TH sur les deux réservoirs

### III.2. Alcalinité ( HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>)



**Figure 19** : variation de l'alcalinité

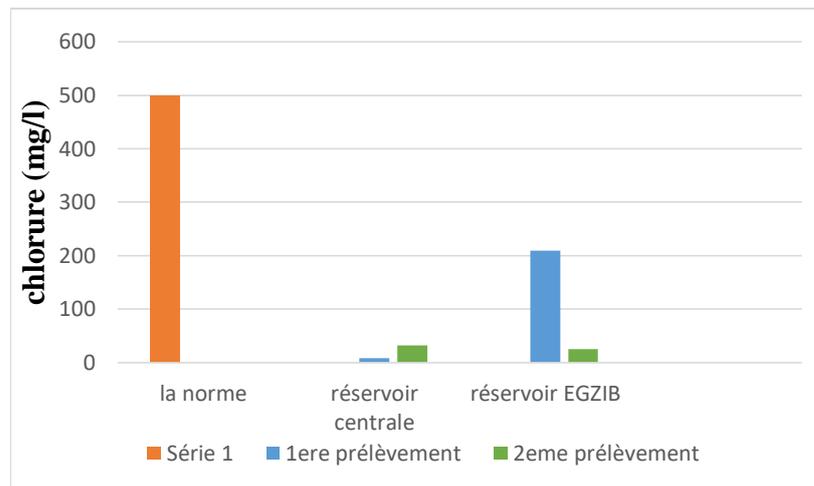
Les résultats obtenus dans les deux stations (fig. 19) montrent une variation de 268.40 à 317.20 mg/l. Ils sont dans les normes de potabilité.

Nos valeurs sont supérieures à ceux d'Adjelane et Bourebaa trouvés en 2018.

### III.3. Chlorure

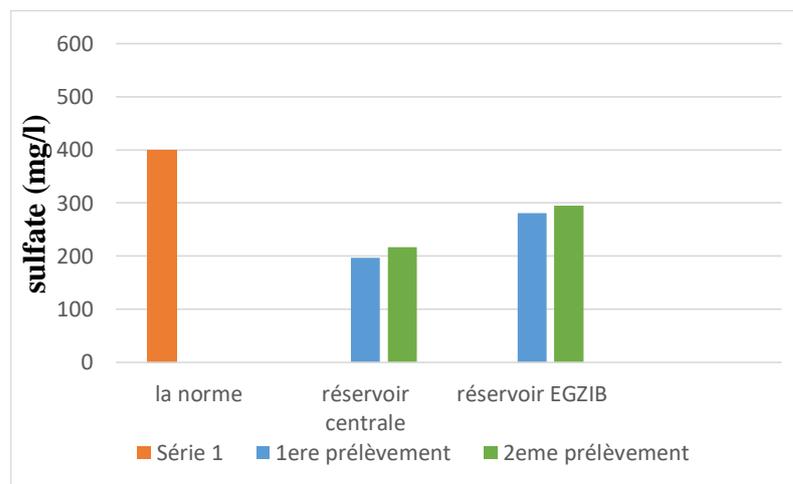
Selon les normes algériennes de l'eau potable, la teneur en chlorure ne doit pas dépasser 500 mg/litre. Les résultats obtenus répondent à ces critères. Selon la figure 20 nous avons obtenu la valeur la plus élevée (280.60mg/l) sur le premier échantillon d'EGZIB.

Selon **Adjelane et Bourebaa (2018)**, la valeur maximale trouvée dans le réservoir central (41.25 mg/l) est supérieure à la nôtre, celles de l'EGZIB (194.46 mg/l) est inférieure à notre résultat, mais proches. Celle dévoilée par **Ghezal et Aouissi en (2021)** (285 mg/l) est élevée par rapport à nos valeurs.



**Figure 20 :** Variation de taux de chlorure sur l'EGZIB et réservoir central

### III.4. Sulfate ( $SO_4^{2-}$ )



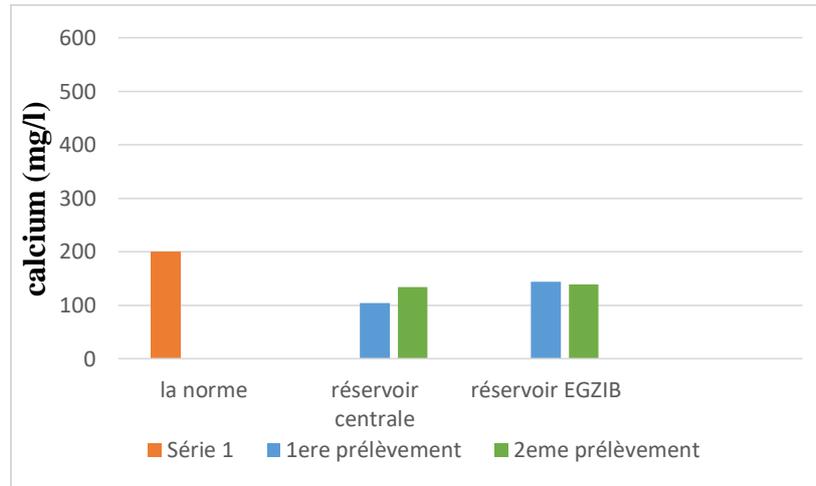
**Figure 21 :** variation des sulfates sur les deux réservoirs

Les sulfates sont l'un des anions les moins toxiques, à condition qu'il ne dépasse pas les limites de potabilité fixées à 400mg/l. Les résultats obtenus (Fig. 21) sont de 196.51 à 295.50 mg/l. Ce qui correspond à la limite maximale.

Nos résultats maximaux obtenus sont plus élevée en comparaison à ceux de **Adjelane et**

**Bourabaa en 2018** (101,9 mg/l à la central et 229,9mg/l à l'EGZIB) dans les deux réservoirs, ainsi que le résultat trouvé par **Ghezal et Aouissi en 2021** (143,12mg/l)

### III.5. Calcium ( $Ca^{2+}$ )

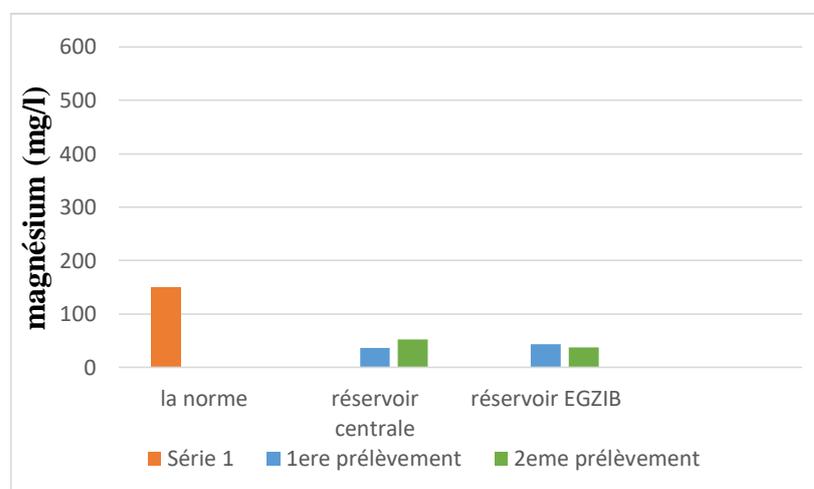


**Figure 22** : variation de la quantité du calcium sur les deux réservoirs

On note selon la figure 22 une teneur variant de 104 à 295.50mg/l pendant les deux prélèvements dans les deux réservoirs. Ces valeurs sont plus faibles à la norme établie pour l'Algérie pour les eaux destinées à l'alimentation (200mg/l).

