

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Abderrahmane MIRA de Bejaia



Faculté de Technologie
Département d'Hydraulique

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par :

Mr. BOULANSEUR Lyacine

En vue de l'obtention du diplôme de **MASTER en Hydraulique**

Option : **Ouvrages et aménagement hydraulique**

INTITULE :

Etudes à travers le temps de la qualité des eaux du barrage de tychi-haf 2012-2019.

Soutenu le **18/10/2021** devant le jury composé de :

- President: Mr. **BRAKENI A.** MCA
- Encadreur : Mr. **MOUSSACEB Karim** Professeur
- Co-encadreur : Mr. **CHENAFI Azzedine** MCA
- Examineur : Mr. **MERABET S.** Professeur

Année universitaire : 2020/2021

REMERCIEMENT

Je remercie Dieu qui m'a donné la patience et la force pour atteindre mes buts.

Je remercie et gratitudes s'adressent aux plus chères personnes, mes parents, ma source de vie qui sans eux, je n'aurais pu arriver à ce que je suis aujourd'hui. Qu'ils trouvent à travers ce travail le faible témoignage de leurs efforts et sacrifices.

*Je tiens à présenter mes humbles et sincères remerciements, ainsi que ma profonde gratitude à mon promoteur, Monsieur **MOUSSACEB KARIM** et mon Co-promoteur, Monsieur **CHENAFI Azzedine**, pour leurs conseils judicieux et leurs soutien tout au long de la préparation de ce travail, ainsi que pour leurs patiences et leurs aide précieux.*

*Mes vifs remerciements à Monsieur **BRAKNI A.** pour m'avoir fait l'honneur et l'immense plaisir d'accepter de présider le jury.*

*Mes vifs remerciements à Monsieur. **MERABET S.** d'avoir bien voulu examiner ce travail.*

J'aimerais présenter toute ma gratitude à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à réaliser ce projet de fin d'études.

DEDICACE

A mes parents,

Aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour dont vous ne cessez de me combler et toutes les lettres ne sauraient trouver les mots pour exprimer ma gratitude, amour et reconnaissance envers vous. En témoignage, je vous offre ce modeste travail pour vous remercier pour tout ce vous avez fait pour moi.

A tous mes professeurs qui ont contribué à ma formation, qu'ils trouvent le moindre remerciement à travers ce mémoire.

A tous mes amis, toute ma famille et toute personne qui a participé de près ou de loin à l'accomplissement de ce mémoire, qu'ils soient sincèrement remerciés.

Sommaire

Table des matières

| | |
|--|-----------|
| INTRODUCTION GENERALE..... | 1 |
| Chapitre I Généralité sur l'eau potable | |
| Introduction | 2 |
| I.1 Généralité sur l'eau..... | 2 |
| I.1.1 Définition de l'eau | 2 |
| I.1.2 Les types des eaux | 2 |
| I.1.3 Source de l'eau potable..... | 2 |
| I.1.3.1 Nappes souterraines | 3 |
| I.1.3.2 Eaux de surface | 3 |
| I.1.3.3 Eaux de mer | 3 |
| I.1.4 Eaux de pluie | 3 |
| I.1.4 Caractéristiques des eaux potables..... | 3 |
| I.1.4.1 Température | 3 |
| I.1.4.2 Potentiel d'hydrogène | 4 |
| I.1.4.3 Turbidité..... | 4 |
| I.1.4.4 Matières en suspension | 4 |
| I.1.4.5 Conductivité électrique | 4 |
| I.1.4.6 Demande biochimique en oxygène (DBO5)..... | 4 |
| I.1.4.7 Demande chimique en oxygène (DCO) | 4 |
| I.1.4.8 Biodégradabilité..... | 5 |
| I.2 Impact de la qualité des eaux sur la santé des populations..... | 5 |
| I.2.1 Maladies hydriques d'origine bactérienne | 5 |
| I.2.2 Eutrophisation et risques sanitaires..... | 6 |
| I.2.2.1 Désagréments associés à l'eutrophisation..... | 6 |
| I.2.2.2 Prolifération des Cyanophycées..... | 8 |
| I.2.2.3 Morphologie de cyanophycées..... | 8 |
| I.3 Propriétés générales d'une eau de boisson | 9 |
| I.4 Normes et qualité des eaux de consommation..... | 10 |
| I.4.1 Paramètres organoleptiques | 10 |
| I.4.1.1 Couleur..... | 10 |
| I.4.1.2 Turbidité..... | 10 |
| I.4.1.3 Odeur | 11 |

| | |
|--|-----------|
| I.4.2 Propriétés physico-chimiques | 11 |
| I.5 Normes fixées par OMS..... | 11 |
| Valeurs indicatives | 12 |
| Unités | 12 |
| Conclusion | 12 |

Chapitre II Matériels et méthodes

| | |
|--|-----------|
| Introduction | 13 |
| II.1 PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE | 13 |
| II.1.1 Description du milieu | 13 |
| II.1.2 Présentation du barrage Tychi-haf..... | 13 |
| II.1.3 Situation géographique | 14 |
| II.1.4 Géologie de la région..... | 14 |
| II.1.5 Hydrographie..... | 15 |
| II.1.5.1 Sous bassin Eddous-sahel..... | 15 |
| II.1.5.2 Sous bassin Soummam | 15 |
| II.1.5.3 Sous bassin Boussellem..... | 15 |
| II.1.6 Etudes climatologique | 15 |
| II.1.6.1 Pluviosité | 16 |
| II.1.6.2 Température..... | 16 |
| II.1.6.3 Vent | 16 |
| II.1.7 Enquête réalisée..... | 17 |
| II.1.7.1. Méthodologie..... | 17 |
| II.2 Techniques de prélèvement | 17 |
| II.3 Flaconnage | 17 |
| II.4 Points de prélèvement | 18 |
| II.5 LES DIFFERENTS ANALYSES EFFECTUEES | 18 |
| II.5.1. Analyses effectuées au laboratoire de la station de traitement de tychi-haf | 18 |
| III.5.1.1. Potentiel d'hydrogène (pH)..... | 19 |
| II.5.1.2. Mesure de la conductivité électrique, TDS et salinité | 20 |
| II.5.1.3. Mesure de la Turbidité..... | 21 |
| II.5.1.4. Méthodes titrimétrique et colorimétriques..... | 22 |
| II.5.1.5. Dosage du calcium méthode titrimétrique à L'EDTA | 23 |
| II.5.1.6. l'oxydabilité au permanganate de potassium avec la méthode à chaud en milieu acide.. | 23 |
| II.5.1.7. Détermination des résidus secs..... | 23 |
| II.5.1.8. Dosage du fer par spectrophotométrie Matériel et méthodes | 24 |

| | |
|---|-----------|
| II.5.1.9. Dosage de l'aluminium par spectrophotométrie | 24 |
| II.5.1.10. Dosage des nitrates par spectrophotométrie | 24 |
| II.5.1.11. Dosage des nitrites par spectrophotométrie | 24 |
| II.5.1.12. Dosage de l'ammonium par spectrophotométrie à l'aide du salicylate de sodium | 25 |
| II.5.1.13. Détermination des sulfates | 25 |
| II.5.1.14. Dosage du sodium et du potassium par spectrophotométrie de flamme | 26 |
| II.5.1.15. Analyses bactériologiques | 26 |
| II.6 Analyses effectuées au laboratoire de l'université | 27 |
| II.6.1 Essai jar-test | 28 |
| II.6.2 L'extraction de la poudre de Moringa Oleifera | 29 |
| Conclusion | 31 |

