



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة محمد البشير الإبراهيمي برج بوعريريج  
Université Mohammed El Bachir El Ibrahimi B.B.A

كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الأرض والكون  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers  
قسم العلوم الفلاحية  
Département des Sciences Agronomiques



## Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Domaine des Sciences de la Nature et de la Vie

Filière: Science Agronomique

Spécialité: Aménagement hydro-agricole

### Intitulé:

**Etude de la qualité physico-chimique de l'eau traitée par la  
technique de l'ozonation du barrage de Ain Zada-  
Willaya de Bordj Bou Arreridj**

### Présenté par:

GOUADRIA Asma & ZAOUI Cheyma

Soutenu le \_\_ 12 / \_06 / 2024, Devant le Jury :

|                    | Nom & Prénom         | Grade | Affiliation / institution        |
|--------------------|----------------------|-------|----------------------------------|
| <b>Président :</b> | Mme CHOURGHAL Nacira | Pr.   | Université de Bordj Bou Arreridj |
| <b>Encadrant :</b> | Mme SALAMANI Amel    | MCB   | Université de Bordj Bou Arreridj |
| <b>Examineur :</b> | M. DEFFAF Ammar      | MCB   | Université de Bordj Bou Arreridj |

Année universitaire: 2023/2024

## Remerciement

*Tout d'abord on remercie Dieu tout puissant qui a illuminé notre chemin et qui nous a armé de courage, la volonté et la patience pour achever ce travail.*

*Ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement de Mme « Salamani Amel » enseignante à l'université Mohamed El Bachir El Ibrahimî « BBA » on le remercie pour la qualité de son encadrement exceptionnel pour sa patience sa rigueur et sa disponibilité durant notre préparation de ce mémoire.*

*Nous exprimons nos remerciements aux membres de jury d'avoir bien voulu participer à l'évaluation de ce travail.*

*Nos remerciements s'adressent aussi à : L'ensemble du personnel de laboratoire de la station de Ain Zada.*

*Nos enseignants et tous nos amis de promotion de 2<sup>ème</sup> année master*

*Enfin, on remercie toute personne, qui de près ou de loin a contribué à l'élaboration de ce travail.*

## Dédicace

*Je dédie ce travail de fin d'études à :  
Ma famille GOUADRIA au sens large mais tout  
particulièrement*

*A vous mes parents je dis merci d'avoir fait de moi celui que  
je suis aujourd'hui aucune dédicace ne pourra exprimer mes  
respect mes considérations et ma grande admiration pour  
vous puisse ce travail vous témoigne mon affection et mon  
profond amour.*

*A mes frères Oussama, Moussab, Bilal et Habib qui ont  
partagé avec moi tous les moments lors de la réalisation de  
ce travail.*

*A mes sœurs Chaima ,Kawthar ,Nesrin ,Chorouk, et Besma*

*A ma petite ange Ania*

*A tous les nombres de ma famille et toute personne qui porte  
le nom GOUADRIA,*

*A mes amis, mes enseignants et pour ceux qui m'ont donné  
de l'aide un jour que dieu vous paye pour tous vos bienfaits.*

**ASMA**

## Dédicace

*Louange à Allah et prière et salut sur le messager d'Allah, puisse la paix être sur lui. Après cela :*

*Louanges à Allah qui nous a permis de valoriser cette étape dans notre parcours académique avec cette thèse. C'est le fruit de nos efforts et de notre succès grâce à Sa grâce, dédié à ce que j'ai de plus cher dans l'existence, à celle qui m'a accordé l'affection, l'amour et la force avec ses prières, à ma chère mère que Dieu la préserve et prolonge sa vie.*

*À celui dont la séparation m'a coûté cher et dont la vue me manque, à l'âme de mon père, que Dieu lui fasse miséricorde et me réunisse avec lui dans Ses jardins.*

*À mes chers frères Ali et Mohammed, et ma petite sœur Ritedj, que Dieu les guide et les soutienne dans leur chemin.*

*À mon cher mari, que Dieu le protège et le guide vers ce qu'il aime et agrée.*

*À ma chère tante et sa famille, que Dieu les protège.*

*À mes amies de toujours, Rahma, Sana, Chaïma.*

*À tous mes amis et collègues.*

*À tous ceux qui m'ont enseigné et soutenu dans ma vie, tous les enseignants et proches.*

*Cheyma*

## Table des matières

|   |    |
|---|----|
| Liste des tableaux  |    |
| Liste des figures   |    |
| Liste des abréviations  |    |
| Introduction .....  | 1  |
| I. Présentation de la zone d'étude.....   | 4  |
| I.1. Présentation du barrage de Ain Zada .....  | 4  |
| I.2. Présentation de la station de traitement des eaux.....                             | 4  |
| I.3. Présentation de l'unité d'ozonation (Ozoneur) .....                                | 5  |
| I.3.1. Généralités sur l'ozone : .....  | 5  |
| I.3.2. Génération de l'ozone.....   | 5  |
| I.3.3. Les facteurs qui influencent la génération d'ozone .....                         | 7  |
| I.4. Les problèmes relevés au niveau de l'unité de production de Ain Zada-Maouane ..... | 7  |
| I.5. Durée du stage.....  | 7  |
| II. Échantillonnage et analyses.....  | 8  |
| II.1. Échantillonnage et techniques de prélèvement.....                                 | 8  |
| II.2. Matériels .....   | 8  |
| II.2.1. Matériels lourds .....  | 8  |
| II.2.2. Verreries .....   | 9  |
| II.3. Méthodes des analyses physico-chimiques des eaux .....                            | 9  |
| II.3.1. Mesure de la température .....  | 9  |
| II.3.2. Mesure du pH .....  | 9  |
| II.3.3. Mesure de la turbidité .....  | 9  |
| II.3.4. Mesure de la conductivité électrique .....                                      | 9  |
| II.3.5. Mesure de l'oxygène dissous.....  | 10 |
| II.3.6. Détermination de la dureté TH ( $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Mg}^{2+}$ ).....      | 10 |
| II.3.7. Analyse des chlorures ( $\text{Cl}^-$ ).....                                    | 11 |
| II.3.8. Analyse de nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) .....                                    | 11 |
| II.3.9. Analyse de nitrite ( $\text{NO}_2^-$ ) .....                                    | 12 |
| II.3.10. Analyses d'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) .....                                  | 12 |
| II.3.11. Détermination des matières oxydables (organique) en milieu acide.....          | 12 |
| II.3.12. Analyse de sulfate ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) .....                                | 13 |
| II.3.13. Analyse du fer (Fe) .....  | 13 |
| II.3.14. Analyses de Phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) .....                            | 14 |
| II.3.15. Mesure du résidu sec .....   | 14 |

|   |    |
|---|----|
| II.3.16. Mesure de la Couleur.....  | 14 |
| III. Résultats et discussion.....   | 15 |
| III.1. Résultats des analyses physico-chimiques .....   | 15 |
| III.2. Discussion .....   | 16 |
| III.3. Comparaison des résultats des analyses physico-chimiques entre 2022 et 2024.....   | 18 |
| III.4. Évaluation de l'efficacité de l'ozone dans le traitement de la turbidité, de la matière organique et de la couleur ..... | 19 |
| Conclusion.....   | 23 |
| Références bibliographiques .....   | 25 |
| Résumé.....   | 31 |

**Liste des tableaux**

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Tableau 01:</b> Résultats des analyses physico-chimiques des eaux brutes et traitées durant la période de Février à Mai 2024.....     | <b>15</b> |
| <b>Tableau 02:</b> Comparaison des résultats des analyses physico-chimiques de l'eau brute et traitée entre les années 2022 et 2024..... | <b>18</b> |
| <b>Tableau 03:</b> Rendements des traitements de la turbidité, de la matière organique et de la couleur de l'eau ozonée et traitée.....  | <b>22</b> |

Liste des figures

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Figure 01</b> : Image représentant le site du barrage de Ain Zada [Google Earth.]<br>.....                | <b>4</b>  |
| <b>Figure 02</b> : Fonctionnement d'un générateur de décharge corona.....                                    | <b>6</b>  |
| <b>Figure 03</b> : Variation de la Turbidité de l'eau brute, ozonée et traitée (de février à mai 2024) ..... | <b>20</b> |
| <b>Figure 04</b> : Variation de la matière organique de l'eau brute, ozonée et traitée<br>.....              | <b>21</b> |
| <b>Figure 05</b> : Variation de la couleur de l'eau brute, ozonée et traitée (de février à mai 2024) .....   | <b>21</b> |

### Liste des abréviations

**°F** : Le Degré Français

**Cond** : Conductivité

**EDTA** : Ethylène-Diamine-Tétra-Acétique

**F** : Facteur

**JORA** : Journal Officiel de la République Algérien

**MES** : Matière En Suspension

**MO** : Matière Organique

**Moy** : Moyenne

**NGA** : Nord géographique algérienne

**NTU** : Unité de Turbidité Néphélométrique

**OMS** : Organisation Mondial de la Santé

**pH** : Potentiel d'Hydrogène

**Rend** : Rendement

**RS** : Résidus Sec

**Tur** : Turbidité

**UV** : Rayons Ultra- Violets

# INTRODUCTION

### Introduction

Il n'est un secret pour personne que l'eau, au même titre que l'air, est une ressource indispensable à tout être vivant sur terre, constituant près de 70% de la masse d'un être humain. Elle entre dans différents usages, du plus élémentaire comme la consommation ou l'agriculture au plus avancé comme l'industrie chimique. Sa répartition étant non homogène à la surface du globe, cette ressource représente à la fois un enjeu politique, économique et stratégique. L'importance que revêt cette ressource fait que sa protection et sa conservation sont essentielles (**Margat., 2005**).

L'eau de surface est un type des eaux qui englobe toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents (rivières, lacs, étangs, barrages...). La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature des terrains traversés par ces eaux durant leurs parcours dans l'ensemble des bassins versants. Ces eaux sont le siège, dans la plupart des cas, d'un développement d'une vie microbienne à cause des déchets rejetés dedans et de l'importante surface de contact avec le milieu extérieur. C'est à cause de cela que ces eaux sont rarement potables sans aucun traitement (**Duckstein, L., 2011**).