Au niveau des deux réservoirs étudiés, nous avons trouvé des valeurs maximales égales à 134,40 mg/l à la centrale et 144 mg/l à l'EGZIB. Elles sont proches de celles dévoilées par **Adjelane et Bourebaa en 2018** de (144 mg/l et 144 mg/l). Alors que le résultat obtenu par **Ghezal et Aouissi en 2021** (252.50 mg/l) est également élevé par rapport à notre résultat

### III.6. Magnésium ( $Mg^{2+}$ )

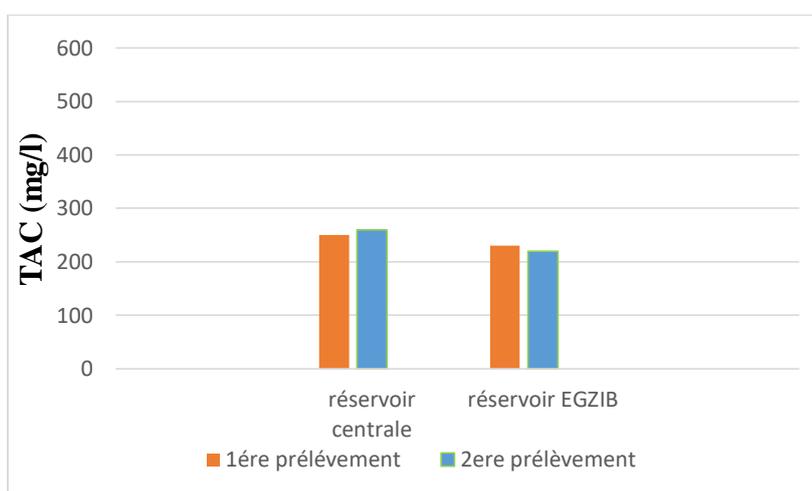


**Figure 23** : variation de taux de magnésium

Comme il est indiqué dans la figure 23 la concentration de magnésium varie entre 36.78 et 52.20mg/l. Ces valeurs sont en accord avec la norme fixée à 150mg/l.

La plus grande concentration trouvée lors de notre étude de la station centrale (52.20 mg/l) est supérieure que celle enregistrée par **Adjelane et Bourebaa (2018)** qui égale à 38.72 mg/l. Alors qu'à l'EGZIB, elle est inférieure par rapport au résultat de 2018. Par contre, celle obtenu par **Ghezal et Aouissi en 2021** (89,95mg/l) est bien plus élevée que la nôtre.

### III.7. Titre alcalimétrique (TA et TAC)



**Figure 24** : variation de titre alcalimétrique complet

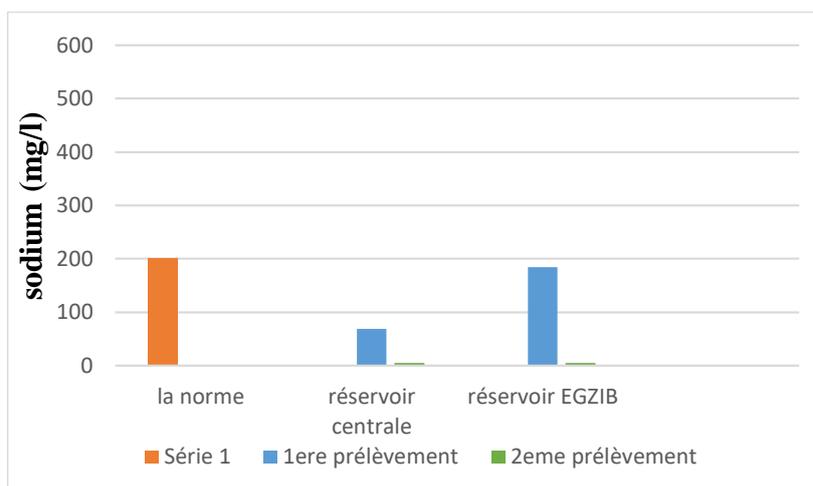
Nos résultats montrent l'absence totale de TA dans tous les échantillons étudiés.

Les valeurs de TAC obtenues selon la figure 24 sont quasiment identiques, avec des différences mineures. Les chiffres varient entre 220 et 260 mg/lCaCO<sub>3</sub>. Ils sont en dessous des normes fixées par le journal officiel algérien.

Lors de notre étude, les résultats maximaux obtenus dans les deux stations (260 mg/lCaCO<sub>3</sub> à la centrale et 230 mg/lCaCO<sub>3</sub> à l'EGZIB) sont supérieurs à ceux obtenus par **Adjelane et Bourebaa en (2018)** (208 mg/lCaCO<sub>3</sub> à la centrale et 208 mg/lCaCO<sub>3</sub> à l'EGZIB), ainsi que le résultat indiquée par **Ghezal et Aouissi en 2021** de (186,63 mg/lCaCO<sub>3</sub>).

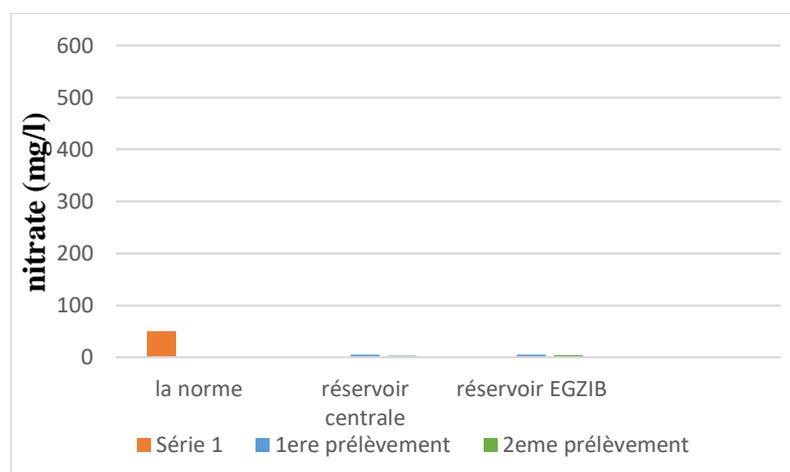
### III.8. Sodium (Na<sup>+</sup>)

Le deuxième échantillonnage a montré des résultats nuls dans les deux réservoirs (Fig. 25). Mais le premier échantillon de l'EGZIB est élevé (185 mg/l). Le réservoir central avait également une teneur de 69 mg/l. Nos résultats sont en dessous de la valeur limite de 200 mg/l.