Chapitre III Etude comparative

| | |
|--|-----------|
| Introduction | 32 |
| III.1 Présentation des résultats année 2012 et leurs discussions | 32 |
| III.1.1 Résultats (2012) | 32 |
| III.1.1.2 Caractéristiques physico-chimiques des eaux du barrage Tychi-haf | 32 |
| III.1.1.2 Températures de l'eau et de l'air | 32 |
| III.1.1.3 pH | 33 |
| III.1.1.4 Oxygène dissous | 33 |
| III.1.1.5 Salinité | 33 |
| III.1.1.6 Conductivité électrique | 33 |
| III.1.1.7 Nitrates | 33 |
| III.1.1.8 Nitrites | 34 |
| III.1.1.9 Orthophosphates | 34 |
| III.1.1.10 Chlorures | 34 |
| III.1.2 Discussions(2012) | 34 |
| III.1.2.1 Analyses des paramètres physico-chimiques | 34 |
| III.1.2.2 Température de l'eau et de l'air | 35 |
| III.1.2.3 Potentiel hydrogène (pH) | 35 |
| III.1.2.4 Salinité et conductivité | 35 |
| III.1.2.5 Oxygène dissous | 36 |
| III.1.2.6 Propriétés organoleptiques | 36 |
| III.1.2.7 Nitrates | 36 |
| III.1.2.8 Orthophosphates | 37 |
| III.1.2.9 Chlorures | 37 |

| | |
|---|-----------|
| III.1.2.10 Nitrites..... | 37 |
| III.2 Présentation des résultats année 2019 et leurs discussions | 38 |
| III.2.1 Résultats (2019)..... | 38 |
| III.2.2 Discussions(2019)..... | 42 |
| III.2.2.1 Paramètres physicochimiques | 42 |
| III.2.2.1.1 Potentiel hydrogène (pH) | 42 |
| III.2.2.1.2 Température | 42 |
| III.2.2.1.3 Conductivité | 42 |
| III.2.2.1.4 Turbidité..... | 43 |
| III.2.2.1.5 Salinité..... | 43 |
| III.2.2.1.6 Le taux des sels dissous (TDS)..... | 43 |
| III.2.2.1.7 La dureté totale (TH)..... | 43 |
| III.2.2.1.8 Le titre alcalimétrique (TA) | 44 |
| III.2.2.1.9 Titre alcalimétrique complet (TAC)..... | 44 |
| III.2.2.1.10 Résidu sec (RS) | 44 |
| III.2.2.2 Résultats physicochimiques des éléments cationiques..... | 45 |
| III.2.2.2.1 Dureté calcique..... | 45 |
| III.2.2.2.2 Dureté magnésique | 45 |
| III.2.2.3 Résultats physicochimiques des éléments anioniques..... | 45 |
| III.2.2.3.1 Les chlorures (CL ⁻)..... | 45 |
| III.2.2.3.2 La concentration en hydrogénocarbonate (HCO ₃ ⁻) | 46 |
| III.2.2.3.3 Les sulfates (SO ₄ ²⁻)..... | 46 |
| III.2.2.3.4 Les nitrates (NO ₃ ⁻)..... | 46 |
| III.2.2.4 Eléments traces métalliques (ETM) | 47 |
| III.2.2.4.1 Le zinc (Zn)..... | 47 |
| III.2.2.4.2 Le plomb (Pb)..... | 47 |
| III.2.2.4.3 Le cadmium (Cd) | 47 |
| III.3 Etudes comparatives des résultats entre l'année 2012 et 2019 et leurs discussions.47 | |
| III.3.1 Résultats | 47 |
| III.3.2 Discussions..... | 48 |
| III.3.2.1. Paramètres physicochimiques | 48 |
| III.3.2.1.1 Potentiel hydrogène (pH) | 48 |
| III.3.2.1.2 Température | 48 |
| III.3.2.1.3 Conductivité | 48 |
| III.3.2.1.4 Turbidité..... | 49 |
| III.3.2.1.5 Salinité..... | 49 |

| | |
|--|-----------|
| III.3.2.1.6 Le taux des sels dissous (TDS)..... | 49 |
| III.3.2.2. Eléments traces métalliques (ETM) | 49 |
| III.3.2.2.1. Le zinc (Zn)..... | 49 |
| III.3.2.2.2. Cadmium(Cd)..... | 49 |
| III.3.2.2.3 Plomb (Pb)..... | 49 |
| Conclusion | 50 |
| Conclusion général | 51 |

LISTE DES FIGURES

| | |
|---|----|
| Figure 1 : Morphologie des cyanobactéries potentiellement toxiques les plus fréquemment rencontrées [9]. | 9 |
| Figure 2 : Photos représentant une vue du barrage de Tychi-haf [7]. | 14 |
| Figure 3 : Cartographe de barrage de tychi-haf (Google earth) | 14 |
| Figure 4 : Localisation des deux points de prélèvement d'eau au niveau de la station (A et B) (in Google earth, 2019). | 18 |
| Figure 5 : méthode d'analyses effectuées au laboratoire de la station de traitement de tychi-haf. | 19 |
| Figure 6 : Photo d'un pH-mètre de paillasse [4]. | 20 |
| Figure 7 : Photo du multi-paramètre de laboratoire [4]. | 21 |
| Figure 8 : Photo du Turbidimètre DR3900 [4]. | 22 |
| Figure 9 : Photo du spectrophotomètre DR6000 [4]. | 25 |
| Figure 10 : Photo du spectrophotomètre à flamme Jenway [4]. | 26 |
| Figure 11 : Photo de la rampe de filtration en acier [4]. | 27 |
| Figure 12 : méthode d'analyses effectuées au laboratoire de l'université bejaia. | 28 |
| Figure 13 : Jar-test de laboratoire [4]. | 29 |
| Figure 14 : Etapes de la dilution de la poudre de Moringa O. dans l'eau [4]. | 30 |

LISTE DES TABLEAUX

| | |
|---|----|
| Tableau 1 : Problèmes liés à l'eutrophisation des plans d'eau selon [17]..... | 7 |
| Tableau 2 : Correspondance des deux systèmes de classification des cyanobactéries [1]..... | 8 |
| Tableau 3 : Paramètres avec valeurs indicatives (Normes algériennes du ministre des ressources en eau depuis 22 mars 2011)..... | 12 |
| Tableau 4 : Récapitulatif des résultats des paramètres physico- chimiques des eaux de surface du barrage Tychi-haf durant le période d'étude (février, début de mai, 2012). | 32 |
| Tableau 5 : les Paramètres de qualité de l'eau de consommation humain (document interne algérienne des eaux, 2019)..... | 34 |
| Tableau 6 : Résultats des paramètres physico –chimiques des eaux traitées avec les sulfates d'aluminium et M.Oleifera :..... | 39 |
| Tableau 7 : Résultats des éléments traces métalliques pour les eaux traitées avec le M. Oleifera | 40 |
| Tableau 8 : Résultats chimiques des cations des eaux traitées avec les sulfates d'aluminium et le M. Oleifera..... | 40 |
| Tableau 9 : Résultats chimiques des anions des eaux traitées avec les sulfates d'aluminium et le M. Oleifera..... | 41 |
| Tableau 10 : Etude comparative 2012 et 2019..... | 48 |

Liste des abréviations

PH : Potentiel hydrogène

OMS : Organisation Mondiale de la sante

ADE : Algérienne des eaux

TA : Titre alcalimétrique simple

TAC : Titre alcalimétrique complet

T° : Température

TDS : Total des solides dissous

NTU : Unité néphélométrie de turbidité

M.O : Moringa oleifera

SDT : Solides dissous total

EDTA : Ethylène diamine tetrasetique

TH : Dureté ou titre hydrotimétrique

°C : Degré Celsius

DCO : Demande chimique en oxygène

DCO5 : demande biochimique en oxygène

CMA : Concentration maximale admissible

UV-Visible : Ultraviolet visible

SAA : Spectrophotomètre d'absorption atomique

NET : Noir eriochrome T

MES : Matière en suspension

ADN : Acide Désoxyribonucléique

CR : Concentration résiduelle

R : Réaction

Eq : Equation

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

L'eau est d'une importance biologique et économique capitale .L'hydrosphère est fondement de la vie et des équilibres biologiques. L'eau est à la fois un aliment, éventuellement un médicament, une matière première industrielle, énergétique et agricole, et un moyen de transport .Ses usages sont donc multiples mais s'agissant de santé humaine, ils sont dominés par l'agriculture et l'aquaculture, l'industrie et l'artisanat, les loisirs aquatiques dont la baignade et, surtout, la fourniture collective ou individuelle d'eau potable.

A la fin du siècle dernier, le nombre de personnes qui n'avaient pas accès à l'eau potable était estimé à 1,1 milliards soit 1/6 de la population mondiale [18].

Les besoins en eau potable augmentent régulièrement avec l'accroissement démographique et l'industrialisation dans de nombreux pays émergents. Souvent réputée être liée au tiers monde, la problématique de l'eau potable s'est généralisée au point que les pays développés comme les Etats-Unis et l'Australie commencent à ne plus négliger la préservation de cette ressource naturelle.

L'eau, source de la vie, un élément de préservation de la santé, mais aussi un véhicule de nombreuses maladies dites transmission hydrique(MTH).

Une eau potable est une eau que l'on peut boire sans risque, elle ne doit pas contenir une quantité nuisible de substance chimique et germes nocifs à la santé.