Un barrage est un ouvrage artificiel coupant le lit d'un cours d'eau et servant soit à assurer sa régulation, soit à pourvoir à l'alimentation en eau des villes, à l'irrigation des cultures, ou à produire de l'énergie. En revanche, une digue est un ouvrage destiné à contenir les eaux, à élever leur niveau ou à guider leur cours (**Christian., 2008**).

Le processus de traitement des eaux de surface implique plusieurs étapes cruciales visant à garantir la qualité et la sûreté de l'eau potable. En premier lieu, la pré-désinfection est une phase essentielle dans ce processus. Elle vise à éliminer les micro-organismes pathogènes, y compris les bactéries, les virus et les parasites, ainsi que la plupart des germes courants moins résistants présents dans l'eau brute avant de passer aux autres étapes de traitement (**Bertrand-Krajewski. J. L., 2018**).

Il existe deux méthodes de désinfection : la désinfection chimique, qui implique l'utilisation de produits chimiques tels que le chlore gazeux ou les hypochlorites. L'ozonation, une forme de désinfection chimique, utilise l'ozone pour traiter l'eau. En revanche, la désinfection physique, comme celle par les rayons ultraviolets (UV) repose sur l'exposition de l'eau à des rayons ultraviolets pour éliminer les micro-organismes. L'eau traitée par UV devient microbiologiquement sûre sans recourir à des produits chimiques, offrant ainsi une méthode de désinfection efficace et respectueuse de l'environnement (**Claude., 2010**).

Si l'objectif principal est la désinfection microbiologique, la désinfection par UV peut être plus appropriée. Cependant, si une élimination efficace des contaminants organiques et une

amélioration de la qualité globale de l'eau sont nécessaires, l'ozonation peut être préférée malgré ses coûts initiaux plus élevés (**Sobsey., 2002**).

Jusqu'à récemment, la qualité élevée de l'eau brute a permis d'obtenir une eau traitée de bonne qualité en utilisant uniquement des produits de désinfection moins coûteux que l'ozone, tels que le chlore et les hypochlorites. Cependant, depuis le début des années 1970, la dégradation de la qualité de l'eau brute a incité les spécialistes à recommander l'utilisation de l'ozone en raison de ses propriétés oxydantes et désinfectantes. En effet, l'ozone permet de réduire la couleur, les goûts et les odeurs, de réduire les produits à base de phénol et d'oxyder les ferreux et manganés solubles, ce qui les transforme en ions insolubles. Le pouvoir désinfectant de l'ozone est de 10 à 100 fois supérieur à celui du chlore, et ce pour tous les types de microorganismes. Il est même efficace contre les spores et les kystes, qui sont pourtant les microorganismes les plus résistants. Par ailleurs, contrairement au chlore, l'ozone ne réagit pas avec l'azote ammoniacal. (**Desjardins., 1997**).

L'ozonation est une méthode efficace de désinfection et de traitement de l'eau potable, capable d'éliminer ou de réduire les matières organiques, les pesticides, les produits pharmaceutiques et les composés organiques volatils. De plus, l'ozonation peut améliorer la qualité globale de l'eau en éliminant les mauvaises odeurs et les mauvais goûts, tout en laissant peu ou pas de sous-produits chimiques. Enfin, l'effet de l'ozone n'est pas rémanent, ce qui signifie qu'il ne reste pas dans l'eau après le traitement initial (**Zeng., 2018**).

L'ozonation est une technique qui utilise l'ozone pour traiter l'eau, et elle peut avoir des impacts environnementaux. L'ozonation de l'eau peut entraîner la formation de sous-produits chimiques, dont certains sont toxiques. Les émissions résiduelles d'ozone dans l'atmosphère peuvent avoir des effets néfastes sur la santé humaine. La production d'ozone contribue aux émissions de gaz à effet de serre et au changement climatique. L'établissement et l'entretien des systèmes d'ozonation peuvent être coûteux (**Jestin, E. 2006; AWWA. ASCE. 2012**).

Notre étude se concentre principalement sur l'évaluation de la qualité physico-chimique de l'eau traitée par ozonation provenant du barrage de Ain Zada. Nous avons réalisé des analyses physico-chimiques dans les laboratoires de l'unité de production du barrage. Cette unité de traitement est conçue pour traiter l'eau brute provenant du barrage de Ain Zada et fournir aux villes environnantes une importante source d'eau potable

Pour accomplir cette tâche, notre modeste étude est principalement divisée en trois parties. La première partie offre une présentation de la zone d'étude et de l'unité d'ozonation, tandis que la deuxième partie décrit le mode d'échantillonnage et les différentes méthodes d'analyse réalisées. La troisième partie présente de manière détaillée tous les résultats obtenus,

accompagnés d'une discussion approfondie. Enfin, une conclusion générale résume les résultats obtenus au cours de cette étude.

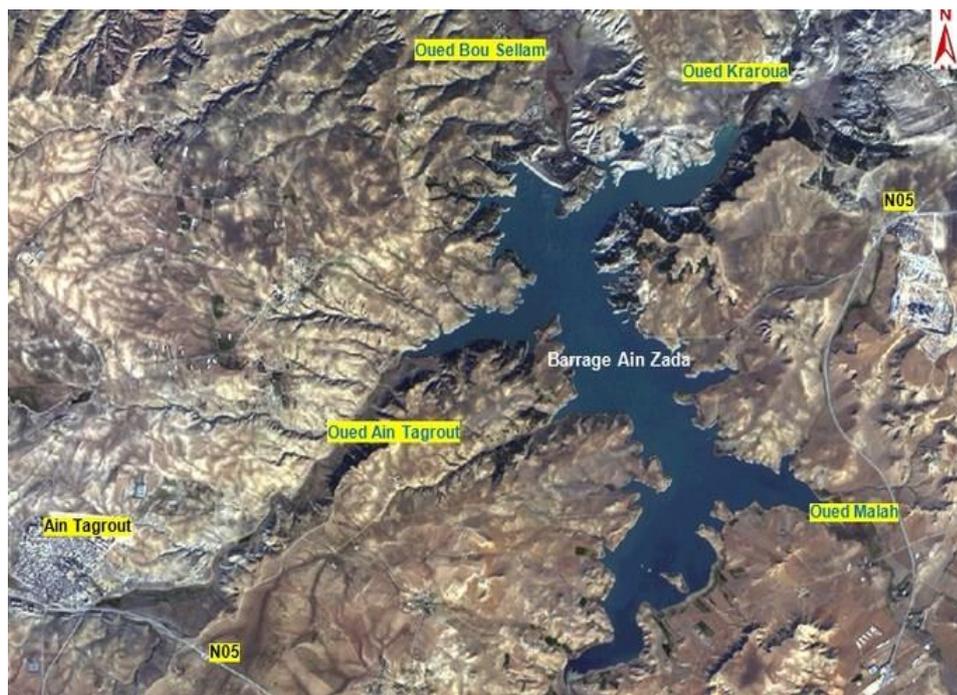
# **PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE**

## I. Présentation de la zone d'étude

### I.1. Présentation du barrage de Ain Zada

Le barrage Ain Zada est situé dans la wilaya de Bordj Bou Arreridj à 25 km à l'ouest de Sétif et à 40 km à l'est de Bordj Bou Arreridj. Il est implanté dans la commune Ain Taghrout sur l'oued Boussellam (direction sud-nord) au niveau de la jonction avec l'oued Ain Taghrout à l'ouest, l'oued Kharoua au nord-est et l'oued Malah au sud-est (figure 01) (ABH, 2001).

Le barrage Ain Zada est un barrage en enrochement avec un noyau central en argile incliné vers l'amont de hauteur 55 m. Son bassin versant s'étend sur une superficie de 1785 Km<sup>2</sup> de la partie amont du bassin versant Boussellam. Les précipitations annuelles de la région varient entre 250 et 600 mm, la température moyenne annuelle au niveau du barrage de Ain Zada est de 15,7 °C et l'évaporation moyenne annuelle est de 1814.5 mm correspondant à un volume d'eau évaporé de l'ordre de 10 millions m<sup>3</sup> (ANBT, 2013).



**Figure 01** : Image représentant le site du barrage de Ain Zada [Google Earth].

### I.2. Présentation de la station de traitement des eaux

La station de traitement de Ain Zada est mise en service en 1991 est de type conventionnel. Ses ouvrages sont implantés à l'aval du barrage de Ain Zada, en rive gauche de l'oued Boussalem, sur un site dont la cote est comprise entre 820 et 840 m NGA. L'eau brute

arrive de la réserve du barrage de Ain Zada par une conduite de 1200 mm de diamètre qui passe en galerie sous la digue gravitairement.

Pendant cette année, la station de traitement de Ain Zada applique une série de processus de traitement sophistiqués pour garantir la qualité de l'eau potable. Elle commence par une pré-ozonation pour éliminer les contaminants organiques et désinfecter l'eau. Ensuite, la coagulation et la floculation agglomèrent les particules fines, facilitant leur élimination lors de la décantation. L'eau passe ensuite à travers des filtres à sable pour éliminer les particules résiduelles. Une post-chloration est ensuite effectuée pour assurer la désinfection finale. Enfin, l'eau traitée est stockée et pompée pour distribution, assurant ainsi une eau de haute qualité aux consommateurs.

### I.3. Présentation de l'unité d'ozonation (Ozoneur)

#### I.3.1. Généralités sur l'ozone :

L'ozone ( $O_3$ ) est une molécule composée de trois atomes d'oxygène. Elle est très instable et se décompose rapidement, revenant à son état initial. L'ozone peut être produit artificiellement pour être utilisé dans le traitement de l'eau.

L'ozone est un agent oxydant puissant couramment employé pour désinfecter l'eau et décomposer les contaminants organiques. Ces contaminants peuvent provenir de sources naturelles et anthropiques. L'ozone attaque la matière organique dans l'eau par des réactions d'oxydation directe et la formation de radicaux libres hautement réactifs, un processus appelé ozonation (von Gunten., 2003).