**Figure 25 :** variation de sodium sur les deux réservoirs

### III.8. Nitrate ( $NO_3^-$ )



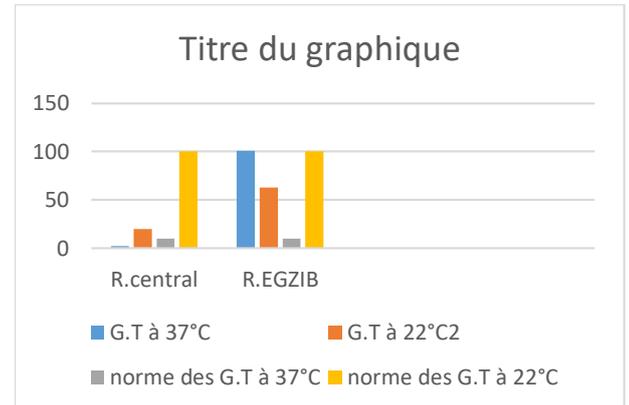
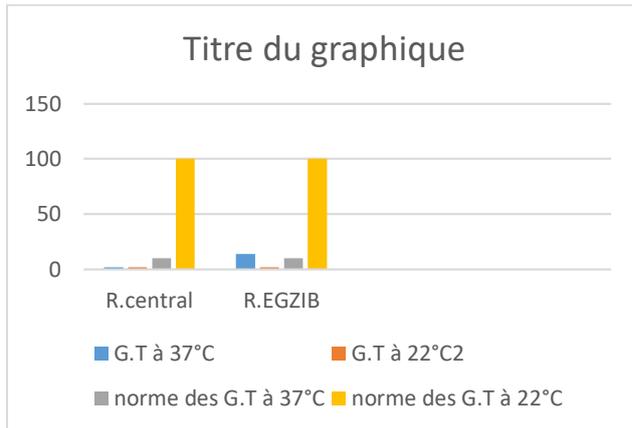
**Figure 26 :** variation des nitrates sur l'EGZIB et réservoir central

Selon figure 26 la teneur en nitrates est très faible. Elle est comprise entre 3.59 et 5.30 mg/l. Elle est faible. Selon **Adjelane et Bourebaa (2018)**, la valeur maximale trouvée au réservoir central est égale à 0.27 mg/l et celle de l'EGZIB est de 0.22 mg/l. Elles sont plus faibles par rapport aux nôtres (5 mg/l à la centrale et 5.3 mg/l à l'EGZIB). Alors que le résultat de **Ghezal et Aouissi (2021)** de 10.21 mg/l est trop élevé par rapport à notre résultat.

### III.9. Fer ( $Fe^{2+}$ )

Les valeurs enregistrées sont conformes aux normes de l'eau potable. Elles sont comprises entre 0 et 0.16 mg/l. Les résultats de teneur en fer obtenus lors de notre étude sur les deux réservoirs sont de 0,07 mg/l au central et 0,16mg/l à l'EGZIB. Ils sont similaires à ceux obtenu par **Adjelane et Bourebaa en 2018** (0,11 mg/l à la central et 0,15mg/l à l'EGZIB). (résultats sur annexe 14)

#### IV. résultats des paramètres bactériologiques



**Figure 27** : Graphe des germes totaux le 26/2      **figure 28** : Graphe des G/T le 03/03

Le dénombrement de ces germes ne révèle aucune présence ni de coliformes, ni de streptocoques, ni de clostridium sulfite-réducteur. Toutefois, cela ne s'applique pas au nombre des germes totaux à 37°C ou à 22°C.

Par exemple, le prélèvement de 03/03 a donné un nombre total de 20 UFC/ml à 22°C dans la centrale. Le prélèvement de 26/02 a donné un nombre total de 14 UFC/ml de bactéries à EGZIB, et celui de 03/03 a donné un nombre total de 101 UFC/ml à 37°C. Et aussi, 63 UFC/ml à 22°C ont été trouvées dans le deuxième échantillon. Les variations sont consignées dans les graphes 27 et 28.

Les résultats obtenus dans cette étude sont similaires à ceux de **Adjelane et Bourebaa (2018)** dans les des deux réservoirs centrale et EGZIB. Nos résultats de la dernière semaine marquent une présence des germes totaux dans les deux réservoirs 101UFC/ml à 37°et 63UFC/ml à 22° dans le dernier échantillon prélevé au réservoir EGZIB et aussi 20UFC/ml à 22°C au réservoir central.

## **CONCLUSION GÉNÉRALE**

Au terme de notre stage effectué au niveau du laboratoire de l'ADE de Bejaia en vue de la réalisation de notre mémoire de fin de cycle master en biodiversité et Sécurité Alimentaire, nous pouvons dire que la qualité de l'eau est prioritairement une exigence de la santé et de la sécurité alimentaire.

La potabilisation de l'eau destiné à la consommation humaine doit bénéficier d'une attention particulière. Elle ne doit contenir ni substances chimiques ni germes pathogènes nocifs susceptibles de porter atteinte à la santé. Les stations de traitement des eaux potables de l'ADE veillent à satisfaire les besoins nécessaires à l'alimentation en eau potable, à la fois, en quantité et en qualité.

Les résultats d'analyses physicochimique (TDS, TH, TAC, TA, PH, conductivité, salinité, turbidité, température, nitrate, nitrite, fer, sodium, potassium, calcium, magnésium, sulfate, chlorure et ammonium) et bactériologique (coliformes, germe totaux, streptocoques, ASR) des eaux du réservoir centrale répondent aux normes algériennes de potabilité.

Au niveau du réservoir EGZIB, tous les résultats bactériologique et physicochimique sont conformes aux normes à l'exception de :

- deux paramètres physicochimiques (la dureté total et la turbidité) dépassent les normes durant la 3ème semaine d'analyse ;
- une présence accidentelle de germes totaux non conforme à la norme fixée durant la dernière semaine de notre étude, et cela peut être due aux fortes pluies tomber dans cette période de stage.

A la lumière des résultats obtenus, nous constatons que l'eau des deux réservoirs est considérée comme potable et ne présente aucun danger pour la population.

Pour une meilleure préservation de cette eau nous recommandons :

- Accentuer la protection des ressources en eaux en évitant les cross-connections pendant les périodes pluvieuses.
- Réduire les déchets dans l'environnement
- Nettoyer, désinfecter et mieux entretenir régulièrement les réservoirs d'eau.
- Traiter et suivre régulièrement, en continu, l'eau destinée à la population dans l'intérêt de la préservation de la santé publique.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

## A

1. **Abboudi, A., Tabyaoui, H. et El Hamichi, F. (2017).** Etude de la qualité physico-chimique et contamination métallique des eaux de surface du bassin versant Deguigou, Maroc. *Europe and scientific journal*, vol(10). No 23. P 84-94.
2. **Adjelane, M., Bourebaa, K. (2018).** Analyse physico-chimique et bactériologique des eaux d'alimentation de quelques réservoirs de la ville de Bejaia cas du réservoir EGZIB et réservoir central. Bejaia-Algérie. Mémoire de Master. P73.
3. **Assaad, A. (2014).** « Pollution anthropique de cours d'eau: caractérisation spatio-temporelle et estimation des flux ». Thèse de doctorat. Université de Lorraine, Français. NNT : 2014LORR0054. tel-01750762. P227.
4. **Atteia, O., (2015).** Chimie et pollutions des eaux souterraines. Lavoisier. P448.
5. **Aubry, P., Gaüzère, B-A. (2011).** Les maladies liées à l'eau. MEDECINE TROPICALE. Diplôme de Médecine Tropicale des Pays de l'Océan Indien. P7.
6. **Ayad, W., Kahoul M. (2016).** Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de puits dans la région d'El-Harrouch (N.E -Algérie). *Journal Mater. Environ. Sci.* 7 (4). 1288- 1297. ISSN 2028-2508