Notre rapport est la présentation d'une étude à travers le temps de la qualité des eaux du barrage de Tychi-haf 2012-2019.

Notre mémoire est présenté dans un ordre chronologique, à savoir :

- **Chapitre I :** Généralités sur l'eau potable
- **Chapitre II:** Matériels et Méthodes
- **Chapitre III :** Etude comparative

Une conclusion générale est donnée à la fin de ce manuscrit, pour faire ressortir l'essentiel des aboutissements de cette étude.

CHAPITRE I
GENERALITES SUR
L'EAU POTABLE

Introduction

Consacré à la présentation des généralités sur l'eau, caractéristique des eaux portables, impacte de la qualité des eaux sur la santé des populations, propriétés générales d'une eau de boisson, normes et qualités des eaux de consommation et les propriétés physico-chimique.

I.1 Généralité sur l'eau

I.1.1 Définition de l'eau

L'eau (en latin aqua, qui donne aquatique et en grec hydro, qui donne hydrique, hydrologie) est un élément sous forme liquide en conditions standards (température et pression ambiante), composé sous sa forme pure de molécules qui associent deux atomes d'hydrogène et un atome d'oxygène sous la forme H₂O.

L'eau est un liquide naturel, vital, inodore, sans saveur et transparent à l'état pur ; sa composition H₂O, a été déterminée en 1783 par Lavoisier et Meusnier [14].

I.1.2 Les types des eaux

Les types des eaux sont cités ci-dessous :

- **Eau potable** : elle est définie comme étant l'eau que peut boire l'homme sans risque sur sa santé ou sur la santé de tous ceux qui la consomment. Elle est dite potable lorsqu'elle présente certaines caractéristiques la rendant propre à la consommation.
- **Eau domestique** : ce type des eaux désigne essentiellement les eaux usées provenant d'usages sanitaires, alimentaires et hygiéniques. Elles contiennent de nombreuses matières, substances et des microorganismes pathogènes. Elles ne peuvent être rejetées au milieu naturel avant qu'elles subissent, traitement approprié.
- **Eau industrielle** : ce type d'eau représente l'ensemble des rejets qui correspondent à une utilisation autre que domestique. Leurs caractéristiques dépendent essentiellement du type de l'industrie. Elles contiennent des matières organiques et des produits toxiques, ce qui les rend corrosives et néfastes pour le milieu récepteur. Elles doivent subir un traitement approprié afin d'éviter le danger qu'elles présentent.

I.1.3 Source de l'eau potable

L'eau potable provient de différentes origines, dont on cite :

I.1.3.1 Nappes souterraines

Elles représentent les eaux qui se trouvent sous la surface du sol. Elles constituent les plus grandes d'eau potable et les plus protégées par le sol. La qualité des eaux souterraines est généralement de bonne qualité bactériologique [7].

I.1.3.2 Eaux de surface

Elles représentent l'ensemble des eaux qui se trouvent à la surface (barrages, rivières, lacs,...). Leur qualité dépend de la nature des activités qui l'entourent et de la nature des terrains traversés par ces eaux durant leurs parcours. Le développement de la vie bactérienne de ces eaux dépend de la pollution auxquelles elles sont exposées et de l'importance de la surface de contact avec le milieu extérieur. Ce type des eaux nécessite un traitement avant de les destiner à la potabilité.

I.1.3.3 Eaux de mer

Les eaux de mer représentent 97.5% du volume d'eau existant sur la planète. Elles sont caractérisées par leur salinité élevée [11], c'est pourquoi on les appelle eaux saumâtres. Elles ne peuvent être utilisées ou destinées à la consommation directement et leur traitement et dessalement imposées s'avèrent très cher.

I.3.4 Eaux de pluie

Les eaux de pluie sont saturées en oxygène et d'azote et ne contient aucun sel dissous, comme les sels de magnésium et de calcium, elles sont donc très douce. Elles sont de bonne qualité pour l'alimentation humaine. Elles peuvent être contaminées par des poussières atmosphériques dans les régions industrialisées [12].

I.1.4 Caractéristiques des eaux potables

Les indicateurs physico-chimiques et biologiques constituent les caractéristiques des eaux et ils sont appréciés par une série d'analyses. Ils sont fixés par les normes de rejet et ils indiquent les modifications que l'eau est capable d'en apporter au milieu récepteur [12].

I.1.4.1 Température

C'est l'un des facteurs écologiques les plus importants parmi tous ceux qui agissent sur les organismes aquatiques. Elle joue un rôle très important dans la solubilité des sels et des gaz (en particulier O₂) dans l'eau, la détermination du pH et la vitesse des réactions chimiques.

I.1.4.2 Potentiel d'hydrogène

Les organismes sont très sensibles aux variations du pH, il joue un rôle important dans l'épuration d'un effluent et le développement bactérien.

I.1.4.3 Turbidité

Elle représente le paramètre qui indique la présence de la matière organique ou minérale. Elle varie suivant la présence des matières en suspension et se traduit par le degré de transparence de l'eau.

I.1.4.4 Matières en suspension

Elles constituent un paramètre important qui marque le degré de pollution ; elles sont constituées par l'ensemble de particules organiques et minérales non dissoutes contenues dans l'eau. Leurs présences augmentent la turbidité et réduit la luminosité ; elles donnent à l'eau donc une apparence trouble et souvent un mauvais goût et odeur.

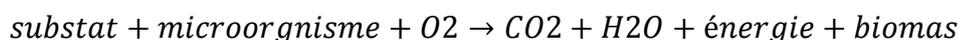
I.1.4.5 Conductivité électrique

C'est la propriété que possède une eau à favoriser le passage d'un courant électrique. Elle indique la teneur des sels dissouts (salinité de l'eau). Sa mesure permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau.

I.1.4.6 Demande biochimique en oxygène (DBO5)

Elle est définie comme étant la quantité d'oxygène consommée par les bactéries, à 20°C à l'obscurité et pendant 5 jours [3].

C'est un paramètre qui mesure la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction des matières organiques grâce au phénomène d'oxydation par voie aérobie. Sa réaction chimique se résume comme suit :



I.1.4.7 Demande chimique en oxygène (DCO)

C'est un paramètre qui donne une indication sur les quantités de substances chimiquement oxydables présentes dans l'eau. Il s'agit de la mesure de la quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation chimique de toute la matière organique biodégradable ou non contenue dans les eaux à l'aide du bichromate de sodium à 150°C [12].

Pour les eaux industrielles : DCO > 2.5 fois DBO5.

I.1.4.8 Biodégradabilité

Elle traduit l'aptitude d'un effluent à être décomposé ou oxydé par les micro-organismes qui interviennent dans le processus d'épuration biologique des eaux. Le coefficient de biodégradabilité est défini comme étant le rapport de la DCO sur la DBO5 [11].

$$K = \frac{DCO}{DBO5}$$

Sa valeur détermine le choix du traitement à adapter; si l'effluent est biodégradable ($K \leq 2.5$), on applique le traitement biologique, sinon on applique un traitement physico-chimique

I.2 Impact de la qualité des eaux sur la santé des populations

L'eau, cette ressource indispensable est devenue le vecteur de transmission de nombreuses maladies. Les maladies à transmission hydrique résultent généralement de la qualité détériorée des eaux destinées à la potabilité. Les maladies liées à l'eau sont de plus en plus répandues et elles présentent des variations considérables sur le plan de leur nature et leur mode de transmission. La qualité des eaux potables contaminée par les déchets humains ou chimiques peut causer des maladies dangereuses dont on cite :

I.2.1 Maladies hydriques d'origine bactérienne

Ce genre de maladies représente un danger important pour la santé humaine. Elles sont responsables en grande partie du mauvais état de santé des populations et causer même le décès surtout dans les pays pauvres.

- Le choléra : Le choléra est une maladie aiguë et diarrhéique provoquée par une infection d'intestin par la bactérie vibriion-Cholérique. La maladie peut s'étendre rapidement dans les secteurs où le traitement des eaux usées et l'eau potable est inadéquat, les cas et les morts de choléra furent officiellement rapportés par l'OMS, dans l'année 2000 près de 140.000 cas causent approximativement 5000 morts furent annoncés à l'OMS, l'Afrique comptait 87 % de ces cas.
- La typhoïde : La fièvre typhoïde et paratyphoïde est courante dans les pays les moins industrialisés principalement du fait de leurs problèmes d'insécurité concernant l'eau. Ce sont des véritables septicémies dues à des salmonelles (salmonelle typhus et paratyphus A, B, C), ces maladies caractérisées par la fièvre, céphalées, diarrhée, douleurs abdominales, accompagnées d'un abattement extérieur (le typhus) et

peuvent avoir des complications graves et parfois mortelles. le genre de salmonella comprend de nombreuses espèces pathogènes, les typhoïdes touchent dans le monde 500000 personnes et provoquent 25000 morts par an particulièrement fréquentes dans les pays en voie de développement.