L'ozonation est utilisée pour désinfecter l'eau potable, éliminer les agents pathogènes et réduire les concentrations de composés organiques responsables des goûts et des odeurs désagréables. (Beltran, F. J. 2003)

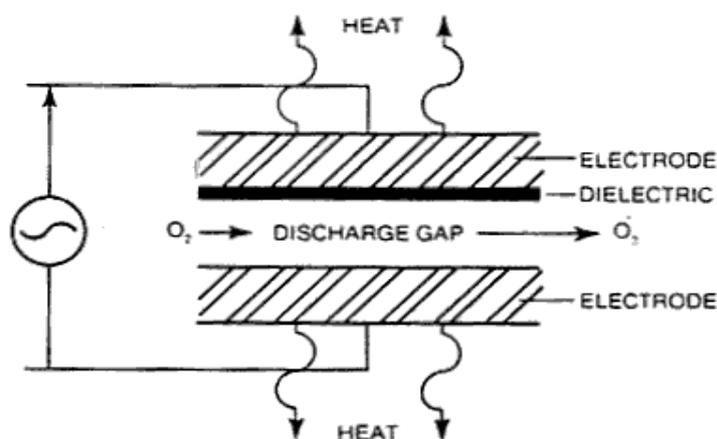
#### I.3.2. Génération de l'ozone

La génération de l'ozone pour le traitement de l'eau se fait principalement par des générateurs d'ozone (Ozoneur), qui convertissent l'oxygène ( $O_2$ ) en ozone ( $O_3$ ). Ce processus utilise généralement la décharge corona ou la radiation UV. Dans la décharge corona, un courant électrique est passé à travers un flux d'oxygène, créant une décharge électrique qui divise les molécules d'oxygène en atomes individuels. Ces atomes libres se recombinent ensuite pour former des molécules d'ozone. Les générateurs UV utilise des lampes UV pour dissocier les molécules d'oxygène (Gottschalk., 2009).

A présent, l'unité de production de Ain Zada-Maouane exploite un générateur à décharge corona, une méthode de génération d'ozone devenue plus répandue et offrant plusieurs avantages. Ces avantages incluent une durabilité accrue de l'unité, une production d'ozone améliorée et un rapport coût/efficacité supérieur.

Un système de décharge corona pour la génération d'ozone comprend les parties suivantes (**Annexe 01**) :

- **Source d'oxygène** : Fournit l'oxygène nécessaire pour la production d'ozone (dans notre cas l'air ambiante).
- **Filtres à poussières** : Éliminent les particules solides de l'air ou de l'oxygène avant qu'ils n'entrent dans le générateur, protégeant ainsi les composants internes.
- **Sécheurs de gaz** : Retirent l'humidité de l'air ou de l'oxygène, car l'humidité peut réduire l'efficacité de la production d'ozone et causer des dommages aux électrodes. L'air ambiant contient de l'humidité qui réagit avec l'ozone.
- **Générateurs d'ozone** : où se produit la conversion de l'oxygène en ozone par décharge corona (figure 02), contient un transformateur de haute tension, des électrodes créent la décharge électrique, cellule de décharge corona et un système de refroidissement pour maintenir une température optimale et éviter la dégradation de l'ozone produit.
- **Unités de contact** : Mélangent l'ozone produit avec l'eau, assurant un contact efficace pour le traitement et la désinfection.
- **Système de contrôle et de sécurité** : Assure le bon fonctionnement du générateur et la sécurité de l'opération (**Rice et al., 1982**).



**Figure 02** : Fonctionnement d'un générateur de décharge corona

### **I.3.3. Les facteurs qui influencent la génération d'ozone**

Les facteurs importants qui influencent la génération d'ozone sont : la concentration d'oxygène du gaz d'entrée, l'humidité et la pureté du gaz d'entrée, la température de l'eau de refroidissement et les paramètres électriques. Pour minimiser l'énergie qui est utilisée à un haut rendement d'ozone, il est important que ces facteurs soient optimaux.

### **I.4. Les problèmes relevés au niveau de l'unité de production de Ain Zada-Maouane**

Au cours de notre stage plusieurs problèmes d'ordres techniques et organisationnels ont été signalés au niveau de la station de Ain Zada-Maouane, parmi eux :

- Les eaux totales mobilisées au niveau du bassin sont d'environ 25 millions m<sup>3</sup> soit 20.83 % des eaux mobilisables globales (120 millions m<sup>3</sup>).
- La baisse du niveau d'eau dans le barrage a conduit à une détérioration de la qualité de l'eau brute.
- Le projet d'ozonation est toujours en phase de finalisation et n'a pas encore été remis à l'unité de production, ce qui entraîne plusieurs problèmes lors de dysfonctionnements.

### **I.5. Durée du stage**

Il est important de signaler que les analyses que nous avons effectuées et qui font l'objet de notre travail ont été réalisées durant la période allant de Février 2024 jusqu'à Mai 2024. Afin d'évaluer de la qualité physico chimique de l'eau traitée par la technique de l'ozonation du barrage de Ain Zada.

# ÉCHANTILLONNAGE ET ANALYSES

## II. Échantillonnage et analyses

### II.1. Échantillonnage et techniques de prélèvement

Prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté, il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation donnée. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physicochimiques de l'eau (gaz dissous, matières en suspension...etc.) (**Rodier et al., 2005**).

L'échantillonnage pour les analyses physico-chimiques ne pose pas de problème particulier, des flacons en plastiques sont suffisants. L'échantillon peut être gardé quelques jours mais il est préférable d'effectuer le dosage des éléments chimiques le plus tôt possible, les éléments comme les nitrates peuvent subir des modifications lors de la conservation.

Durant notre travail, le prélèvement des échantillons d'eau s'est effectué durant la période allant de février au mai 2024, avec une moyenne de trois prélèvements par mois.

Les principaux aspects, dont il faut tenir compte pour obtenir un échantillon d'eau représentatif sont les suivants :

- La sélection convenable du point d'échantillonnage.
- Le respect des procédures d'échantillonnage.
- La conservation adéquate de l'échantillon (**Rodier et al., 2009**).

Les principaux renseignements à enregistrer pour une analyse d'eau sont :

- Identité des préleveurs.
- Date et heure de prélèvement.
- Motif de la demande d'analyse.
- Point de prélèvement d'eau.
- Origine de l'eau

### II.2. Matériels

#### II.2.1. Matériels lourds

Le matériel utilisé est : pH-mètre, plaque chauffante, conductimètre, turbidimètre, spectrophotomètre et spectrophotomètre à flamme, agitateur magnétique, micropipettes, barreau magnétique.

### II.2.2. Verreries

Les verreries utilisées sont : béchers, entonnoirs, éprouvette graduée, fiole jaugée, flacons, pipettes graduées, pipettes pasteur, burette et tubes à essais.

### II.3. Méthodes des analyses physico-chimiques des eaux

Les analyses physico chimiques sont faites au niveau du laboratoire d'analyse physico-chimique de l'unité de production d'eau potable de Ain Zada-Maouane.

#### II.3.1. Mesure de la température

La mesure de la température a été effectuée en plongeant immédiatement le thermomètre dans le flacon d'eau à analyser pendant 5 minutes. Généralement les appareils de mesure de la conductivité ou du pH possèdent un thermomètre intégré (**Rodier et al, 2009**).

#### II.3.2. Mesure du pH

Le pH est en relation avec la concentration des ions d'hydrogène présent dans l'eau. La différence du potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence plongeant dans la même solution est mesuré par un pH mètre (**Abdeselem., 1999**).

- Étalonner l'appareil avant la mesure avec des solutions tampons à pH=7 et 4 après avoir rincer l'électrode avec l'eau distillée.
- Prendre environ 100 ml d'eau à analyser dans un bécher, appliquer une légère agitation puis tremper l'électrode dans le bécher.
- Laisser stabiliser un moment avec une faible vitesse d'agitation et noter le pH (**Rodier et al., 2009**).

#### II.3.3. Mesure de la turbidité

La mesure de la turbidité permet de préciser les informations visuelles sur l'eau, elle est réalisée à l'aide d'un turbidimètre appelé aussi néphélomètre, en utilisant des cuves en verre bien nettoyées et séchées remplies avec l'eau à analyser (**Hamdi., 2011**).

#### II.3.4. Mesure de la conductivité électrique

Pour la détermination de ce paramètre un conductimètre est utilisé, qui consiste à rincer l'électrode plusieurs fois avec l'eau distillée puis en le plongeant dans un récipient contenant

de l'eau à examiner ; faire la mesure en prenant soin que l'électrode soit complètement immergée. Le résultat de la conductivité est donné en  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Rodier et al., 2009)

### II.3.5. Mesure de l'oxygène dissous

La mesure de l'oxygène dissous est réalisée à l'aide d'un oxymètre en utilisant des cuves en verre bien nettoyées et séchées remplies avec l'eau à analyser (Hamdi., 2011).

### II.3.6. Détermination de la dureté TH ( $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Mg}^{2+}$ )

#### Mode opératoire

(V<sub>1</sub>)  $\text{Ca}^{2+}$

- Prendre 50 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 2 ml de NaOH à 2N.
- Ajouter du Murexide.
- Titrer avec L'EDTA jusqu'au virage (violet).

(V<sub>2</sub>)  $\text{Ca}^{2+}$   $\text{Mg}^{2+}$

- Prendre 50 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 2 ml de  $\text{NH}_4\text{OH}$  (10,1).
- Ajouter noire riochrome.
- Titrer avec L'EDTA jusqu'au virage (bleu).