## B

7. **Belhadj, M.Z. (2017).** Qualité des eaux de surface et leur impact sur l'environnement dans la Wilaya de Skikda thèse de doctorat. Université Mohamed Khider-Biskra, 64pp
8. **Benkaddour, B. (2018).** Contribution à l'étude de la contamination des eaux et des sédiments de l'oued Chélif (Algérie). Thèse de doctorat. Université de Perpignan ; université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem. Algérie. ffNNT : 2018PERP0026ff. fftel-01955103f. P193.
9. **Benmoussa, H., (2018).** Polycopie Chimie des eaux. Université des Sciences et de la Technologie d'Oran Mohamed Boudiaf Faculté de Chimie Département de Génie Chimique. P124
10. **Bontemps M., (2021).** L'eau dans tous ses états: les minéraux et les oligo-éléments
11. **Boucherit, A., et Hakimi, H., (2016).** Contribution à l'étude de la qualité physico chimique et bactériologique de l'eau du Barrage Hammam Debegh-Guelma. Mémoire de Master. Université du 08 Mai 1945-Guelma- 67 p.
12. **Bouchet, C. (2022).** Guide de l'eau, Français environnement. Petite histoire de cycle de l'eau. P139. Lien : <https://www.revue-ein.com/article/petite-histoire-du-cycle-de-l-eau>.

13. **Bouras, Z, et Sekfali S., (2013).** Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux superficielles « cas d'Oued Zénati » (Nord - est algérien). Mémoire de Master. Université 8 Mai 1945 de Guelma. 9-10-20p
14. **Bouzit, F.Z., (2012).** Etude d'un mécanisme de traitement des eaux superficielles à base des plantes végétales. mémoire de magister. Université 8 Mai 1945 Guelma. Faculté des Sciences et de la Technologie. Département de Génie des Procédés. P116.

## C

15. **Camille, R., (2018).** Pourquoi l'eau est devenue une ressource menacée <https://www.radiofrance.fr/franceculture/3814342>
16. **Cardot, C., Gilles, A. (2013).** Analyse des eaux, réglementation, analyses volumétriques et spectrophotométriques, statistique, cours et exercices corrigés. Ellipses Edition Marketing S.A. Paris. 296 p.
17. **Carip, C., Salavert, M.-H., Tandeau, A. (2015).** Microbiologie, hygiène et droit alimentaire, Lavoisier-Tec & Doc. P340.
18. **Chippaux, J. P., Houssier, S., Gross, P., Bouvier, C., & Brissaud, F. (2002).** Etude de la pollution de l'eau souterraine de la ville de Niamey, Niger. *Bull Soc Pathol Exot*, 94(2), 119-123.

## D

19. **Debbakh, A. (2012).** Qualité et dynamique des eaux des systèmes Lacustres en amont de l'Oued Righ. Mémoire magister. Université d'hydraulique. P176.
20. **Delarras, C. (2014).** Pratique en microbiologie de laboratoire. 1<sup>er</sup> Ed Lavoisier. Paris. ISBN : 978-2-7430-1565-7. P234-652.
21. **Diab, W. (2016).** Étude des propriétés physico-chimiques et colloïdales du bassin de la rivière Litani. Liban. Thèse de doctorat en Géosciences Université de Lorraine. 214p.
22. **Djaffar, S. et Kettab, A. (2018).** La gestion de l'eau en Algérie : quelle politique, quelle stratégies, quel avenir ? *Journal algérien des sciences et technologies de l'environnement*. Édition d'avril. vol(4), N°1, P641-648.

## E

23. **Eau France. (2019).** Les eaux souterraines, eau et milieu aquatique. Le service public d'information sur l'eau. <https://www.eaufrance.fr/les-eaux-souterraines>.

## G

24. **Gerard, G., (1999).** L'eau, milieu naturel et maîtrise, Édition INRA : Volume 1, 204p.

25. **Ghezal, H. Aouissi, R, R. (2021).** Etude comparative de la qualité physicochimique de l'eau de robinet de deux quartiers à Biskra (Al Alia 17 coopératives et Sidi Gezal sale de soin Mounibe Boulanwar). Mémoire Master. P73.
26. **Gleick, P.H., (1993).** « Water resource: A long range global evaluation » *Ecology Law Quarterly* Vol. 20, No. 1. 141-149p
27. **Godéliève, K. Bruno, M. Patient M. (2018).** Évaluation de la dégradation de quelques paramètres physicochimiques de l'eau de la rivière Lukaya en République Démocratique du Congo. *Afrique Science* 14(2) 292- 303 ISSN 1813-548X, <https://www.afriquescience.info>. p298
28. **Graindorge, J. Landot, E. (2014).** la qualité de l'eau potable, technique et responsabilité, Edition territorial, Bresson, 145p. (ISBN : 978-2-8186-0727-5).

## H

29. **Hailu, B. (2017).** Physicochemical and microbial quality of drinking water from source to household taps: The case of Legedadi reservoir. A Thesis submitted to the Centre for Environmental Science. Addis Ababa University. Ethiopia. P86.
30. **Hane, M., Diagne, I., Ndiaye, M., Ndiaye, B., Dione, T., Cisse, D., Diop, A., (2020).** Etude comparative de la qualité physico-chimique des eaux de puits et de forage consommées dans la commune de Sinthiou Maléme dans la région de Tambacounda (Sénégal). *IJBCS*. 14(9). P3400-3412.
31. **Henri L. (2012).** L'eau Potable, Édition réimprimée, p190.
32. **Hounsounou, E. O., Tchibozo, M. A. D., Kelome, N. C., Vissin, E. W., Mensah, G. A., & Agbossou, E. (2016).** *International journal of biological and chemical sciences*. Pollution des eaux à usages domestiques dans les milieux urbains défavorisés des pays en développement : *Synthèse bibliographique*. Vol(10), N°5, pp:2392-2412.

## J

33. **John, P. et Donald, A., (2010).** Microbiologie, 3ème Édition, P1216.
34. **Journal officiel de la république algérienne-JORA. (2014).** Décret exécutif n° 14 -96 du 2 Joumada El Oula 1435 correspondant au 4 mars 2014 modifiant et complétant le décret exécutif n° 11-125 du 17 Rabie Ethani 1432 correspondant au 22 mars 2011 relatif à la qualité de l'eau de consommation humaine.

## K

35. **Kahoul, M et Touhami, M. (2014).** Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux de consommation de la ville d'Annaba (Algérie). *Larhyss Journal*. ISSN 1112-3680. n°19. P129-138.