- Les dysenteries : Les shigella présentent des espèces provoquent des dysenteries qui sont des maladies contagieuses qui se manifestent par une inflammation des gros intestins et entraînent des diarrhées glaireuses et sanglotelements avec douleurs. Ces maladies sont très graves, notamment en Afrique [21].

I.2.2 Eutrophisation et risques sanitaires

L'eutrophisation est le phénomène d'enrichissement excessif des eaux en éléments nutritifs notamment l'azote et le phosphore stimulateurs de la production primaire. C'est un problème qui se pose depuis longtemps dans les eaux douces et se trouve accéléré par les déchets agricoles et industriels suite activités anthropiques. Il représente une menace croissante pour les plans d'eau en général et induit une dégradation importante de la qualité des eaux. Ceci peut se traduire par des pertes économiques et des risques pour la santé humaine [17].

I.2.2.1 Désagréments associés à l'eutrophisation

L'eutrophisation est considérée comme indésirable, car les plans d'eau eutrophies présentent des caractéristiques rarement compatibles avec les utilisations auxquelles ils sont destinés (potabilisation de l'eau, zone de loisirs, irrigation). Le tableau 1 rapporte les problèmes les plus courants causés par l'eutrophisation des lacs, réservoirs et retenues.

Tableau 1 : Problèmes liés à l'eutrophisation des plans d'eau selon [17].

| Problèmes | Causes | |
|--|--|---|
| | Prolifération de micro- algues planctoniques | Prolifération des macro-phytes et d'algues littorales |
| <u>Altération de la qualité de l'eau</u> | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Gout et l'odeur, couleur, filtration, floculation, sédimentation et autres difficultés de traitement. | +++ | + |
| <ul style="list-style-type: none"> Désoxygénation, formation de fer, manganèse, CO₂, NH₄, CH₄, H₂S. | ++ | + |
| <ul style="list-style-type: none"> Corrosion de tuyaux et d'autres réalisations humaines. | ++ | + |
| <u>Altération des usages récréatifs de l'eau</u> | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Risques sanitaires | + | ++ |
| <ul style="list-style-type: none"> Danger pour les baigneurs | + | ++ |
| <ul style="list-style-type: none"> Aspect inesthétique | ++ | + |
| <u>Altération des pêches</u> | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Mortalité de poissons | + | - |
| <ul style="list-style-type: none"> Production des espèces moins nobles | ++ | ++ |
| <u>Altération de la capacité de résistance des matériaux et des installations</u> | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Envasement, colmatage des tuyaux et des filtres, réduction de débit. | + | + |

I.2.2.2 Prolifération des Cyanophycées

Actuellement, on remarque que l'intensification des activités de l'homme entraîne l'apparition de proliférations de cyanobactéries suite à l'eutrophisation des eaux de surfaces.

Les cyanobactéries sont des organismes pouvant se développer dans des habitats divers et dans les environnements des plus simples aux plus extrêmes. Elles regroupent environ 120 genres pour plus de 1500 espèces.

Ces microorganismes présentent des propriétés communes à la fois aux algues et/ou aux bactéries. Les cyanobactéries sont géologiquement les plus anciens organismes photosynthétiques connus. Des Chroococcales fossiles, âgées de deux milliards d'années, ont été découvertes dans le précambrien de l'Ontario (Canada).

Les cyanobactéries sont reconnues à la fois par le Code International de Nomenclature Botanique et par le Code International de Nomenclature Bactériologique.

Tableau 2 : Correspondance des deux systèmes de classification des cyanobactéries [1].

| | Classification Botanique | Classification bactériologique |
|-----------------|---------------------------------|---------------------------------------|
| Division | Cryptogames | Procaryotes |
| | Thallophytes | Eubactéries |
| | Algues | Gracilicutes |
| | Classe | |
| | Procaryotes | Cyanobactéries |
| | Cyanophytes | |
| | Cyanophycées | |

I.2.2.3 Morphologie de cyanophycées

Il existe ainsi cinq ordres divisés en vingt-sept familles qui comportent cent soixante-six genres de cyanobactéries qui ont des formes variées, unicellulaires, coloniales ou filamenteuses (Figure 1).

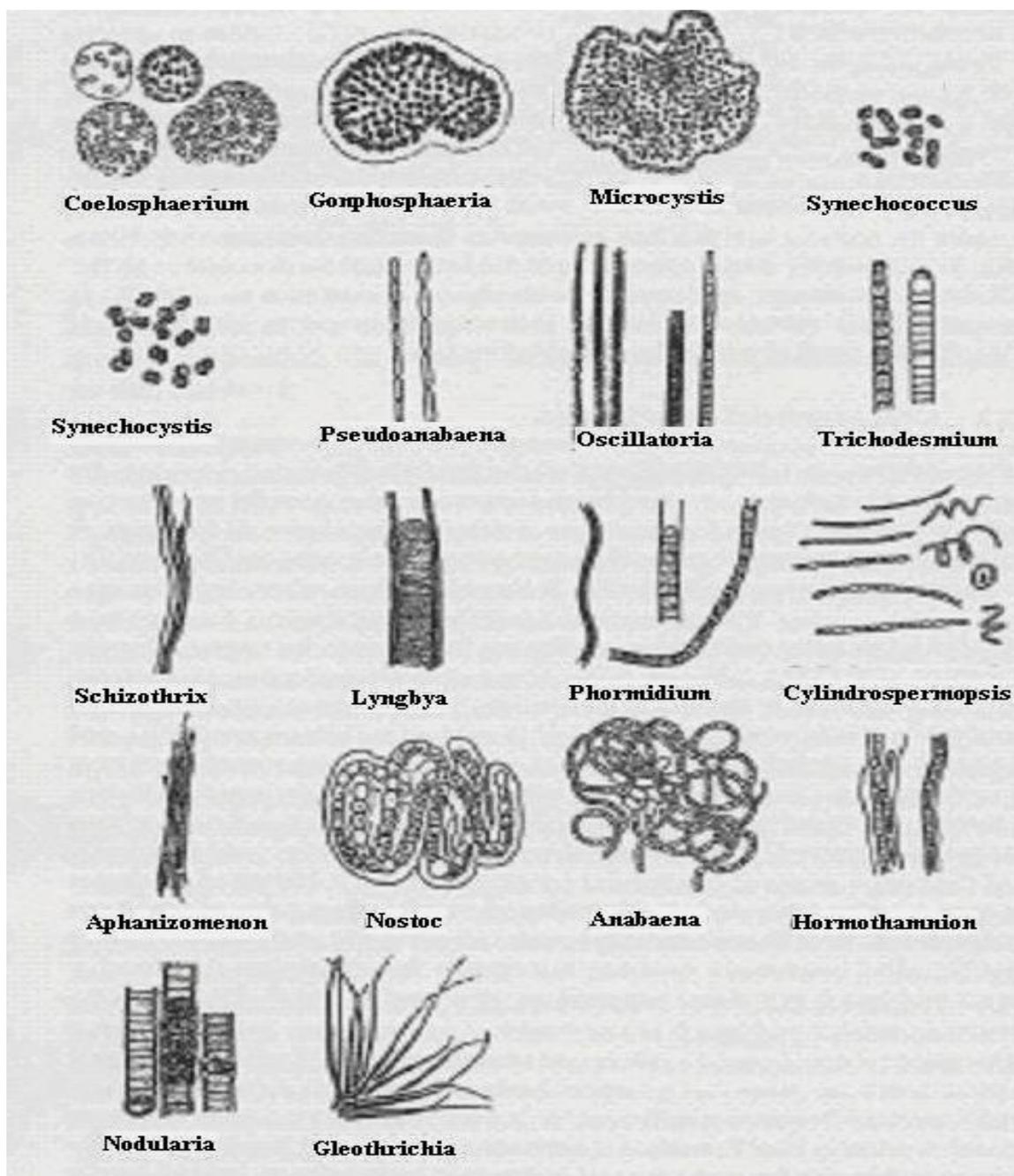


Figure 1 : Morphologie des cyanobactéries potentiellement toxiques les plus fréquemment rencontrées [9].