#### Expression des résultats

$$\begin{aligned} \text{mg/l } \text{Ca}^{2+} &= V_1 * N_{\text{EDTA}} * F * M_{\text{Ca}^{2+}} * 1000 / \text{PE} \\ &= V_1 * 0,02 * F * 40\text{g} * 1000 / 50 * 2 \\ \text{mg/l } \text{Ca}^{2+} &= V_1 * F * 8 \dots \dots \dots (1) \end{aligned}$$

V<sub>2</sub>:  $\text{Ca}^{2+}$   $\text{Mg}^{2+}$

$$\text{TH} = V_2 * 2 F \dots \dots \dots (2)$$

$$\begin{aligned} \text{mg/l } \text{Mg}^{2+} &= (V_2 - V_1) * F * M_{\text{Mg}^{2+}} * 1000 * N_{\text{EDTA}} / \text{PE} \\ &= (V_2 - V_1) * F * 24\text{g} * 1000 * 0,02 / 50 * 2 \\ \text{mg/l } \text{Mg}^{2+} &= (V_2 - V_1) * F * 4,8 \dots \dots \dots (3) \end{aligned}$$

Pour la détermination de F :

- Prendre 50 ml de la solution mère à 100 mg/l  $\text{Ca}^{2+}$ .
- Ajouter 2 ml de NaOH.

- Ajouter du Murexide.
- Titrer par l'EDTA jusqu'au virage (violet) ( $V_p$ ).

$$F = V_T / V_p = 12,5 / V_p \dots\dots(4)$$

### **II.3.7. Analyse des chlorures ( $Cl^-$ )**

#### **- Réactifs**

- Solution de nitrate d'argent à 0,01 N.
- Solution de chlorures à 71 mg/l
- Indicateur coloré  $K_2CO_4$  à 10 %

#### **- Mode opératoire**

- Prendre 5 ml d'eau à analyser,
- Ajouter 2 gouttes de  $K_2CrO_4$  (coloration jaunâtre).
- Titrer avec  $AgNO_3$  à 0,01 N jusqu'à coloration brunâtre.

#### **- Expression des résultats**

$$F.G : V_{AgNO_3} * N_{AgNO_3} * M_{Cl^-} * 1000 / PE = V_{AgNO_3} * 0,01 * 35,5 * F * 1000 / 5$$

$$mg/l Cl^- = V_{AgNO_3} \times 71 \times F \dots\dots(5)$$

$V_{AgNO_3}$  : Volume d' $AgNO_3$  à. nécessaire pour le dosage de l'échantillon.

$N_{AgNO_3}$  : Normalité d' $AgNO_3$

$M_{Cl^-}$  : masses des chlorures.

F : facteur de correction du titre d' $AgNO_3$

PE : prise d'essai.

Pour la détermination de F :

- Prendre 5 ml de la solution mère à 71 mg/l.
- Ajouter 2 gouttes de l'indicateur coloré.
- Doser par  $AgNO_3$  à 0,01 N jusqu'au virage. (Rouge brique)

$$F = 1 / V_{AgNO_3} \dots\dots\dots(6)$$

### **II.3.8. Analyse de nitrate ( $NO_3^-$ )**

- Prendre 5 ml d'eau a analyses ajoutée 2 gouttes de NaOH à 30%.
- Ajoutée 0.5 ml de salicylate de sodium.
- Evaporer à l'étuve a température de 75-88°C puis laisser refroidir.

- Reprendre le résidu avec 1ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> repos 10 min.
- Ajoutée 7.5 ml d'eau distillée.
- Ajoutée 7.5 ml de tartrate double ; puis lire au spectrophotomètre par la méthode "**NITRATE 10**" (utilisée la cuvette de 10 ml).

### II.3.9. Analyse de nitrite (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)

- Introduire 50 ml d'échantillon dans un bécher.
  - Ajouter 1 ml du réactif mixte (a) et attendre au moins 20 min.
  - Faire la lecture par la méthode "**NITRITE 2019**" (utilisée la cuvette de 10 ml).
- Réactif mixte (a) : sulfamide + acide phosphorique + N-1-Naphytule éthylène diamine + eau distillée.

### II.3.10. Analyses d'ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)

- Prélever 40 ml d'échantillon à analyser, ajouter dans l'ordre :
  - 4 ml du réactif 1
  - 4 ml du réactif 2, et homogénéiser.
  - Après au moins 60 min, attendre le développement de la couleur.
  - faire la lecture par la méthode "**Ammonium-10**" (la cuvette de 10 ml)
  - Si NH<sub>4</sub><sup>+</sup> est supérieur à 2 mg/l utilisée la cuvette de 1 ml et la méthode "**Ammonium-1**"
- Réactif 1 : acide dichloroisocyanurique + hydroxyde de sodium + eau distillée.  
Réactif 2 : tricitrate de sodium + salicylate de sodium + nitropruciate de sodium + eau distillée

### II.3.11. Détermination des matières oxydables (organique) en milieu acide

#### Mode opératoire

- Prendre 100 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 5 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> diluer et porter à ébullition pendant 1min.
- Ajouter 15 ml de KMnO<sub>4</sub> à 0,01 N avec 10 min d'ébullition régulière et douce.
- Ajouter 15 ml d'acide oxalique à 0,01 N.
- Titrer à chaud avec KMnO<sub>4</sub>, à 0,01 N jusqu'à la coloration rose clair qui persiste 15 à 20 secondes.

### **Expression des résultats**

On indique les résultats comme oxydabilité (consommation de permanganate de potassium) en mg de  $\text{KMnO}_4$  / l, aussi en mg d' $\text{O}_2$ /l, sur la base des rapports stœchiométriques et selon lesquels :

- 1 ml de  $\text{KMnO}_4$  à 0,01 N correspond à 0,316 mg de  $\text{KMnO}_4$  et

- 1 ml de  $\text{KMnO}_4$  à 0,01 N correspond à 0,08 mg d' $\text{O}_2$ .

Les valeurs d'oxydabilité sont calculées selon les formules suivantes :

$$\text{mg KMnO}_4 / \text{l} = (\text{V}_{\text{Ech}} - \text{V}_o) * \text{F} * 316 / \text{PE}$$

$$\text{mg O}_2 / \text{l} = (\text{V}_{\text{Ech}} - \text{V}_o) * \text{F} * 80 / \text{PE}$$

$$\text{mg O}_2 / \text{l} = (\text{V}_{\text{Ech}} - \text{V}_o) * \text{F} * 0,8 \dots\dots\dots(7)$$

D'où

$\text{V}_{\text{Ech}}$  : Volume  $\text{KMnO}_4$  à 0,01 N (échantillons).

$\text{V}_o$  : Volume  $\text{KMnO}_4$  0,01 N (blanc :  $\text{H}_2\text{O}$  distillée).

F : Facteur de correction de la solution de  $\text{KMnO}_4$  à 0,01 N

PE : Prise d'essai de l'échantillon (100 ml).

#### **II.3.12. Analyse de sulfate ( $\text{SO}_4^{2-}$ )**

-Prendre 10 ml d'eau a analyses puis complète à 50 ml avec l'eau distillée.

-Ajouter 2.5 ml de la solution stabilisante.

-Ajouté 1 ml de  $\text{BaCl}_2$

-Agiter énergiquement pendant 1min puis lire au spectrophotomètre par la méthode "**sulfate - 10**" (utilisée la cuvette de 10 ml).

#### **II.3.13. Analyse du fer (Fe)**

-Prendre 10 ml d'eau a analysé.

-Ajouter 1 ml de  $\text{HCl}$ , et prendre a douce ébullition, laisser refroidir.

-Ajouter 0.5 ml de solution saturée de  $\text{CH}_3\text{COONa}$ .

-Ajouter 0.3 ml d'acide ascorbique.

-Ajouter 1 ml d'orthophenanthroline.

-Attendre 30 min développement de la couleur puis lire au spectrophotomètre par la méthode « **FER 2019** » (utilisée la cuvette de 10 ml).

### II.3.14. Analyses de Phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ )

- Prendre 40 ml d'eau analyse.
  - Ajouter 1 ml d'acide ascorbique.
  - Ajouter 2 ml de réactif mélange.
  - Attendre 10 min développement de la couleur puis lire au spectrophotomètre par la méthode "**Phosphate 10**" (utilisée la cuvette de 10 ml ).
- Réactif mélange : heptamolybdate d'ammonium + tartrate d'antimoine + acide sulfurique pur.

### II.3.15. Mesure du résidu sec

Tarer une capsule préalablement lavée, rincer avec de l'eau distillée et dessécher; prélever 200 ml d'eau à analyser ; porter à l'étuve à 105 °C pendant 24 heures ; laisser refroidir pendant 1/4 heure au dessiccateur; peser immédiatement.

### II.3.16. Mesure de la Couleur

Le processus de mesure de la couleur de l'eau à l'aide d'un spectrophotomètre nécessite une étape d'étalonnage préalable pour garantir des résultats précis.

- Placez l'échantillon dans la cuve du spectrophotomètre.
- Sélectionnez la longueur d'onde appropriée pour la mesure de la couleur de l'eau (généralement 254 nm).
- Réglez le spectrophotomètre sur le mode de mesure d'absorbance.
- Enregistrez la mesure de l'échantillon.

# **RÉSULTATS ET DISCUSSION**

### III. Résultats et discussion

#### III.1. Résultats des analyses physico-chimiques

Cette année, l'unité de production de Ain Zada-Maouane a été renforcée par l'introduction d'une nouvelle technique de désinfection par l'ozone (ozonation) appliquée au début du traitement. Les différents résultats relatifs aux analyses physico-chimiques obtenus pendant la période débutant de Février jusqu'à Mai 2024, des eaux brutes et traitées sont illustrées dans le tableau 01. En moyenne trois prélèvements sont effectués chaque mois.