36. **Kherifi, N, et Achi, I., (2016).** Caractéristiques physico-chimiques d'un cours d'eau (cas de l'Oued Charef) dans la région de Guelma (Nord-est algérien). Mémoire de Master. Université 8 Mais 1945 Guelma.
37. **Khettaf, S. (2018).** Evaluation physico-chimique de l'eau d'un barrage et proposition d'un traitement adapté pour une eau de haute qualité. Thèse de doctorat. Université El-Hadj Lakhdar - BATNA 1. P291.

## L

38. **Legube B., (2018).** La production d'eau potable, un enjeu majeur de santé publique. Encyclopédie de l'environnement. P9.

## M

39. **Madjdoub, R., Cote, C., Duchemin, M. (2004).** Risque de contamination microbiologique des eaux souterraines et mesures préventives à adopter. Vecteur environnement. 37(2). P61-66.
40. **Marillys, M. (2021).** Centre d'information des eaux : La pollution de la ressource en eau : d'où vient-elle et comment la réduire ? <https://www.cieau.com/connaitre-leau/la-pollution-de-leau/pollution-ressource-eau-comment-reduire/>.
41. **Mazzuoli, L. (2012).** La gestion durable de l'eau : ressource. Qualité. Organisation. Edition Dunod, paris. P249 (ISBN : 978-2-10-055026-5).
42. **Mendonca, A., Thomas-Popo, E., Gordon, A., (2020).** Microbiological considerations in food safety and quality systems implementation. Food Safety and Quality Systems in Developing Countries. Elsevier. P185-260
43. **Mekhalif, F., (2009).** Réutilisation Des Eaux Résiduelles Industrielles Épurées Comme Eau Dappoint Dans Un Circuit De Refroidissement, Mémoire de Magister en Chimie Option : Pollution Chimique et Environnement, Université du 20 Août 1955, SKIKDA Faculté des Sciences Département des Sciences Fondamentales, p158.
44. **Mesbahi, N. (2022).** Rapport De Synthèse Sur l'Etude Des Paramètres Physico-Chimiques des Iles Kneiss (Golfe de Gabés, Tunisie). Laboratoire de Biodiversité Marine et Environnement Faculté des Sciences de Sfax. P11.

## N

45. **Nouayti, N., Khattach, D., & Hilali, M. (2015).** Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux souterraines des nappes du Jurassique du haut bassin de Ziz (Haut Atlas central, Maroc)[Assessment of physico-chemical quality of groundwater of the Jurassic aquifers in high basin of Ziz (Central High Atlas, Morocco)]. *Journal of Materials and Environmental Science*. 6(4). 1068-1081. ISSN: 2028-2508.

46. **Nwabor, O., Nnamonu, E., MARTINS, P., ANI, O. C. (2016).** Water and Waterborne Diseases: A Review. IJTDH. 12(4). p14.

## O

47. **Organisation Mondiale de la Santé. (2017).** Directives de qualité pour l'eau de boisson. 4<sup>ème</sup> édition. Intégrant le premier additif. Genève. P564.
48. **Ottawa, O. (2020).** Conseils sur la matière organique naturelle dans l'eau potable. Santé Canada. P80.
49. **Ouahchia, C., Hamaidi-C, F., Hamaidi, M. S., Saidi, F. (2015).** Qualité bactériologique de l'eau potable des différents réservoirs et chez les consommateurs de la commune de Tipaza alimentés par la station de sidi Amar à partir de l'eau de surface du lac-barrage de boukourdane. Larhyss Journal. ISSN 1112-3680. n°23. P 139-154.
50. **Ouanes, M. (2020).** Effet de changements climatiques sur la qualité des eaux souterraines de la plaine de F'kirina de la W. D'Oum el boughi. Thèse de doctorat. Université 8 Mai 1945 Guelma. P 57.

## R

51. **Rodier J., Legube B., Merlet N. (2009).** L'analyse de l'eau. 9<sup>ème</sup> éd. Dunod. Paris. 1579p.
52. **Rodier J., Legube B., Merlet N. (2016).** L'analyse de l'eau ; contrôle et interprétation. 10<sup>ème</sup> édition. Dunod. Paris. P1759.

## S

53. **Sadoune, A., Derradji, F. (2013).** Vulnérabilité et gestion des ressources des ressources en eau dans la région d'Annaba et El taraf. Proceeding du Séminaire International sur l'Hydrogéologie et l'Environnement SIHE 2013 Ouargla. P281-283.
54. **Savary P. (2010).** Guide des analyses de la qualité de l'eau. 3<sup>ème</sup> édition : Témitorial. p : 264.
55. **Schrivier-M, L. (2012).** La gestion durable de l'eau : ressources, qualité, organisation. P256.
56. **Soran-N, S. (2021).** The physical and chemical properties of water. Kirkuk University. 3p  
<https://www.researchgate.net/publication/349120643>

## **ANNEXES**

## ANNEXE 1

### Détermination de l'alcalinité (TAC) et (TA) :

#### MODE OPÉRATOIRE :

##### ➤ Détermination du (TA)

- 50 ml d'eau a analysé.
- 2 gouttes de solution de phénolphtaléine (indicateur)
- Si aucune coloration n'apparaît donc TA=0

##### ➤ Détermination du (TAC)

- 25 ml d'eau a analysé.
- 2 gouttes de méthyle orange (indicateur)
- Titrage avec HCL jusqu'à coloration jaune orangé

#### Réactifs

- Acide chlorhydrique (HCL) concentré a 37% ;
- Phénolphtaléine (indicateur) ;
- Méthyle orange (indicateur).

##### ➤ Mesure et calcul du résultat

$$(\text{HCO}_3^-) = \frac{VA \times NA \times M_{\text{HCO}_3^-} \times 1000}{PE} = \frac{VA \times 0,01 \times 1000}{50}$$

## ANNEXE 2

### Détermination des chlorures ( $Cl^-$ )

#### MODE OPÉRATOIRE :

- Prélever 5ml d'eau a analysé ;
- Ajouter 2 goutte d  $K_2CrO_4$  obtention de la coloration jaunâtre
- Titre avec  $AgNO_3$  à 0.01N jusqu'à coloration brunâtre.

#### Réactifs :

- Solution de nitrate d'argent à 0,001N ;
- Indicateur coloré  $K_2CrO_4$  à 10%

#### ➤ **Mesure et calcule du résultat :**

$$(CL) = \frac{VA_{gNO_3} \times NA_{gNO_3} \times MCL}{PE} = \frac{VA_{gNO_3} \times 0,01 \times 35,5 \times P \times 1000}{5}$$

## ANNEXE 3

### Détermination de la dureté totale (TH)

#### MODE OPÉRATOIRE :

Prélever 50 ml d'eau à analyser ;

- Ajouter 0.8ml du tampon ammoniacal ;
- Ajouter un indicateur de coloration NET ;
- Titrer avec l'E.D.T.A jusqu'à l'apparition d'une couleur bleu ;

#### Réactif :

- Solution E.D.T.A (0,02) ;
- Tampon ammoniacal ;  $NH_4OH$
- Un indicateur de coloration le NET

#### ➤ **Mesure et calcul du résultat**

Le résultat est exprimé en  $mg/lCaCO_3$ , donné par l'équation suivante :

$$(TH) = \frac{V1 \times N_{EDTA} \times F \times MC_a CO_3}{PE} = \frac{V1 \times 0,02 \times F \times 0,01 \times 100g \times 1000}{50 \times 2}$$

## ANNEXE 4

### Détermination de la dureté calcique ( $THC_a$ )

#### **MODE OPÉRATOIRE :**

- Prélever 50 ml de l'eau a analysé ;
- Ajouter 0.5 ml de d'hydroxyde de sodium  $NaOH$
- Ajouter un indicateur de coloration MUREXIDE.
- Titrer avec l'E.D.T.A jusqu'à l'apparition d'une couleur violet.