I.3 Propriétés générales d'une eau de boisson

L'eau de boisson peut être définie en se référant à l'OMS comme une eau qui ne contient pas de quantités dangereuses de substances chimiques et germes nocifs à la santé humaine.

Elle doit être agréable à boire que les circonstances le permettent, pour être distribuée, l'eau de boisson doit satisfaire à un ensemble de conditions que l'on peut résumer comme suit:

- Une eau de boisson ne doit pas nuire à la santé des consommateurs à court terme, au moyen terme et à long terme.
- Une eau de boisson ne doit pas avoir des propriétés agressives vis-à-vis les canalisations, et doit rester inerte que possible des matériaux dont elle est en contact.
- Une eau de boisson doit être dépourvue de toutes bactéries ou microbes indiquant la présence d'organismes pathogènes (transmetteurs de maladies). [9].

I.4 Normes et qualité des eaux de consommation

I.4.1 Paramètres organoleptiques

I.4.1.1 Couleur

La couleur de l'eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est la seule substance en solution, elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. L'eau de boisson ne doit pas présenter une coloration qui dépasse 15mg/l à l'échelle de comparaison visuelle de la couleur des liquides selon platine-cobalt [25].

I.4.1.2 Turbidité

La turbidité correspond, après filtration à 0.45µm, aux particules fines présentes dans le filtrat, appelées colloïdes et qui rendent l'eau trouble. La turbidité exprime l'atténuation d'un faisceau de lumière blanche au contact de particules colloïdes. Elle est d'autant plus élevée que la densité des particules contenue dans l'eau est forte. Il existe plusieurs échelles pour la mesurer. Une des plus utilisées est l'unité NFU (Nephelometric Turbidity Unit). La turbidité des eaux alimentaires doit être inférieure à **1 NFU** au point demi se en distribution et inférieure à **2 NFU** au robinet du consommateur. Sa valeur considérée comme très forte pour des eaux de surface présentant une turbidité supérieure à 3000 NFU. Les valeurs peuvent atteindre 10000 NFU dans des bassins versants fortement érodés ou lors d'épisodes pluvieux. Dans ce cas le paramètre n'est plus significatif et il faut revenir aux MES. La turbidité est également considérée comme un indicateur indirect du risque microbiologique, car certains microorganismes tels que les virus peuvent y être associés (paradsorption). La turbidité d'une eau est l'inverse de sa transparence ; elle est due à la présence des matières en suspension dans l'eau. L'eau de boissonne doit présenter une turbidité supérieure à 5 [9].

I.4.1.3 Odeur

Une eau destinée à l'alimentation doit être inodore. La présence d'une odeur est un signe de pollution ou de la présence de la matière organique en décomposition [24].

I.4.2 Propriétés physico-chimiques

- **Température** : C'est un paramètre de confort pour les usagers. Elle permet également de corriger les paramètres d'analyse dont les valeurs en sont liées (conductivité notamment). De plus, en mettant en évidence des variations de température de l'eau, il est possible d'obtenir des indications sur son origine et son écoulement [16].
- **Conductivité** : La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau. La conductivité est également fonction de la température de l'eau, elle est plus importante lorsque la température augmente [23].
- **pH ou potentiel hydrogène** : il mesure la concentration en ions H⁺ de l'eau. Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14. Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibre physicochimique et dépend de facteurs multiples dont l'origine de l'eau [8]

I.5 Normes fixées par OMS

La question de la qualité de l'eau au sein des programmes humanitaires se pose essentiellement en termes de consommation humaine ; ce travail présente les normes de qualité de l'eau réservée à ces usages et comparaison entre les différentes normes de qualité des eaux potables

L'Algérie s'est basée sur les normes internationales, pour établir ses propres normes, on peut dire que c'est une combinaison de différentes normes qui existent sur le plan international [15].

Tableau 3 : Paramètres avec valeurs indicatives (Normes algériennes du ministre des ressources en eau depuis 22 mars 2011)

| Groupe de paramètre | Paramètres | Valeurs indicatives | Unités |
|---|--------------|--------------------------|--------------------------------|
| Paramètres physico-chimiques en relation avec la structure naturelle des eaux | PH | ≥ 6.5 et ≤ 9.5 | Unité pH |
| | Conductivité | 2800 | $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 20°C |
| | Température | 25 | °C |
| | Dureté | 200 | mg/l en CaCO_3 |
| | Nitrites | 0.2 | mg/l |
| | Nitrates | 50 | mg/l |
| | Aluminium | 0.2 | mg/l |
| | Ammonium | 0.5 | mg/l |
| | Alcalinité | 500 | mg/l en CaCO_3 |
| | Zinc | 5 | mg/l |
| | Calcium | 200 | mg/l en CaCO_3 |
| | Plomb | 10 | mg/l |
| | Chlorures | 500 | mg/l |
| | Cuivre | 2 | mg/l |
| | Fer total | 0.3 | mg/l |
| | Résidu sec | 1500 | mg/l |
| Sodium | 200 | mg/l | |
| Sulfates | 400 | mg/l | |
| Paramètres organoleptiques | Couleur | 15 | mg/l Platine |
| | Turbidité | 5 | NTU |
| | Odeur 12°C | 4 | Taux dilution |
| | Saveur 25°C | 4 | Taux dilution |

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons vu les différentes notations de l'eau, sa qualité et son impact sur la santé des populations ainsi que les normes des eaux de consommations.

CHAPITRE II

MATERIELS ET

METHODES

Introduction

Consacré à la présentation de la zone d'étude ainsi la présentation du barrage tychi-haf, techniques de prélèvement, flaconnage, point de prélèvement, les différents analyses effectuées à la station de traitement de tychi-haf et analyses effectuées à l'université de Bejaia.

II.1 PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

II.1.1 Description du milieu

Le projet de construction du barrage de Tychi-haf s'inscrit dans le programme de construction des grands ouvrages lancés par l'état au début des années 90. Son aboutissement permettra de combler le déficit en eau des sept Dairas se trouvant sur la vallée de la Soummam, qui connaît une grande expansion démographique et une importante croissance industrielle.

Le barrage Tychi-haf (Figure 2), dont la capacité annuelle est de 147 Hm, constitue une véritable solution au problème du manque d'eau potable et industrielle dans le couloir Akbou-Bejaïa.

II.1.2 Présentation du barrage Tychi-haf

Le barrage hydraulique en béton (type voûte/poids) est situé dans le village de Mahfouda, commune de Bouhamza dans la wilaya de Bejaïa Algérie. Sa réalisation a débuté dans la fin des années 1990 par l'entreprise Hydrotchnika (Ex. Yougoslavie). Mais il a connu beaucoup de retard jusqu'à l'intervention, pour sa finition, de l'entreprise COSIDER (Travaux Publics). Mis en service en 2009, le barrage de Tichy-Haf produit 47 millions de m³ /an destinés à l'alimentation en eau potable du couloir Akbou-Bejaïa et 43 millions de m³ /an pour l'irrigation. Il est composé essentiellement de quatre ouvrages, à savoir un barrage-voûte de 90 mètres de hauteur et d'une capacité de 80 millions de m³. La (Figure 2) représentant une vue du barrage de Tychi-haf [2].



Figure 2 : Photos représentant une vue du barrage de Tychi-haf [7].

II.1.3 Situation géographique

Le barrage de Tychi-haf se situe près du village de Mahfouda dans la Daïra d'Akbou sur l'oued Soummam. Il est situé à environ 84 Km de la ville de Bejaia et a 186 km à l'Est d'Alger. Sur la cartographie on le trouve avec les coordonne **36° 25' 12" N, 4° 41' 26" E**



Figure 3 : Cartographe de barrage de tychi-haf (Google earth)

II.1.4 Géologie de la région

La région d'oued Soummam est structurée par une série de nappes de charriage, le barrage de tychi-haf est au contact entre une nappe de charriage de marnes du crétacé et un massif calcaire du jurassique. Une tectonique compressive a généré des décollements à l'intérieur du massif calcaire. Les calcaires sont à la limite de leur disparition sous les marnes, plusieurs failles

importantes traversent la fondation en particulier en rive droite, la facturation est intense due au contact du chevauchement tectonique [5].

II.1.5 Hydrographie

La wilaya de Bejaia se trouve dans le même bassin hydrographique « constantinois-Seybousse-Mellegue », dans l'Algérie orientale.

Le barrage de Tychi-haf est alimenté par l'Oued Boussellem qui est inclut dans le réseau hydrographique du bassin de la Soummam, ce dernier compte 09 principaux Oueds totalisant une longueur de 726 km. Le plus long est L'oued Soummam avec 226 km et le plus court est l'oued O'Khriss avec 23 km de long. Le bassin de la Soummam est compose de trois grande sous bassin.