**Tableau 01:** Résultats des analyses physico-chimiques des eaux brutes et traitées durant la période de Février à Mai 2024

| Les paramètres physico-chimiques       | Moy Février |         | Moy Mars |         | Moy Avril |         | Moy Mai |         | Moy          | Moy     | Les normes Algériennes |
|--|-------------|---------|----------|---------|-----------|---------|---------|---------|--------------|---------|------------------------|
|  | Brute       | Traitée | Brute    | Traitée | Brute     | Traitée | Brute   | Traitée | Brute        | Traitée |                        |
| T (C°)                                 | 12,07       | 12,67   | 12,63    | 11,20   | 16,22     | 16,77   | 19,45   | 20,25   | 15,09        | 15,22   | 25                     |
| pH                                     | 8,13        | 7,75    | 8,11     | 7,72    | 7,71      | 7,50    | 7,87    | 7,29    | 7,95         | 7,57    | 6,5-9                  |
| Tur (NTU)                              | 66,05       | 3,54    | 56,35    | 3,47    | 47,32     | 1,96    | 46,7    | 3,11    | <b>54,10</b> | 3,02    | 5                      |
| Cond (µS/cm)                           | 1798,75     | 1625    | 1222,75  | 1199,75 | 1260,75   | 1228,5  | 1237,5  | 1270    | 1379,94      | 1330,81 | 2800                   |
| HCO <sub>3</sub>                       | 180,56      | 172,05  | 161,04   | 159,82  | 153,1     | 145,16  | 137,86  | 129,32  | 158,14       | 151,59  |                        |
| Ca <sup>2+</sup> (mg/l)                | 71,4        | 73,8    | 77,6     | 83,7    | 78,4      | 87,2    | 68,8    | 64      | 74,05        | 77,17   | 200                    |
| Mg <sup>2+</sup> (mg / l)              | 52,22       | 54,12   | 42,96    | 42,61   | 39,84     | 42,12   | 41,28   | 51,84   | 44,07        | 47,67   | 150                    |
| Dureté (F°)                            | 42,9        | 43,85   | 37,3     | 38,7    | 37,1      | 39,3    | 34,4    | 37,6    | 37,92        | 39,86   | 500                    |
| Cl <sup>-</sup> (mg / l)               | 264,65      | 241,96  | 184,34   | 175,47  | 185,91    | 192,09  | 191,77  | 173,38  | 206,66       | 195,72  | 500                    |
| Nitrates (mg / l)                      | 3,16        | 4,65    | 7,68     | 7,92    | 5,66      | 5,87    | 2,63    | 2,78    | 4,78         | 5,30    | 50                     |
| Nitrites (mg / l)                      | 0,94        | 0,002   | 0,43     | 0,004   | 0,10      | 0,001   | 0,13    | 0,006   | <b>0,40</b>  | 0,003   | 0,2                    |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg / l)  | 1,89        | 0,041   | 0,21     | 0,053   | 0,15      | 0,037   | 0,62    | 0,04    | <b>0,72</b>  | 0,04    | 0,5                    |
| MO (mg / l)                            | 11,16       | 4,25    | 8,51     | 3,79    | 9,92      | 2,9     | 8,8     | 4,4     | <b>9,59</b>  | 3,83    | 5                      |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg / l) | 244,9       | 273,69  | 197,008  | 223,88  | 198,01    | 206,45  | 192,74  | 220,28  | 208,16       | 231,07  | 400                    |
| Fer (mg / l)                           | 0,20        | 0,231   | 0,200    | 0,064   | 0,19      | 0,07    | 0,15    | 0,05    | 0,18         | 0,10    | 0,5                    |
| PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg / l) | 0,069       | 0,009   | 0,074    | 0,007   | 0,05      | 0,003   | 0,03    | 0,04    | 0,05         | 0,016   | 5                      |
| Rs (mg / l)                            | 1315,25     | 1204    | 897,75   | 774     | 897,75    | 863,75  | 109,9   | 101,65  | 805,16       | 735,85  | 1500                   |
| Couleur (mg/l)                         | 103,75      | 10      | 94,25    | 8,75    | 77        | 4,85    | 57      | 9,5     | <b>83</b>    | 8,27    | 15                     |
| O <sub>2</sub> Dis (mg / l)            | 7,59        | 9,48    | 9,33     | 9,48    | 7,88      | 8,94    | 6,72    | 8,45    | 7,88         | 9,09    | /                      |
| TAC (F°)                               | 14,8        | 14,1    | 13,2     | 13,1    | 12,55     | 11,9    | 11,3    | 10,6    | 12,96        | 12,42   | /                      |

Les résultats des analyses physico-chimiques pour l'ensemble des échantillons traités par ozonation semblent être conformes aux normes nationales de l'eau potable. Par ailleurs la majorité des échantillons brutes sont conformes aux normes nationales, à l'exception de la turbidité et de la couleur qui sont largement supérieures à la norme algérienne, les autres

paramètres : la concentration des matières organiques, la teneur en nitrites et en ammonium dépassent légèrement les normes algériennes.

### III.2. Discussion

Les analyses des eaux visent à garantir que l'eau est propre et sûre pour la consommation humaine, la protection de l'environnement, le respect des normes de traitement et la gestion durable des ressources en eau.

Afin d'étudier la potabilité de l'eau du barrage de Ain zada, nous avons comparés nos résultats, avec les normes algériennes (Tableau 1). Les teneurs supérieures peuvent être dangereuses pour la santé du consommateur. Pour les eaux étudiées, leurs analyses physico-chimiques ont révélé les résultats suivants :

La température de l'eau brute du barrage enregistrée était de 15,09 °C, alors que pour l'eau traitée par ozonation, était de 15,22°C, les valeurs des températures ne dépassent donc pas la norme algérienne (25°C). Le pH de l'eau du barrage avant traitement est égal à une moyenne de 7,95, cette valeur est légèrement supérieure à celle de l'eau traitée où le pH est égal à 7,57, ce qui indique que l'eau du barrage de Ain Zada possède un pH légèrement alcalin. Les micro-organismes vivant dans l'eau peuvent croître dans une gamme de pH comprise entre 6,5 à 8,5. Une valeur du pH située hors de cet intervalle peut affecter la croissance et la survie de ces micro-organismes aquatiques (JORA, 2006).

Nous remarquons que les valeurs de la conductivité des échantillons brutes prélevés du barrage sont importantes, avec une valeur moyenne de 1379,94 µS/cm. Après traitement la conductivité diminue et devient 1330,81µS/cm. La moyenne du résidu sec de l'eau brute obtenue est de 805,16.mg/ l qui est légèrement supérieur à celle des eaux traitées 735,85mg/ l.

D'après le tableau 01, les échantillons de l'eau brute contiennent des concentrations moyennes de nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) et d'ammonium de 0,40 mg/l et 0,72 mg/l respectivement, dépassant les normes algériennes. En revanche, les concentrations moyennes de ces substances dans l'eau traitée diminuent à 0,003 mg/l et 0,04 mg/l respectivement, ce qui confirme que l'eau traitée par ozonation à Ain Zada n'est pas polluée.

En ce qui concerne la dureté totale, les résultats enregistrés pour les eaux brutes et traitées sont respectivement de 37,92°F et 39,86 °F, ces valeurs sont très inférieures à la norme fixée par la législation algérienne (500°F). L'eau du barrage de Ain Zada est de bonne qualité vis-à-vis de la dureté, d'où on peut la classer comme eau dure ( $\text{TH} > 30$  °F). La dureté totale représente la quantité de calcium et de magnésium dissoute dans l'eau, elle constitue un risque notable dans l'entartrage des canalisations. Pour une eau d'adduction, une dureté élevée

contribue également à accroître la consommation du savon (**Rodier et al., 2009 ; Hakmi., 2006**).

D'après les résultats obtenus dans le tableau 01, la valeur moyenne de la turbidité de l'eau de barrage avant traitement est de 54,10 NTU qui est largement supérieur à la norme algérienne (5 NTU), ceci est due probablement à la présence des : matières en suspension, des substances minérales, des matières organiques ou d'autres matières microscopiques qui forment un obstacle au passage de la lumière dans l'eau (**Rodier et al., 2009 ; Hade, 2007**). L'ensemble des échantillons de l'eau traitée sont de qualité conforme à la norme algérienne avec une moyenne de la turbidité de 3,02 NTU, nous constatons néanmoins que ces valeurs sont faibles et nettement inférieures à celles enregistrées dans les eaux brutes, en raison de l'effet du traitement et la décantation de l'eau du barrage.

L'eau de barrage de Ain zada présente des concentrations assez élevées en matières organiques, Les résultats obtenus (Tableau 01) montre que la moyenne de la concentration des matières organiques dans l'eau brute est de 9,59 mg/l, qui est largement supérieur à la norme algérienne (5 mg /l), pour l'eau traitée la moyenne est de 3,83 mg/l, qui non pas dépasser la norme. Ces résultats montrent, que malgré la charge élevée en MO dans l'eau brute, son élimination reste efficace par les étapes de traitements.

Selon (**Mouni et al. 2009**), la concentration des matières organiques dans l'eau s'accroît avec l'augmentation de la matière en suspension, ce qui nous renseigne sur le caractère organique de la matière en suspension dans l'eau du barrage de Ain Zada. En effet, lorsqu'elles sont en trop grandes quantités dans l'eau, les filières de potabilisation trouvent des difficultés à être suffisamment éliminés, ce qui donne à l'eau une couleur et un goût désagréables (**Laalaoui et al., 2022 ; Salamani et al 2024**). Pour cette raison, la station de traitement du barrage de Ain Zada a été renforcée par l'ajout de la technique de l'ozonation.

L'eau de barrage de Ain zada présente des concentrations élevées en couleur, les résultats obtenus (Tableau 01) montre que la moyenne de la concentration du couleur dans l'eau brute est de 83 mg/l, qui est largement supérieur à la norme algérienne (15 mg/l), pour l'eau traitée la moyenne est de 8,27 mg/l, qui est inférieur à la norme. Ce résultat confirme la performance des étapes de traitements appliquées au niveau la station du barrage de Ain Zada.

La couleur de l'eau est due à la présence des matières organiques dissoutes ou colloïdales comme par exemple les substances humiques, les tanins mais également les métaux comme le fer et le manganèse ainsi que les résidus industriels fortement colorés (**Rodier et al., 2009**). Une eau colorée n'est pas agréable pour les usages domestiques et provoque son rejet

par le consommateur et l'amène à chercher d'autres sources de suppression parfois beaucoup moins sûres.