#### **Réactif :**

- Solution E.D.T.A, (0,002N) ;
- Solution d'hydroxyde de sodium  $NaOH$  2N.

#### **➤ Mesure et calcul du résultat :**

La teneur en calcium est exprimé en mg/l et donnée par l'équation :

$$(Ca) = \frac{V1 \times N_{EDTA} \times F \times M_{Ca^{++}}}{PE} = \frac{V1 \times 0,02 \times F \times 0,01 \times 40g \times 1000}{50 \times 2}$$

## ANNEXE 5

### Détermination des sulfates ( $SO_4^{2-}$ )

#### **MODE OPÉRATOIRE :**

Prélever 20ml d'eau a analysé puis compléter a 100 ml d'eau distillée ;

- Ajouter 5 ml de la solution stabilisante ;
- Ajouter 2 ml de chlorure de baryum ;
- Agiter énergiquement pendant 1mn ;
- Passer au spectrophotomètre  $\lambda = 420\text{nm}$ .

#### **Réactif :**

- Solution stabilisante ;
- Solution de chlorure de baryum

#### **➤ Mesure et calcule du résultat :**

Les résultats sont affichés directement par spectromètre en mg/l de sulfates x le facteur de dilution.

## ANNEXE 6

### Détermination du fer ( $\text{Fe}^{2+}$ )

#### **MODE OPÉRATOIRE :**

- Prélever 50ml de l'eau à analyser dans une fiole de 100 ml ;
- Ajouter 1 ml de chlorhydrate d'hydroxylamine ;
- Ajouter 2ml de tampon d'acétate ;
- Ajouter 2 ml de phénoltroline ;
- Incubation pendant 15 min à l'abri de la lumière puis faire la lecture avec le spectrophotomètre, les résultats sont affichés directement en mg/l.

#### **Réactif :**

- Chlorhydrate d'hydroxylamine ;
- Tampon d'acétate ;
- Phénoltroline.

#### **➤ Mesure et calcul du résultat :**

Les résultats sont affichés directement par spectromètre en mg/l de fer.

## ANNEXE 7

### Détermination des nitrates ( $NO_3^-$ )

#### MODE OPÉRATOIRE

- Prélever 10 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 2 à 3 gouttes de  $NaOH$  à 30%.
- Ajouter 1 ml de salicylate de sodium.
- Evaporation sec ou au bain marie ou à l'étuve 75-88C ; puis laisser refroidir.
- Reprendre le résidu avec 2 ml  $H_2SO_4$  laissé reposer 10min.
- Ajouter 15 ml d'eau distillée.
- Ajouter 15ml de tartrate double de sodium et de potassium puis passer au spectrophotomètre au 420nm, le résultat est donné en mg/L.

#### Réactif

- Solution de salicylate de sodium à 0,5% (renouveler toute les 24h) ;
- Solution d'hydroxyde de sodium 30%
- $H_2SO_4$  concentré ;
- Tartrate double de sodium et de potassium.

#### ➤ **Mesure et calcul du résultat**

Le résultat est donné directement en mg/L à une longueur d'onde de 420 nm multiplié par 4.43 pour obtenir la concentration en  $NO_3^-$ .

## ANNEXE 8

### Détermination des nitrites ( $\text{NO}_2^-$ )

#### **MODE OPÉRATOIRE**

- Prélever 25 ml d'eau à analyser ;
- 0.5 ml du réactif mixte ;
- Incubation pendant 10 min puis faire la lecture avec le spectrophotomètre.

#### **Réactif**

Réactif mixte.

#### **➤ Mesure et calcul du résultat**

Les résultats sont affichés directement par spectromètre en mg/l de nitrites

## **ANNEXE 9**

### **Recherche des coliformes**

#### **Mode opératoire :**

- Flamber la partie supérieure du support de la rampe de filtration et particulièrement le fritté métallique avec le robinet ouvert au début du flambage et fermé en fin de flambage.
- Flamber les entonnoirs aussi
- Laisser refroidir jusqu'à ce que les entonnoirs soient manipulables à mains nues sans la moindre sensation de brûlure.
- Passer la partie ouverte de la pince à la flamme 2 à 3 secondes
- Saisir une membrane stérile de porosité 0,45 µm, ouvrir son emballage et extraire la
- membrane avec la pince stérilisée préalablement par flambage.
- Déposer la membrane sur le support de filtration refroidi
- Fixer l'entonnoir sur le support.
- Agiter énergiquement l'échantillon à analyser et flamber légèrement la partie supérieure de la bouteille.
- Ouvrir la bouteille contenant l'échantillon aux alentours de la flamme et flamber rapidement le goulot.
- Verser l'eau à analyser jusqu'au repère de l'entonnoir (minimum 100 ml) ; Ouvrir le robinet du support, laisser aspirer entièrement et fermer ensuite le robinet
- Dès que la quantité d'eau est filtrée, prélever la membrane avec une pince stérile en la saisissant par son bord. Déposer la membrane sur le milieu sélectif (gélose lactosée au Tergitol et au T.T.C.)
- en prêtant attention à ne pas piéger de bulles d'air. Incubation à  $36 \pm 2$  °C pendant  $22 \pm 2$  h, le couvercle vers le bas.

#### **Lecture :**

- Examiner les membranes et considérer comme positives toutes les colonies petites, lisses légèrement bombées à contours réguliers et pigmentés en jaune orangé ou en jaune (lactose positives).

#### **Confirmation**

- Repiquer de façon aléatoire 5 à 10 colonies à des fins de confirmation basée sur le test à l'oxydase d'une part et la production d'indole d'autre part

### ➤ Test à l'oxydase

- Pour les besoins de ce test, effectuer tout d'abord un repiquage sur gélose TSA à la caséine de 5 à 10 colonies, à incuber à  $36 \pm 2^\circ\text{C}$  pendant  $21 \pm 2$  heures, puis effectuer le test de l'une des façons suivantes :
  - Imbiber un disque d'oxydase avec une goutte d'eau distillée stérile puis déposer une colonie caractéristique.
  - Verser 2 à 3 gouttes du réactif à l'oxydase préparé extemporanément (Tétraméthylphénylènediamine) sur un papier filtre puis étaler dessus une partie de la culture.
  - Dans les deux cas la réaction positive est immédiate et se traduit par un virage au bleu violet

### ➤ Test à l'indole :

- Pour cela, transférer chaque colonie caractéristique séparément (5 à 10) dans un tube contenant 3 ml de bouillon au tryptophane. Bien triturer la colonie dans le milieu puis incuber ce dernier à  $44 \pm 0,5^\circ\text{C}$  pendant  $21 \pm 3$  heures puis rechercher la production d'indole en ajoutant 2 à 3 gouttes du réactif de Kowacs. La présence d'une coloration rouge à la surface du bouillon traduit la production d'indole à partir du tryptophane présent dans le milieu.