II.1.5.1 Sous bassin Eddous-sahel

Il est situé sur la partie ouest du bassin de la Soummam. Il est formé par la réunion des oueds Eddous et zaiane (affluent principale de l'ouest sahel).

II.1.5.2 Sous bassin Soummam

Il s'étend sur la partie nord du bassin, son système principal de drainage comprend l'oued Soummam qui traverse une vallée relativement étroite mais fertile allant d'Akbou a Bejaia ; avant de se jeter dans la mer.

II.1.5.3 Sous bassin Boussellem

Il s'étend sur la partie sud-est du bassin de la Soummam, le cours d'eau supérieur de l'oued Boussellem se trouve sur le plateau de Sétif dont la plus grande partie de son cours, une fois le plateau passe' traverse des régions montagneuses en suivant des gorges ou des vallées très étroites [6].

II.1.6 Etude climatologique

Le climat est un facteur important dans la vie et l'évolution d'un écosystème aquatique car il détermine entre autres, les variables abiotiques ; la stratification de la colonne d'eau, la période de croissance végétales le taux de renouvellement d'eau [26].

Parmi les éléments du climat susceptibles d'influer sur la biologie du lac ; essentiellement sur le développement des algues, il faut citer la température (qui est un facteur énergétique), la pluviosité (un facteur hydrologique) et le vent un facteur mécanique [19].

Ils ont interprété des données climatiques relatives à nos régions durant la période (2006-2015), effectuées par des mesures sur des données atmosphériques locales (précipitations, température et vitesse du vent) par l'office national de la météorologie [20].

II.1.6.1 Pluviosité

Les précipitations sont l'un des facteurs climatiques qui conditionnent le maintien et la répartition du tapis végétal ; l'alimentation des nappes, des lacs et les cours d'eau. Parfois elles contribuent à la dégradation du milieu naturel par le phénomène d'érosion. Les précipitations liquides constituent le facteur essentiel ou leur quantité moyenne et maximale mensuelle et annuelle est l'un des paramètres qui permettent de caractériser le climat d'une région. L'est algérien est la partie la plus humide du pays avec une moyenne pluviométrique de 530 mm/an.

II.1.6.2 Température

La température est un paramètre clé dans l'étude de la caractérisation des climats vu son rôle prédominant dans le rayonnement et le bilan énergétique ; d'où son importance capitale dans les études qui touchent de près ou de loin le domaine du changement climatique.

Elle représente donc un facteur limitant vu son implication dans le contrôle de l'ensemble des phénomènes métaboliques et par ce fait le conditionnement total de la répartition de tous les êtres vivants [22].

II.1.6.3 Vent

Les vents naissent des différences de pression de l'air à la surface de la terre. Ils jouent un rôle important dans le cycle de l'eau : ils augmentent l'évaporation consommatrice d'énergie ; et ils ont donc un pouvoir de refroidissement considérable [19].

II.1.7 Enquête réalisée

II.1.7.1. Méthodologie

Ce travail consiste à une comparaison de deux coagulants chimiques, et naturel (sulfate d'alumine et poudre de grains de Moringa Oléifera) en vue de déterminer l'efficacité du traitement sur la qualité de l'eau superficielle emmagasinée dans le barrage tychi-haf. L'approche utilisée est la caractérisation physico-chimique des eaux avant et après traitement par les deux coagulants cités. Une comparaison des résultats obtenus permettra de choisir lequel des deux coagulants est efficace dans le traitement de l'eau

Dans la première partie du travail, ils ont suivi la qualité de l'eau traitée avec le sulfate d'aluminium utilisé à des concentrations de 5mg/1, 10mg/1, 15mg/1, 20mg/1 et 25mg/1. Des analyses physico-chimiques et microbiologiques ont été réalisées sur l'eau brute à l'entrée, à la sortie de la station. Ces analyses ont été effectuées au niveau de laboratoire de l'ADE située à la station de traitement durant la période de stage (allant de 18/03/2019 au 13/05/2019).

Dans la deuxième partie du travail, les analyses ont été réalisées au niveau de laboratoire de l'université de Bejaia (bloc 11 de la faculté de technologie et bloc 12 de la faculté de sciences de la nature et de la vie). Elles consistent en un traitement de l'eau de barrage avec la poudre de grains de Moringa oléifera, comme coagulant, préparé selon un protocole établi par [27] à des concentrations volumiques de 10ml, 20ml, 30ml, 40ml et 50ml. Pour cela, ils ont utilisé la méthode dite « Jar-test ». L'eau traitée est ensuite analysée en vue de composition physico-chimique.

II.2 Techniques de prélèvement

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération très délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté. Il conditionne les résultats analytiques et données. Il doit être homogène et représentatif et ne doit pas modifier les caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques de l'eau. La technique de l'échantillonnage est primordiale car il conditionne la pertinence et la fiabilité des résultats de l'analyse. Il doit être précis mais également le mieux planifié dans le temps et l'espace pour qu'il soit le plus représentatif de l'échantillon de l'eau à étudier.

II.3 Flaconnage

L'utilisation des flacons rincés est très importante pour éviter certaines réactions avec l'eau à analyser. Ces flacons doivent être rincés plusieurs fois avec l'eau distillée, puis avec

l'eau à analyser, sans oublier de fermer hermétiquement sans laisser de bulles d'air dans le flacon. .

II.4 Points de prélèvement

Dans ce travail, le prélèvement se fait dans deux points différents le premier point **A** situé à l'entrée de la station, point d'arrivée de l'eau traitée. Le deuxième point de prélèvement est le point **B** représentant la sortie de l'eau traitée. Ils ont prélevé de l'eau filtrée à la sortie de la station dans des conditions réglementaires d'hygiène et d'asepsie (**Fig.4**).



Figure 4 : Localisation des deux points de prélèvement d'eau au niveau de la station (A et B) (in Google earth, 2019).

II.5 LES DIFFERENTS ANALYSES EFFECTUEES

II.5.1. Analyses effectuées au laboratoire de la station de traitement de tychi-haf

a) Le contrôle de la désinfection

Il consiste à contrôler la teneur en chlore résiduel.

b) Les contrôles physico-chimiques

- Paramètres organoleptiques : Odeur, saveur et couleur....etc.
- Paramètres physico-chimiques : La température, le pH, la turbidité, la conductivité, la salinité et la teneur en sel dessous, résidu sec.
- Paramètres de minéralisation globale : Dureté totale, titre alcalimétrique, titre alcalimétrique complet, chlorures, calcium, magnésium et les sulfates.

- Paramètres de pollution : Les nitrites, nitrates et les phosphates.
- Les micropolluants : Aluminium.

c) Le contrôle bactériologique

- Coliformes totaux et fécaux.
- Streptocoques fécaux.
- Clostridium S.R.

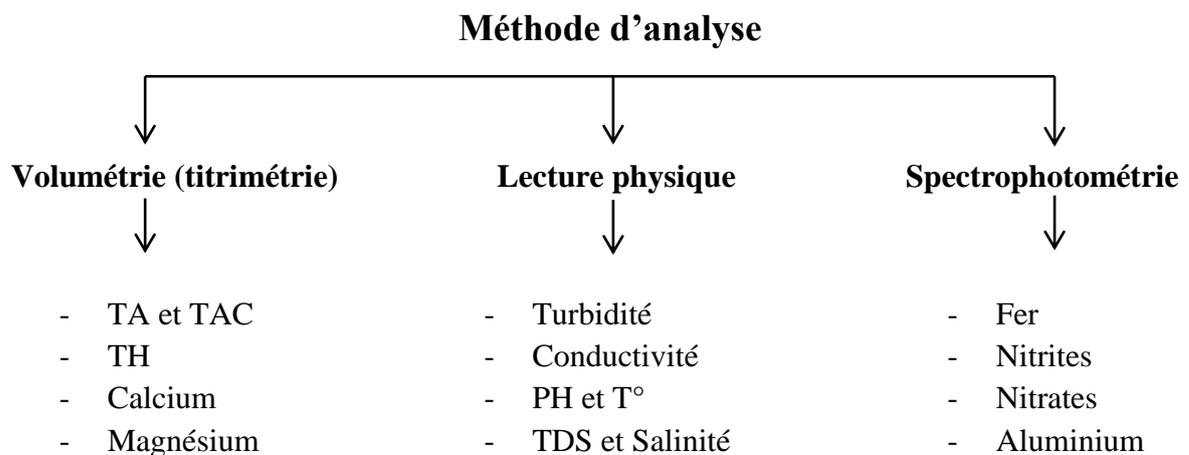


Figure 5 : méthode d'analyses effectuées au laboratoire de la station de traitement de tychi-haf.