### III.3. Comparaison des résultats des analyses physico-chimiques entre 2022 et 2024

Pour évaluer l'efficacité de la technique d'ozonation dans le traitement de l'eau brute du barrage de Ain Zada, nous avons comparé les résultats des analyses physico-chimiques de l'eau brute et traitée obtenus en 2022 par Laalaoui et al. avant l'installation de l'ozoneur, avec nos résultats obtenus en 2024 après l'installation de l'ozoneur, ces résultats sont obtenus durant la même période de l'année, de février à mai (Tableau 02).

**Tableau 02 :** Comparaison des résultats des analyses physico-chimiques de l'eau brute et traitée entre les années 2022 et 2024

| Les paramètres physico-chimiques       | 2022      |             | 2024         |              | Les normes  |
|--|-----------|-------------|--------------|--------------|-------------|
|  | Moy Brute | Moy Traitée | Moy Brute    | Moy Traitée  | Algériennes |
| T (C°)                                 | 14,9      | 16,1        | 15,09        | 15,22        | 25          |
| pH                                     | 7,77      | 7,83        | 7,95         | 7,57         | 6,5-9       |
| Tur (NTU)                              | 38,6      | 2,98        | <b>54,10</b> | <b>3,02</b>  | 5           |
| Cond (µS/cm)                           | 1924,7    | 1747,5      | 1379,93      | 1330,81      | 2800        |
| Dureté (F°)                            | 55,35     | 47,55       | 37,92        | 39,86        | 500         |
| Cl <sup>-</sup> (mg / l)               | 267,5     | 236,8       | 206,66       | 195,72       | 500         |
| Nitrates (mg / l)                      | 10,72     | 9,70        | 4,78         | 5,30         | 50          |
| Nitrites (mg / l)                      | 0,63      | 0,002       | 0,40         | 0,003        | 0,2         |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg / l)  | 0,41      | 0,04        | <b>0,72</b>  | <b>0,04</b>  | 0,5         |
| MO (mg / l)                            | 11,48     | 4,94        | 9,59         | 3,83         | 5           |
| SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> (mg / l) | 218,5     | 213,8       | 208,16       | 231,07       | 400         |
| Fer (mg / l)                           | 0,17      | 0,05        | <b>0,18</b>  | <b>0,106</b> | 0,5         |
| PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> (mg / l) | 0,14      | 0,05        | 0,05         | 0,016        | 5           |
| Rs (mg / l)                            | 1394      | 1361        | 805,16       | 735,85       | 1500        |
| O <sub>2</sub> Dis (mg / l)            | 3,16      | 4,64        | <b>7,88</b>  | <b>9,09</b>  | /           |

Les résultats du Tableau 02 indiquent un changement des concentrations des paramètres physico-chimiques de l'eau brute et traitée entre 2022 et 2024. Notamment, on observe une augmentation des concentrations de la turbidité, de l'ammonium, du fer et de l'oxygène dissous en 2024.

Concernant la turbidité, les valeurs enregistrés pour les eaux brutes et traitées en 2024 sont respectivement de 54,10 mg/l et 3,02 mg/l, ce qui est légèrement supérieure à celles observés en 2022. Cette augmentation peut être attribuée à une teneur plus élevée en particules en suspension, telles que les débris organiques, les argiles, les organismes microscopiques ainsi que diverses substances comme le zinc, le fer et le sable.

La turbidité joue un rôle crucial dans le processus de traitement de l'eau, une eau présentant une turbidité élevée (selon sa nature) forme des flocons lourds qui décantent plus rapidement que ceux d'une eau à faible turbidité. Cependant, cela présente aussi des inconvénients, notamment lors de la désinfection, qui peut être plus difficile. Les particules en suspension peuvent protéger les microorganismes, les empêchant d'entrer en contact direct avec les désinfectants (**Rodier et al., 2009 ; Edzwald., 2011**).

Les concentrations d'ammonium pour les eaux brutes et traitées enregistrées en 2024 sont respectivement de 0,72 mg/l et 0,04 mg/l, montrant une légère augmentation par rapport à celles enregistrées en 2022. L'azote ammoniacal, sous sa forme toxique  $\text{NH}_4^+$ , indique un processus de dégradation incomplète de la matière organique. La présence d'ammoniaque pose également le problème d'une augmentation nécessaire de la consommation de désinfectants (**Chaden., 2014**).

Nous observons également une légère augmentation de la concentration de fer en 2024. Le phénomène de lixiviation des bassins versants est la principale cause de cette augmentation dans les eaux de surface (**Wanélus, 2016**). À une concentration de 2 mg/l dans l'eau potable, le fer ne présente aucun danger pour la santé des consommateurs. Cependant, en dessous de ce seuil, le goût et la couleur de l'eau peuvent être affectés (**Who., 2011**).

Les rendements des traitements de la turbidité et de la matière organique (MO) en 2024 sont respectivement 94,41 et 60,06%, comparé à 92,27 et 56,96% en 2022. Ces résultats confirment l'efficacité de la technique d'ozonation appliquée en 2024 pour réduire la turbidité et la matière organique malgré la dégradation de la qualité de l'eau brute du barrage de Ain Zada.

### **III.4. Évaluation de l'efficacité de l'ozone dans le traitement de la turbidité, de la matière organique et de la couleur**

L'ozone est un agent oxydant puissant largement utilisé pour désinfecter l'eau potable. Il a la capacité d'oxyder et de décomposer les composés organiques dissous, ce qui réduit la charge organique totale. De plus, il contribue à réduire les niveaux de matière organique

naturelle, ce qui peut diminuer la formation de sous-produits de désinfection (von Gunten., 2003).

La matière organique, la turbidité et la couleur dans l'eau sont étroitement liées, la matière organique contribue souvent à la turbidité et à la couleur. Ces trois paramètres sont des indicateurs essentiels pour évaluer la qualité de l'eau et détermine les besoins en traitement. (Sadiq., 2004).

L'ozonation est une étape de pré-désinfection appliquée en premier lieu dans l'unité de production du barrage de Ain Zada-Maouane. En fonction de ces critères, nous avons choisi d'étudier la variation de la concentration de trois paramètres : la turbidité, la matière organique et la couleur de l'eau brute, traitée uniquement par ozone (désignée comme ozonée) et traitée finale.

Cette étude vise à évaluer l'efficacité de l'ozone dans le traitement de ces trois paramètres. Les figures 01, 02 et 03 illustrent respectivement la variation de la turbidité, de la matière organique et de la couleur de l'eau brute, ozonée et traitée durant la période de février à mai 2024.

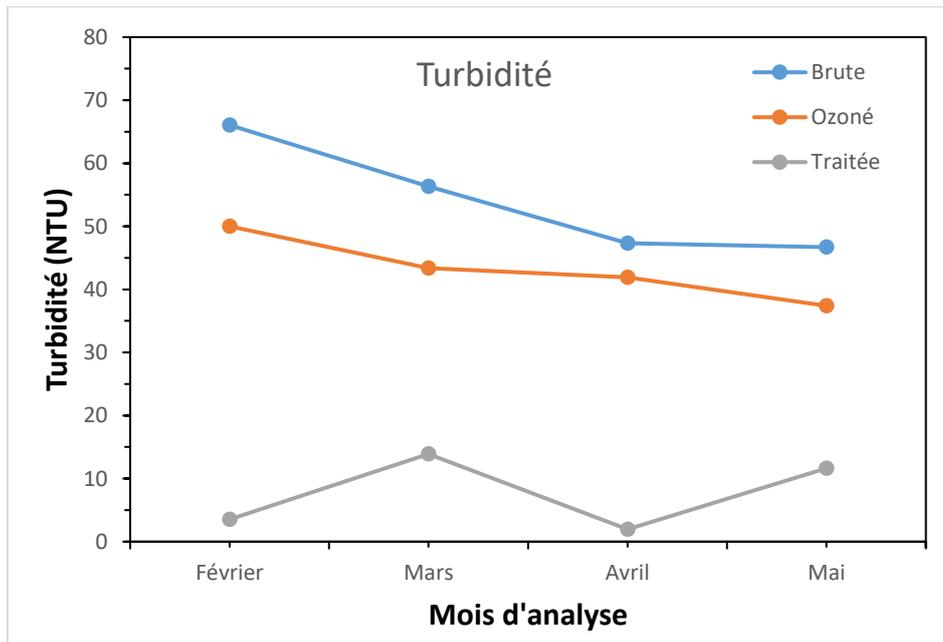
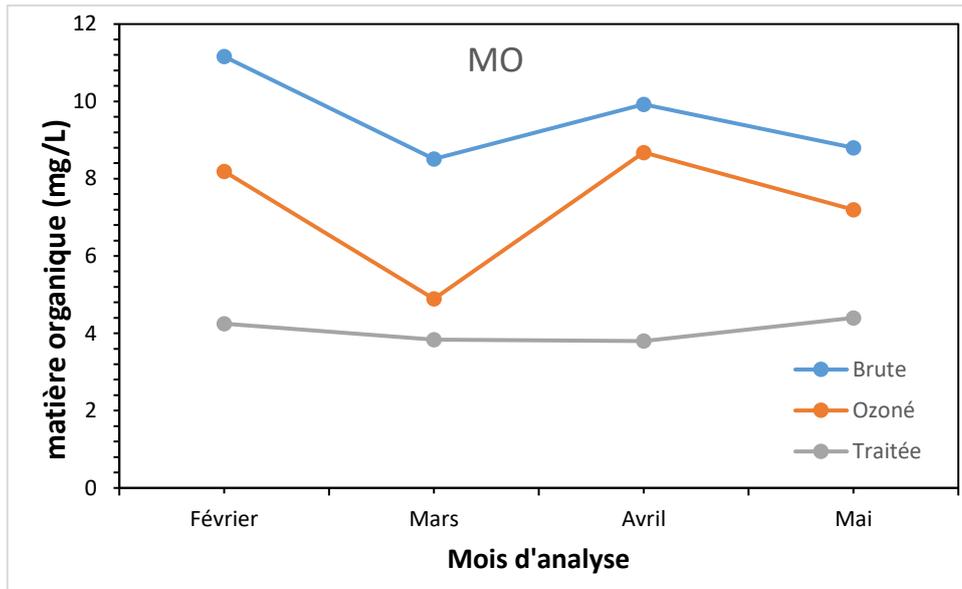
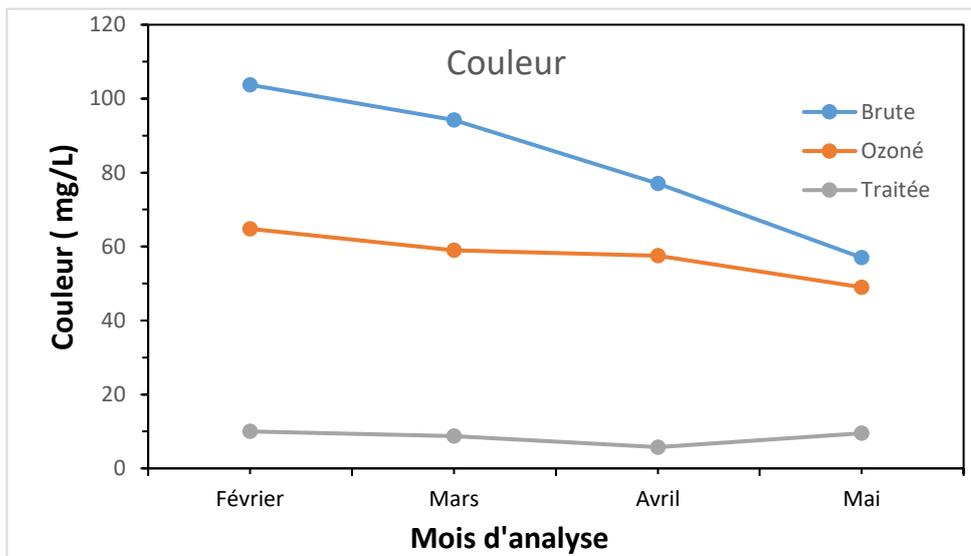