### Identification :

Est considérée comme bactérie coliforme, toute colonie caractéristique (jaune), dépourvue de l'enzyme oxydase et non productrice d'indole. Est considéré comme bactérie *Escherichia coli*, toute colonie caractéristique (rouge), dépourvue de l'enzyme oxydase, mais productrice d'indole à  $44^\circ\text{C}$ .

### ➤ Mesure et calcul du résultat :

Calculer ensuite la valeur du nombre de bactéries coliformes lactose positives à part, celle des *Escherichia coli* à part ; le résultat final sera exprimé selon l'équation mathématique suivante :

b : Nombre de colonies caractéristiques présumées dans la boîte.

A : Nombre de colonies repiquées.

c : Nombre total de colonies trouvées dans la boîte.

## ANNEXE 10

### Recherche des clostridium sulfito-réducteurs

#### **Mode opératoire :**

La recherche des spores :

- par chauffage préalable de l'eau à 90 °C pendant 10 minutes
- suivie de l'inoculation de 20 mL dans 4 milieux VFSR (5 ml par milieu)
- régénérés en gros tubes profonds ;
- suivie d'une incubation à 37 °C/48H (dénombrement des spores issues de Clostridium sulfito-réducteurs ;
- Effectuer la lecture des milieux : justifier l'aspect des colonies.

#### ➤ **Mesure et calcul du résultat :**

- Réaliser le dénombrement des formes végétatives et rendre le résultat en UFC. 100 ml.

## ANNEXE 11

### Recherche des entérocoques :

#### **Mode opératoire :**

- Flamber la partie supérieure du support de la rampe de filtration et particulièrement le fritté métallique avec le robinet ouvert au début du flambage et fermé en fin de flambage
- Flamber les entonnoirs ainsi que la verrerie sur laquelle ils sont déposés après usage
- Laisser refroidir jusqu'à ce que les entonnoirs soient manipulables à mains nues sans la moindre sensation
- Passer la partie ouverte de la pince à flamme 2 à 3 secondes
- Saisir une membrane stérile de porosité 0,45 µm,
- Déposer la membrane sur le support de filtration refroidit
- Fixer l'entonnoir sur le support
- Agiter énergiquement l'échantillon à analyser et flamber rapidement
- Verser l'eau à analyser jusqu'au repère
- Ouvrir le robinet du support, laisser aspirer entièrement et fermer ensuite
- Retirer la membrane de son support à l'aide de la pince et la placer sur le milieu Slanetz et Bartely (T.T.C) préalablement sèche, en assurant que des bulles d'air ne soient pas emprisonnées sous la membrane

#### ➤ **Incubation**

Incuber les boîtes de pétrie à l'envers, à 37 °C pendant 48 h

#### ➤ **Lecture**

Examiner la membrane et considérer comme entérocoques présumés toutes les colonies qui, quelle que soit leur taille, présentent une coloration rouge, marron ou rose.

## Annexe 12

**Résultats des analyse physicochimique partiels de la 1ère semaine et 2ème semaine :**

				<b>Réservoir centrale</b>		<b>Réservoir EGZIB</b>		
				1 <sup>ère</sup>	2 <sup>ème</sup>	1 <sup>ère</sup>	2 <sup>ème</sup>	
		<b>Paramètres</b>	<b>unité</b>	<b>norme</b>	prélèvement	prélèvement	prélèvement	prélèvement
					(11-02)	(13-02)	(11-02)	(13-02)
<b>Paramètres physiques</b>		pH	*	6.5-9	7.64	7.48	7.89	7.36
		Température	°C	*	17.8	17.2	19.2	16.50
		Conductivité	µs/cm	2800	914	986	1353	1309
		Turbidité	NTU	5	0.44	0.69	0.71	0.44
		TDS	Mg/l	*	457	493	676	650
		Salinité	g/l	1	0.5	0.5	0.7	0.6
		Chlore	*	*	0.3	0.5	≥ 1	0.3
<b>Paramètres chimiques</b>		Nitrites	Mg/l	0.2	0.006	0.004	0.002	0.005
		Ammonium	Mg/l	0.5	0.004	0.01	0.04	0.006

				<b>Réservoir centrale</b>		<b>Réservoir EGZIB</b>		
				1 <sup>ère</sup>	2 <sup>ème</sup>	1 <sup>ère</sup>	2 <sup>ème</sup>	
		<b>Paramètres</b>	<b>unités</b>	<b>norme</b>	prélèvement	prélèvement	prélèvement	prélèvement
					(18-02)	(22-02)	(18-02)	(22-02)
<b>Paramètres physiques</b>		pH	*	6.5-9	7.89	8.21	7.88	8.40
		Température	°C	25	18.5	21.2	18	20.50
		Conductivité	µS/cm	2800	983	907	1365	1348
		Turbidité	NTU	5	0.79	0.80	0.57	0.17
		TDS	Mg/l	*	491.50	453.50	682	674
		Salinité	%	1	0.5	0.4	0.7	0.7
		Chlore	*	*	0.6	0.5	0.5	0.8
<b>Paramètres chimiques</b>		Nitrite	Mg/l	0.2	0.001	0.007	0.008	0.004
		Ammonium	Mg/l	0.5	0.004	0.009	0.006	0.006

### Annexe 13

#### Résultats des analyses physicochimiques partiels de la 3<sup>ème</sup> semaine

			Réservoir centrale		Réservoir EGZIB		
			1 <sup>ère</sup>	2 <sup>ème</sup>	1 <sup>ère</sup>	2 <sup>ème</sup>	
Paramètre	unité	norme	prélèvement (26-02)	prélèvement (03-03)	prélèvement (26-02)	prélèvement (03-03)	
Paramètres physiques	pH	*	6.5-9	8.32	8.32	7.98	8.35
	Température	°C	25	17.8	16.2	17.9	16
	Conductivité	µS/cm	2800	1391	1220	1566	1241
	Turbidité	NTU	5	0.57	1.41	0.71	16
	TDS	Mg/l	*	695	610	783	620
	Salinité	g/l	1	0.7	0.6	0.8	0.6
	Chlore	*	*	0.5	0.1	0.8	0.6
Paramètres chimiques	Nitrites	Mg/l	0.2	0.003	0.00	0.01	0.0
	Ammonium	Mg/l	0.5	0.008	0.02	0.40	0.04