III.5.1.1. Potentiel d'hydrogène (pH)

➤ **But :**

Le potentiel hydrogène, plus connu sous le nom de " pH " permet de mesurer l'acidité ou la basicité d'une solution. Le pH de l'eau pure à 25 ° C, qui est égal à 7, a été choisi comme valeur de référence d'un milieu neutre. Il représente la concentration des ions hydrogènes dans une solution, Cette mesure est importante car le pH régit un grand nombre d'équilibres physico-chimiques.

➤ **Principe :**

La détermination électro-métrique du pH s'effectue par mesure de la différence du potentiel entre une électrode en verre et une électrode de référence (calomel-KCl saturé) plongeant dans une même solution. Cette différence de potentiel est une fonction linéaire du pH de la solution.

- **Appareillage** : pH-mètre de marque Hanna muni d'une cellule de verre avec deux électrodes combinées (fig.6).



Figure 6 : Photo d'un pH-mètre de pailleasse [4].

II.5.1.2. Mesure de la conductivité électrique, TDS et salinité

- **Conductivité**

But : La présente méthode d'essai a pour objet de décrire une méthode électrique pour la détermination de la conductivité des eaux.

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, nature des ions, de la température et 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^2 de surface et séparées l'une de l'autre de 1cm^2 . Elle est l'inverse de la résistivité électrique, l'unité de la conductivité électrique est le siemens par mètre (S/m) mais elle est généralement exprimée en micro-Siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

➤ **Salinité**

C'est la masse de sels (composée ionique) dissous dans 1 L d'eau, c'est-à-dire leur teneur globale en sels. Elle s'exprime en g par kg d'eau. L'eau douce et l'eau salée contiennent de nombreux sels minéraux, présents en concentration différentes.

➤ **TDS**

TDS C'est l'abréviation anglophone de « Total dissolved solid-equivalent » en français « solides dissous totaux » (SDT) pour mesurer les matières dissoutes dans une solution, notamment pour déterminer le degré de pureté d'eau ou d'eau ultra pure.

Appareillage : On utilise un appareil multi-paramètres pour mesurer les trois paramètres (conductivité électrique, TDS, salinité) (**Fig. 7**).



Figure 7 : Photo du multi-paramètre de laboratoire [4].

II.5.1.3. Mesure de la Turbidité

But : La turbidité désigne la teneur d'une eau en particules suspendues qui la troublent. Elle est déterminée à l'aide d'une néphélométrie UTN (turbidimètre). L'objet de la présente est de décrire la mesure de la turbidité.

Principe: La turbidité d'une eau est causée par des matières non dissoutes (limon, argile, algue, grain de silice, micro-flocs..). Celles-ci atténuent la radiation incidente et les particules insolubles diffusent la radiation de façon inégale. L'appareil employé fonctionne sur le principe de la mesure diffusée, la longueur d'onde de la radiation incidente est de 860 nm comme recommandé dans la méthode ISO 7027 et ce, afin d'éviter l'influence des matières dissoutes absorbant la lumière, La turbidité est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matière non dissoute.



Figure 8 : Photo du Turbidimètre DR3900 [4].

II.5.1.4. Méthodes titrimétrique et colorimétriques

La titrimétrie comprend l'ensemble des méthodes analytiques basées sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par une solution de concentration connue, en présence d'un indicateur coloré.

- **TH :** Il est déterminé par complexométrie, le dosage est fait sous agitation. Les réactifs utilisés sont : une solution tampon ammoniacal à pH 10, de l'EDTA (0.02N) et un indicateur complexométrique le noir eriochrome T (NET) (Annexe I).
- **TA et TAC:** Sont déterminés par dosage acido-basique. Les mesures sont réalisées en neutralisant un certain volume V_0 d'eau, par l'acide sulfurique H_2SO_4 , de normalité 0.1 N, en présence de phénolphtaléine pour le TA, et en présence de méthylorange pour le TAC (Annexe III).
- **Dosage des chlorures Cl^- .**

But : La détermination des chlorures se fait par la méthode de Mohr, en milieu neutre (le pH de l'eau à analyser doit être, entre 5 à 9). Lors de notre étude, ils ont utilisé : une solution de nitrate d'argent AgNO_3 (0,1 N) et conservée dans l'obscurité et une solution indicatrice K_2CrO_4 (10%).

Principe : Les chlorures sont précipités en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge-marron caractéristique du chromate d'argent (Annexe II).

II.5.1.5. Dosage du calcium méthode titrimétrique à L'EDTA

But : Cette méthode d'essai a pour objet la détermination du dosage de calcium par la méthode titrimétrique à l'EDTA.

Principe : Le titrage des ions calcium avec une solution aqueuse de l'EDTA A un pH compris entre 12 et 13. L'indicateur utilisé est le murexide qui forme un complexe rose avec le calcium lors du titrage, l'EDTA réagit avec les ions calcium, l'indicateur vire alors de la couleur rose à la couleur violet (Annexe I).

II.5.1.6. l'oxydabilité au permanganate de potassium avec la méthode à chaud en milieu acide

But : La méthode décrit la détermination de l'indice de KMNO_4 ou « oxydabilité », permettant d'évaluer la contamination en matières organiques et matières inorganiques oxydables dans des eaux peu ou moyennement polluées.

Principe : L'indice de permanganate d'une eau est la concentration en masse d'oxygène équivalente à la quantité d'ions permanganates consommée quand un échantillon d'eau est traité par le permanganate dans les conditions définies. L'échantillon d'eau est en présence d'une quantité connue de permanganate de potassium et d'acide sulfurique pendant une période donnée (10minutes). Une partie du permanganate est réduite par les matières oxydables de l'échantillon. L'excès de permanganate est déterminé par addition d'un excès d'oxalate, suivie par un titrage de l'oxalate en excès par du permanganate (principe du titrage en retour).

II.5.1.7. Détermination des résidus secs

But: Le résidu sec représente le taux des éléments minéraux dissous et recueillis après évaporation d'un échantillon d'eau à 105°C . Selon les quantités recueillies, elles sont classifiées comme suit :

- Résidu sec > 1500 mg/l: eau riche en sels minéraux.
- 1500mg/l > résidu sec >500mg/l : eau moyennement minéralisée.
- 500mg/l > résidu sec >50mg/l: eau faiblement minéralisée.
- Résidu sec < 50mg/l; eau très faiblement minéralisée.

Principe : L'évaporation au bain d'eau bouillante d'un volume d'eau choisie en fonction des quantités de matières fixes présentes, dessiccation à l'étuve à température donnée et pesée du résidu.

II.5.1.8. Dosage du fer par spectrophotométrie Matériel et méthodes

But : La présente méthode d'essai spécifie une méthode spectrométrique à la phénantroline pour le dosage du fer dans l'eau.

Principe : L'addition d'une solution de phénantroline 1.10 à une prise d'essai et mesurage photométrique du complexe rouge- orange à une longueur d'onde de 510 nm. Le complexe ter (II- phénantroline-1.10 est stable dans l'intervalle de pH de 2.5 à 9 et l'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité du fer (Annexe III). Appareillage : un spectrophotomètre DR6000 (Fig. 9).

II.5.1.9. Dosage de l'aluminium par spectrophotométrie

But : L'objet de cette présente méthode décrit le dosage de faibles concentrations des Al_3^+ jusqu'à 20 ug/l en utilisant une méthode colorimétrique à l'ériochrome cyanine.

Principe : La réaction de l'aluminium avec l'ériochrome cyanine à un pH de 5.9 en présence de l'acétate d'ammonium. Appareillage : Un spectrophotomètre DR6000 (Fig.9)

II.5.1.10. Dosage des nitrates par spectrophotométrie

But : Cette méthode d'essai a pour objet le dosage spectrométrique des nitrates par la méthode au salicylate de sodium.

Principe : En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitro-salicylate de sodium, coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique (Annexe IV).

Appareillage : spectrophotomètre DR6000 (Fig. 9).

II.5.1.11. Dosage des nitrites par spectrophotométrie

But : L'objet de cette présente méthode décrit le dosage des nitrites dans les eaux par spectrométrie d'absorption moléculaire.