Figure 03 : Variation de la Turbidité de l'eau brute, ozonée et traitée (de février à mai 2024)



**Figure 04 :** Variation de la matière organique de l'eau brute, ozonée et traitée (de février à mai 2024)



**Figure 05:** Variation de la couleur de l'eau brute, ozonée et traitée (de février à mai 2024)

D'après les résultats illustres dans ces figures, nous observons que l'ozone a la capacité de réduire les niveaux des trois paramètres : la turbidité, la matière organique et la couleur. Une différence notable entre les concentrations de l'eau brute et l'eau ozonée, particulièrement pour la matière organique et la couleur. Ces différences sont particulièrement marquées en février et mars.

Le rendement des traitements est couramment utilisé pour décrire l'efficacité avec laquelle un processus de traitement, tel que l'ozonation, réduit ou élimine les contaminants de

l'eau (Tchobanoglous et al., 2003). Le tableau 03 présente les rendements du traitement de la turbidité, de la matière organique et de la couleur de l'eau ozonée et traitée durant la période de février à mai 2024.

**Tableau 03** : Rendements des traitements de la turbidité, de la matière organique et de la couleur de l'eau ozonée et traitée.

| Périodes | Rend Turbidité |         | Rend MO |         | Rend Couleur |         |
|----------|----------------|---------|---------|---------|--------------|---------|
|          | Ozonée         | Traitée | Ozonée  | Traitée | Ozonée       | Traitée |
| Février  | 24,29          | 94,64   | 26,61   | 61,91   | 37,54        | 90,36   |
| Mars     | 23,03          | 75,35   | 42,53   | 54,87   | 37,40        | 90,71   |
| Avril    | 11,45          | 95,85   | 12,50   | 61,69   | 25,32        | 92,53   |
| Mai      | 19,91          | 75,05   | 18,18   | 50,00   | 14,03        | 83,33   |

D'après les résultats obtenus dans le tableau 03, le rendement de réduction de la turbidité de l'eau ozonée varie entre un minimum de 11,45 % et un maximum de 24,29 %. Le rendement de l'eau traitée est nettement supérieur, allant de 75,05 % à 95,85 %. Pour la matière organique, le rendement de l'eau ozonée varie entre 12,5 % et 42,53 %. Le rendement de l'eau traitée est également plus élevé, allant de 50 % en mai à un maximum de 61,91 % en février. Quant à la couleur, le rendement de l'eau ozonée varie entre 14,03 % et 37,54 %. Le rendement de l'eau traitée est considérablement plus élevé, se situant entre 83,33 % et 92,53 %.

Les résultats montrent clairement que l'ozonation seule a une efficacité modérée dans la réduction de la turbidité, de la matière organique et de la couleur de l'eau. Cependant, lorsqu'elle est combinée avec d'autres traitements, son efficacité est significativement augmentée, atteignant des rendements nettement supérieurs. Cela confirme que l'ozonation est un prétraitement efficace, mais un traitement complémentaire est essentiel pour obtenir des niveaux optimaux de qualité de l'eau.

Nous remarquons également que le rendement de réduction de la matière organique dans l'eau traitée est légèrement inférieur à celui de la turbidité et de la couleur. Ainsi, même avec l'ajout de traitements complémentaires, la réduction de la matière organique reste un défi pour l'eau brute du barrage de Ain Zada, qui présente un taux élevé de ces substances.

# CONCLUSION

**Conclusion**

L'accès à une eau en quantité et en qualité adéquates est essentiel pour tous les individus. Bien que l'eau soit indispensable à la vie, elle peut parfois être à l'origine de diverses maladies d'origine hydrique. Les eaux de surface représentent la principale source d'eau potable. Par conséquent, pour rendre ces eaux propres à la consommation humaine, des traitements spécifiques et coûteux doivent être appliqués afin d'éliminer les éventuelles bactéries pathogènes. L'ozonation, objet de cette étude, figure parmi ces méthodes.

Notre étude vise principalement à évaluer la qualité physico-chimique de l'eau traitée par la technique d'ozonation au barrage de Ain Zada. Nous réaliserons différentes analyses physico-chimiques sur des échantillons de l'eau brute et traitée par ozone. Ces analyses seront effectuées dans les laboratoires de l'unité de production de Ain Zada-Maouane sur une période s'étalant de février à mai 2024.

Notre recherche avait pour but d'évaluer l'efficacité de l'ozone dans le traitement des caractéristiques de l'eau telles que la turbidité, la matière organique et la couleur. Nous avons comparé les résultats des analyses physico-chimiques de l'eau brute et de l'eau traitée avant et après l'installation de l'ozoneur en 2022 et 2024 respectivement. Nous avons examiné la variation de la concentration de ces trois paramètres dans l'eau brute, l'eau traitée uniquement par ozone (ozonée) et l'eau traitée finale.

Les analyses physico-chimiques indiquent que la plupart des échantillons, qu'ils soient bruts ou traités, semblent conformes aux normes nationales, à l'exception des concentrations de nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) et d'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ), qui dépassent légèrement la norme algérienne dans l'eau brute. De plus, les niveaux de matières organiques (MO) dans l'eau brute (9,59 mg/l) sont significativement élevés par rapport à la norme algérienne (5 mg/l). L'eau du barrage de Ain Zada présente également des concentrations élevées en couleur (83 mg/l), avec une valeur moyenne de turbidité avant traitement de 54,10 NTU, largement supérieure à la norme algérienne (5 NTU).

Dans l'eau traitée, toutes les concentrations de ces paramètres sont inférieures aux normes nationales, ce qui confirme l'efficacité des étapes de traitement appliquées à la station du barrage de Ain Zada, et démontre que l'eau traitée par ozonation n'est pas polluée. Ces résultats mettent en évidence que malgré la charge élevée en matières organiques dans l'eau brute, son élimination demeure efficace grâce aux étapes de traitement.

Les concentrations des paramètres physico-chimiques de l'eau brute et traitée en 2022 et 2024 sont généralement similaires, à quelques exceptions près. En 2024, la turbidité, l'ammonium et le fer ont tous augmenté par rapport à 2022. Les rendements des traitements de la turbidité et de la matière organique (MO) en 2024, après l'installation de l'ozoneur, sont respectivement de 94,41% et 60,06%, comparés à 92,27% et 56,96% en 2022, avant l'installation de l'ozoneur. Ces résultats confirment l'efficacité de la technique d'ozonation mise en œuvre en 2024 pour réduire la turbidité et la matière organique, malgré la détérioration de la qualité de l'eau brute provenant du barrage de Ain Zada.

Le rendement de réduction de la turbidité de l'eau ozonée oscille entre 11,45 et 24,29%, tandis que celui de l'eau traitée atteint des niveaux nettement plus élevés, allant de 75,05 à 95,85%. En ce qui concerne la matière organique, le rendement de l'eau ozonée varie de 12,5 à 42,53 %, tandis que celui de l'eau traitée est plus élevé, atteignant 50 jusqu'à 61,91 %. Pour la couleur, le rendement de l'eau ozonée varie de 14,03 à 37,54 %, alors que celui de l'eau traitée se situe entre 83,33 et 92,53 %, montrant des niveaux considérablement plus élevés.

A la lumière de ces résultats cités ci-dessus on peut conclure que l'ozonation constitue un prétraitement efficace, mais qu'un traitement complémentaire est indispensable pour garantir des niveaux optimaux de qualité de l'eau. La réduction de la matière organique demeure donc un défi pour l'eau brute provenant du barrage de Ain Zada, caractérisée par des concentrations élevées de ces substances.

Ces résultats soulignent la nécessité d'optimiser les procédés de traitement pour gérer efficacement les eaux à forte teneur en matières organiques, comme celles du barrage de Ain Zada.

# **RÉFÉRENCES**

# **BIBLIOGRAPHIQUES**

**Références bibliographiques**

**Abdeselem A. (1999).** Suive De La Qualité Microbiologique Et Physicochimique De Trois Serres Alimentant De La Région De Tlemcen, Mémoire d'ingénieur institut de biologie, Université de Tlemcen. p 2-18.