### Annexe 14

#### Résultats des analyses physicochimiques totales

				Réservoir centrale		Réservoir EGZIB	
				1 <sup>ère</sup>	2 <sup>ème</sup>	1 <sup>ère</sup>	2 <sup>ème</sup>
				prélèvement (11-02)	prélèvement (03-03)	prélèvement (11-02)	prélèvement (03-03)
paramètres	unités	normes					
Paramètres physiques	TH	mg/l	500	412	556	540	500
		$CaCO_3$					
	TA	mg/l	*	0	0	0	0
		$CaCO_3$					
	TAC	mg/l	*	250	260	230	220
		$CaCO_3$					
Paramètres chimiques	$HCO_3^-$	Mg/l	>65	305	317.20	280.60	268.40
	$Cl^-$	Mg/l	500	8.30	31.80	209.50	25.44
	$Na^+$	Mg/l	200	69	0	185	0
	$NO_3^-$	Mg/l	50	5	3.59	5.30	4.18
	$Fe^{2+}$	Mg/l	0.3	0.07	0.02	0.0	0.16
	$K^+$	Mg/l	12	2	0	5.12	0
	$SO_4^{2-}$	Mg/l	400	196.51	217.25	281.10	295.50
	$Ca^{2+}$	Mg/l	200	104	134.40	144	139
$Mg^{2+}$	Mg/l	150	36.78	52.20	43.56	37.20	

## Annexe 15

### Résultats des paramètres bactériologiques :

	Normes	<b>R. CENTRALE</b>		<b>R. EGZIB</b>	
		1 <sup>er</sup>	2 <sup>eme</sup>	1 <sup>er</sup>	2 <sup>eme</sup>
		prélèvement (11-02)	Prélèvement (13-02)	Prélèvement (11-02)	Prélèvement (13-02)
<b>Coliformes</b>	0	0	0	0	0
<b>Streptocoques</b>	0	0	0	0	0
<b>ASR</b>	0	0	0	0	0
<b>Germes totaux 37°</b>	10	0	0	0	0
<b>Germes totaux 22°</b>	100	2	0	0	0

	Normes	<b>R .CENTRALE</b>		<b>R.EGZIB</b>	
		1 <sup>er</sup>	2 <sup>ème</sup>	1 <sup>er</sup>	2 <sup>ème</sup>
		prélèvement (18-02)	Prélèvement (22-02)	Prélèvement (18-02)	Prélèvement (22-02)
<b>Coliformes</b>	0	0	0	0	0
<b>Streptocoques</b>	0	0	0	0	0
<b>ASR</b>	0	0	0	0	0
<b>Germes totaux 37°</b>	10	0	0	0	0
<b>Germes totaux 22°</b>	100	0	0	0	0

	Normes	<b>R .CENTRALE</b>		<b>R.EGZIB</b>	
		1 <sup>er</sup>	2 <sup>ème</sup>	1 <sup>er</sup>	2 <sup>ème</sup>
		prélèvement (26-02)	Prélèvement (03-03)	Prélèvement (26-02)	Prélèvement (03-03)
<b>Coliformes</b>	0	0	0	0	0
<b>Streptocoques</b>	0	0	0	0	0
<b>ASR</b>	0	0	0	0	0
<b>Germes totaux 37°</b>	10	0	0	14	101
<b>Germes totaux 22°</b>	100	0	20	0	63

## Résumé

Notre étude consiste en l'évaluation des qualités physicochimique et bactériologique de l'eau distribuée par l'ADE de Bejaïa destinée à la consommation. La période de stage s'étale du 11/02/2024 au 11/03/2024. Les échantillons d'eau analysés proviennent de deux réservoirs (réservoirs central et l'EGZIB) situés dans la ville de Bejaia. Les analyses ont été réalisées au niveau du laboratoire d'analyse. Les paramètres physicochimiques analysés sont les TDS, TA, ph, TH,  $Fe^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Cl^{-}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $NO_2^{-}$ ,  $NO_3^{-}$ ,  $NH_4^{+}$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $Cl^{-}$ ,  $Na^{2+}$  TAC, Salinité, Turbidité, Température, Conductivité. Les paramètres bactériologiques sont les coliformes, ASR, les streptocoques et les germes totaux. Les résultats physicochimiques obtenus répondent aux normes algériennes, à l'exception de la turbidité d'une valeur de (16 NTU) et la dureté totale varie entre (540 et 556mg/l). Les résultats des analyses bactériologiques montrent une contamination traduite par la présence des germes totaux au réservoir EGZIB. A travers nos résultats, nous pouvons conclure que l'eau distribuée par l'ADE est une eau de qualité qui ne présente aucun danger mais reste à améliorer par d'autres contrôles et méthodes de traitement plus fréquentes.

**Mot Clés :** Eau potable, Analyses physicochimique et bactériologique, Qualité, ADE de Bejaïa

## Abstract

Our study consists in the evaluation of the physicochemical and bacteriological qualities of the water distributed for consumption by the ADE of Bejaïa. The internship period runs from 11/02/2024 to 11/03/2024. The water samples analyzed came from two reservoirs (réservoirs central and EGZIB) located in the town of Bejaia. Analyses were carried out at the analysis laboratory. The physicochemical parameters analyzed are TDS, TA, ph, TH,  $Fe^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Cl^{-}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $NO_2^{-}$ ,  $NO_3^{-}$ ,  $NH_4^{+}$ ,  $SO_4^{2-}$ , TAC, Salinity, Turbidity, Temperature, Conductivity. Bacteriological parameters include coliforms, ASR, streptococci and total germs. Physicochemical results met Algerian standards, with the exception of turbidity (16 NTU) and total hardness (540-556mg/l). The results of bacteriological analyses show contamination reflected by the presence of total germs in the EGZIB reservoir. Based on our results, we can conclude that the water distributed by ADE is of safe quality, but still needs to be improved by further controls and more frequent treatment methods.

**Key words:** Drinking water, Physicochemical and bacteriological analyses, Quality, ADE de Bejaïa

## ملخص الدرس

تتلخص دراستنا في تقييم الصفات الفيزيوكيميائية والبكتريولوجية للمياه الموزعة للاستهلاك من قبل الوكالة الجزائرية للتطهير والمياه في بجاية. في الفترة التدريبية الممتدة من 11 فيفري الى 11 مارس 2024. وقد جاءت عينات المياه التي تم تحليلها من خزائنين (المركزي اقريب) الواقعين في مدينة بجاية. أجريت التحاليل في المختبر. التحاليل الفيزيوكيميائية التي تم العمل عليها هي درجة الحموضة، حديد، كالسيوم، كلوريد، كلور، سلفات، مغنيزيوم، نترت، نترات، أمونيوم، سلفات، بوتاسيوم، صوديوم، الملوحة، التعكر، درجة الحرارة. اما المؤشرات البكتريولوجية هي القولونيات، المكورات العقدية، الجراثيم. النتائج الفيزيوكيميائية التي تم الحصول عليها مطابقة للمعايير الجزائرية، باستثناء التعكر (16) والصلابة (540-556 ملغ/لتر)، حيث يظهر أيضا وجود جراثيم في الخزان اقريب. استنادا الى النتائج التي توصلنا اليها، يمكننا ان نستنتج ان المياه التي توزعها شركة الجزائرية للمياه لولاية بجاية ذات جودة امنة، لكن تحتاج الى قيد من الضوابط والمعالجة المتكررة.

الكلمات المفتاحية: مياه الشرب، التحاليل الفيزيوكيميائية والبكتريولوجية، الجودة، الجزائرية للمياه.