**Agence des Bassins Hydrographiques Est (ABH). (2001).** Le bassin versant de Boussellam 15-06 N° 6.p 24.

**Agence Nationale des Barrages et Transfert (ANBT). (2013).** Données sur le barrage Ain Zada, Wilaya de Bordj Bou Arreridj.

**American Water Works Association (AWWA), American Society of Civil Engineers (ASCE) (2012).**, Water Treatment Plant Design. 5<sup>th</sup> edition.

**Beltran, F. J. (2003).** Ozone Reaction Kinetics for Water and Wastewater Systems. Lavoisier. p384

**Bertrand-Krajewski. J. L. &Tanguy, S. (2018).** Traitements des eaux de surface : Pratiques et innovations., Dunod.

**Cardot, C. (2010).** Génie de l'environnement Les traitements de l'eau Procédés physico-chimiques et biologiques Cours et problèmes résolus. Ellipses Edition. Paris, p72

**Chaden M. (2014).** Evaluation de la qualité de l'eau du bassin supérieur de la rivière du Litani, Liban : approche hydrogéochimique. Thèse de doctorat en géosciences. Université de Lorraine, p99.

**Christian K. (2008).** Rapport sur l'amélioration de la sécurité des barrages et ouvrages hydrauliques.

**Desjardins R., (1997).** Le traitement des eaux., 2<sup>ème</sup> édition. Lavoisier.

**Duckstein, L., (2011),** Hydrologie Continentale, 2<sup>ème</sup> édition.

**Edzwald, J. K. (2011).** Water Quality & Treatment: A Handbook on Drinking Water (6<sup>th</sup> ed.). American Water Works Association.

**Gottschalk, C., Libra, J. A., & Saupe, A. (2009).** Ozonation of Water and Waste Water: A Practical Guide to Understanding Ozone and its Applications. Wiley-VCH. p378.

**Hade A. (2007).** Les connaitre pour mieux les protéger. Edition Fides. Bibliothèque national du Québec Canada.

**Hakmi A. (2006).** Traitement de l'eau de source Bousfer Oran. Mémoire de licence traitement des eaux, Université des Sciences et de la Technologie Oran, p 48.

- Hamdi W. (2011).** Qualité hygiénique et caractéristiques physicochimiques des eaux domestiques de quelques localités de la cuvette de Mémoire magister. Ouargla. Département des sciences de la nature et de la vie. Option : Microbiologie appliqué. p107.
- Jestin, E. (2006)** « La production et le traitement des eaux destinées à l'alimentation et à la préparation de denrées alimentaires », AESN Bocages Normands. 36 p
- JORA, (2011).** Décret exécutif, n°11- 22 mars 2011 relatif, qualité de l'eau de consommation humaine, Imprimerie Officielle, Les Vergers Alger. Journal Officiel de la République Algérienne, 7-25 p.
- Laalaoui. R et Alloul F., (2022),** Evaluation de la qualité physico- chimique de l'eau traitée du barrage de Ain Zada, Wilaya Bordj Bou Arréridj. Mémoire de master. Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi. p 57
- Margat, J. & Mudry, J. (2005).** L'eau, une ressource menacée : Comprendre pour agir (1ère éd.). Lausanne, Suisse: Presses Polytechniques et Universitaires Romandes.
- Rice, R. G., & Netzer, A. (1982).** Handbook of Ozone Technology and Applications, Volume 1: Ozone Principles and Applications. Ann Arbor Science.
- Rodier J., (2009)., Legube B., Merlet N..** L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, Eaux résiduares, Eau de mer. 9<sup>ème</sup> Edition : Dunod, Paris. P 1579
- Rodier J., Bazing C., Broutin J. P., Chambon P., Champsaur H., Rodi L.(2005).** L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduares, eau de mer, chimie, physico-chimie, microbiologie, biologie interprétation des résultats.EdDunod, Paris, P 1384.
- Sadiq, R., & Rodriguez, M. J. (2004).** Disinfection by-products (DBPs) in drinking water and predictive models for their occurrence: a review. Science of the Total Environment, 321(1-3), 21-46.
- Salamani A., Ladjal M., Bahlouli F., Chourghal N., Benaini M (2024).** Assessment of the Physico-Chemical Quality of Untreated and Treated Water Using Water Quality Index (WQI) in the Ain Zada Dam, East Algeria. 21 (2), 49-55.
- Sobsey, M. D., & Pfaender, F. K. (2002).** Evaluation of the Hallett UV disinfection device for point-of-use water treatment. Water Research, 36(8), 1932-1942.
- Tchobanoglous, G., Burton, F. L., & Stensel, H. D. (2003).** Wastewater Engineering: Treatment and Reuse (4<sup>th</sup> ed.). Boston: McGraw-Hill.
- von Gunten, U. (2003).** Ozonation of drinking water: Part I. Oxidation kinetics and product formation. Water Research, 37(7), 1443-1467.
- Wanélus F. (2016).** Caractérisation physico-chimique de l'eau destinée à la consommation humaine dans la Région Métropolitaine de Port-au-Prince, Haïti. Travail de Fin d'Etudes .p 64.

**WHO (World Health Organization). (2011).** Guidelines for drinking-water quality. Fourth edition. Geneva. p 564

**Zeng, Y., Yang, Y., & Feng, Y. (2018).** Ozone-based advanced oxidation processes (AOPs) in water and wastewater treatment. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(4), 2976-2992.

# **ANNEXES**

**Annexe 01 : Installation d'un système d'ozonation au niveau de la station du barrage de Ain Zada**



**Sécheurs de gaz**



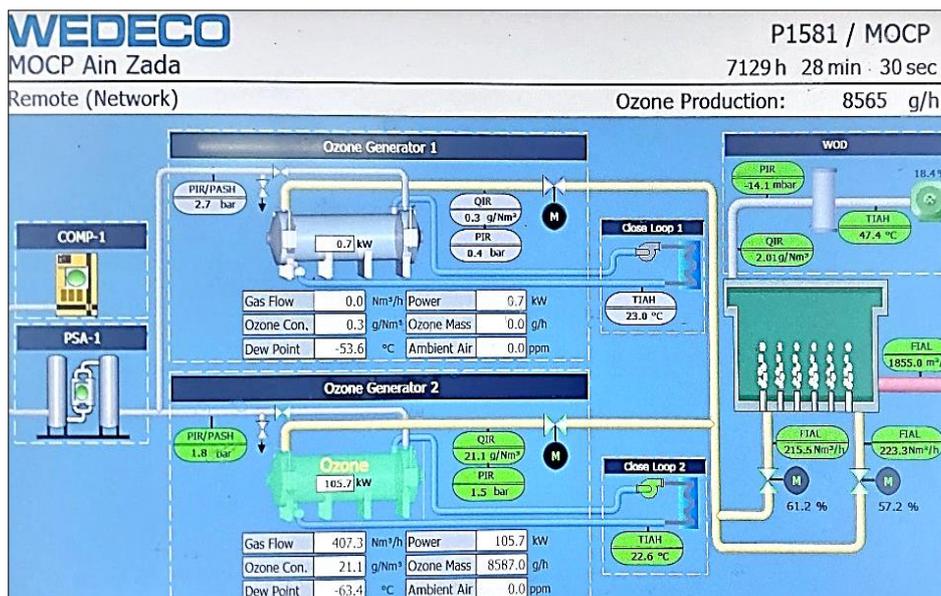
**Générateurs d'ozone**



**Electrodes**



Unités de contact



Système de contrôle et de sécurité

**Annexe 02 : Quelques matériels utilisés dans le laboratoire de la station de Ain Zada-Maouane**



**Turbidimètre**



**Oxymètre**



**Conductimètre**



**pH- mètre**

## Résumé

Notre étude vise à évaluer les propriétés physico-chimiques de l'eau traitée par la méthode d'ozonation au barrage de Ain Zada. Nos résultats montrent que la technique d'ozonation mise en place en 2024 a été efficace pour réduire la turbidité, la couleur et la matière organique, malgré la dégradation de la qualité de l'eau brute cette année-là, caractérisée par une forte teneur en matières organiques. Bien que l'ozonation se révèle être un prétraitement efficace, il est nécessaire d'envisager un traitement complémentaire pour garantir des niveaux optimaux de qualité de l'eau. La réduction de la matière organique reste ainsi un défi pour l'eau brute provenant du barrage de Ain Zada.

**Mots clés :** Barrage de Ain Zada, ozonation, désinfection, eau potable, paramètres physico-chimiques

## Abstract

Our study aims to evaluate the physico-chemical properties of water treated by the ozonation method at the Ain Zada dam. Our results show that the ozonation technique implemented in 2024 was effective in reducing turbidity, color, and organic matter, despite the degradation of raw water quality that year, characterized by a high organic matter content. Although ozonation proves to be an effective pretreatment, it is necessary to consider additional treatment to ensure optimal levels of water quality. Thus, the reduction of organic matter remains a challenge for raw water from the Ain Zada dam. ....

**Keywords:** Ain Zada Dam, ozonation, disinfection, drinking water, physico-chemical parameters

## المخلص

تهدف دراستنا إلى تقييم الخصائص الفيزيائية والكيميائية للماء المعالج بطريقة الأوزون في سد عين زادة. تظهر نتائجنا أن تقنية الأوزون المطبقة في عام 2024 كانت فعالة في تقليل العكارة واللون والمواد العضوية، على الرغم من تدهور جودة المياه الخام في هذه السنة، والتي تميزت بارتفاع محتوى المواد العضوية. على الرغم من أن الأوزون قد ثبت أنه معالجة مسبقة فعالة، فمن الضروري النظر في المعالجة الإضافية لضمان مستويات مثالية من جودة المياه. وبالتالي، فإن تقليل المواد العضوية يبقى تحديًا للمياه الخام القادمة من سد عين زادة.

**الكلمات المفتاحية:** سد عين زادة، المعالجة بالأوزون، التطهير، المياه الصالحة للشرب، المعلمات الفيزيائية والكيميائية