Principe : La réaction des ions nitrites présents dans une prise d'essai, à pH 1.9 avec le réac amino-4 benzène sulfonamide en présence d'aide ortho phosphorique pour former un diazoïque qui forme un complexe de coloration rose avec le dichlor-hydrate de N-(naphtyl-1)diamino-1,2 éthane (ajouter avec le réactif amino-4 benzène sulfonamide) mesurage l'absorbance à 540 nm (annexe IV).

Appareillage : spectrophotomètre DR6000 (Fig.9).

II.5.1.12. Dosage de l'ammonium par spectrophotométrie à l'aide du salicylate de sodium

But: Ce protocole spécifie une méthode par spectrométrie d'absorption moléculaire pour le dosage d'ammonium dans les eaux potables, eaux brutes, et eaux résiduaires

Principe : Le mesurage spectrométrique du compose bleu former par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitroprussiate de sodium ($\text{Na}_2[\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO}]$). Les ions hypochlorites sont générés in-situ par hydrolyse alcaline du sel de sodium du dichoroisocyanurate de sodium (Annexe V).

Appareillage : spectrophotomètre DR6000. (Fig. 9).

II.5.1.13. Détermination des sulfates

But : L'objet de la présente est de décrire la détermination des sulfates par spectroscopie.

Principe : Les ions sulfates sont précipités et dosés à l'état de sulfate de baryum suivant la réaction :



Figure 9 : Photo du spectrophotomètre DR6000 [4].

II.5.1.14. Dosage du sodium et du potassium par spectrophotométrie de flamme

Principe : La photométrie de flamme consiste à vaporiser dans une flamme de gaz de butane, une dilution aqueuse du plasma à analyser. Le changement de coloration de la flamme est analysé grâce à une cellule photoélectrique. L'intensité de la coloration est en rapport avec la concentration en ions Na et en ions K (**Fig.10**).



Figure 10 : Photo du spectrophotomètre à flamme Jenway [4].

II.5.1.15. Analyses bactériologiques

L'objectif de l'analyse bactériologique d'une eau n'est pas d'effectuer un inventaire de toutes les espèces présentes, mais de rechercher soit celles qui sont susceptibles d'être pathogènes, soit celles qui sont indicatrices de contamination fécales.

L'analyse n'est pas seulement qualitative mais aussi quantitative. Il faut signaler qu'un examen bactériologique ne peut être interpréter que s'il est effectué sur un échantillon correctement prélevé dans un récipient stérile, selon un mode opératoire précis évitant toutes les contaminations accidentelles, correctement transporté au laboratoire et analysé sans délai ou après une courte durée de conservation dans des conditions satisfaisantes.

L'analyse complète de l'eau brute a été effectuée en se basant sur les paramètres suivants :

- Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux.
- Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux.
- Recherche et dénombrement des Clostridium S.R.

Principe de la méthode

La méthode utilisée c'est le dénombrement par filtration sur membrane qui retient les microorganismes. Après avoir filtré sous vide 100 ml de l'échantillon sur une membrane millipore stérile, dont la porosité est de 0.45 μ m. Cette dernière est déposée sur le milieu de culture spécifié pour chaque germe recherché, puis incubé dans la température optimale pour la multiplication des germes. Durant l'incubation, des colonies se forment à la surface de la membrane (Annexes VII, VIII, IX, X).

Appareillage: Rampe de filtration en acier inoxydable stérilisable (**Fig. 11**).

- ✓ Membranes de filtration stérile
- ✓ Pincés
- ✓ Etuves à 37° C° et à 44°C
- ✓ Boite de pétri
- ✓ Bec bunsen
- ✓ Pipettes stériles à usage unique.



Figure 11 : Photo de la rampe de filtration en acier [4].

II.6 Analyses effectuées au laboratoire de l'université

Par manque de réactifs et de matériels l'ensemble des analyses n'ont pas été réalisés. Afin de pouvoir faire une comparaison des deux modes de traitement, chimique et biologique, nous avons ciblé quelques paramètres indicateurs de pollution tels que:

a) Les contrôles physico-chimiques

- Paramètres physico-chimiques: La température, le pH, la turbidité, la conductivité, la salinité et la teneur en sel dessous.
- Paramètres de minéralisation globale : Dureté totale, titre alcalimétrique, titre alcalimétrique complet, chlorures, calcium, magnésium et les sulfates.
- Paramètres de pollution : les nitrates, Zinc, Plomb, cadmium.

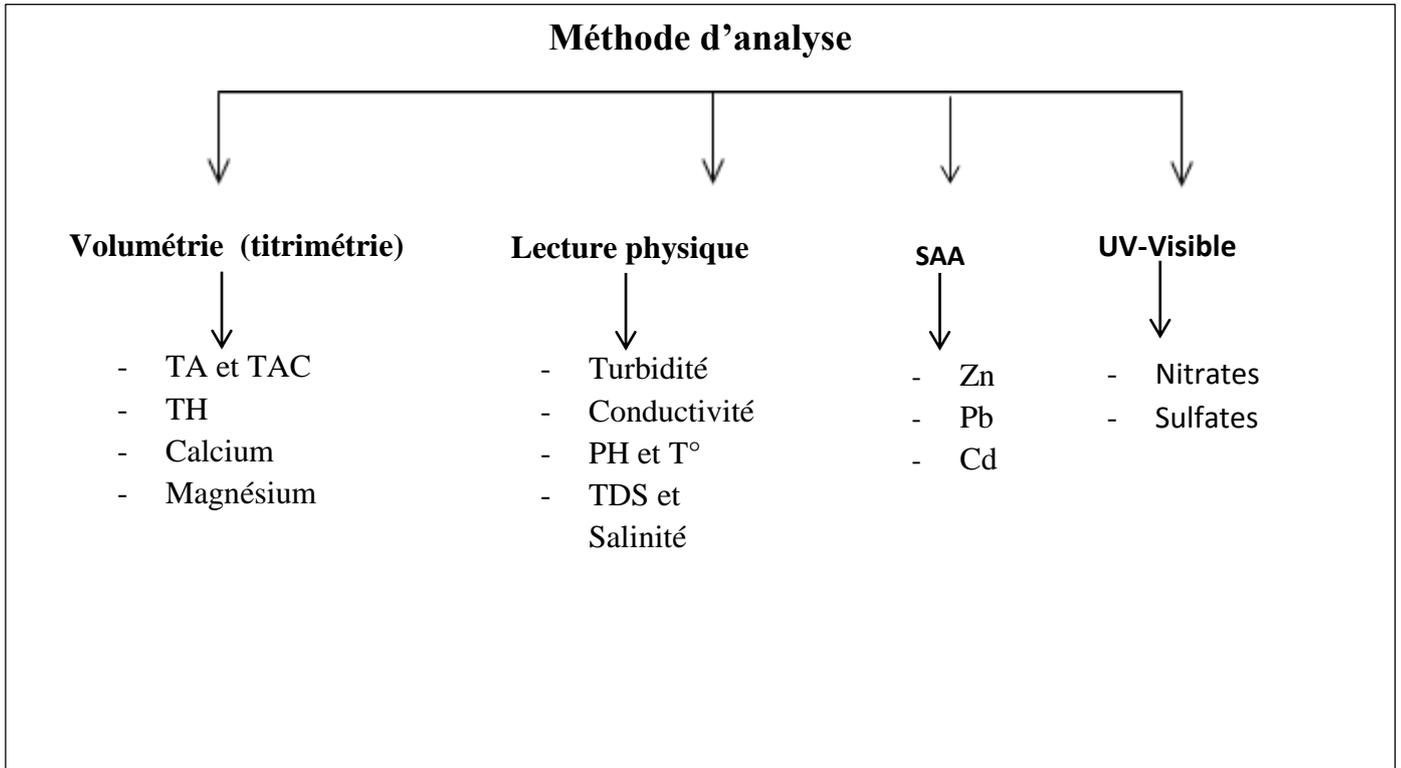


Figure 12 : méthode d'analyses effectuées au laboratoire de l'université bejaia.

II.6.1 Essai jar-test

But : Le jar-test est une procédure expérimentale simulant la coagulation/floculation qui permet de déterminer sur un échantillon donné la dose optimale de coagulant et de floculant.

Principe : A des volumes identiques d'eau à traiter, ils injectent des quantités croissantes de coagulant de façon à déterminer la dose permettant d'obtenir une eau de meilleure qualité possible. Une fois la dose optimale de coagulant obtenue, ils injectent des quantités croissantes de floculant de façon à déterminer la dose qui permet d'obtenir une eau clarifiée de meilleure qualité possible.

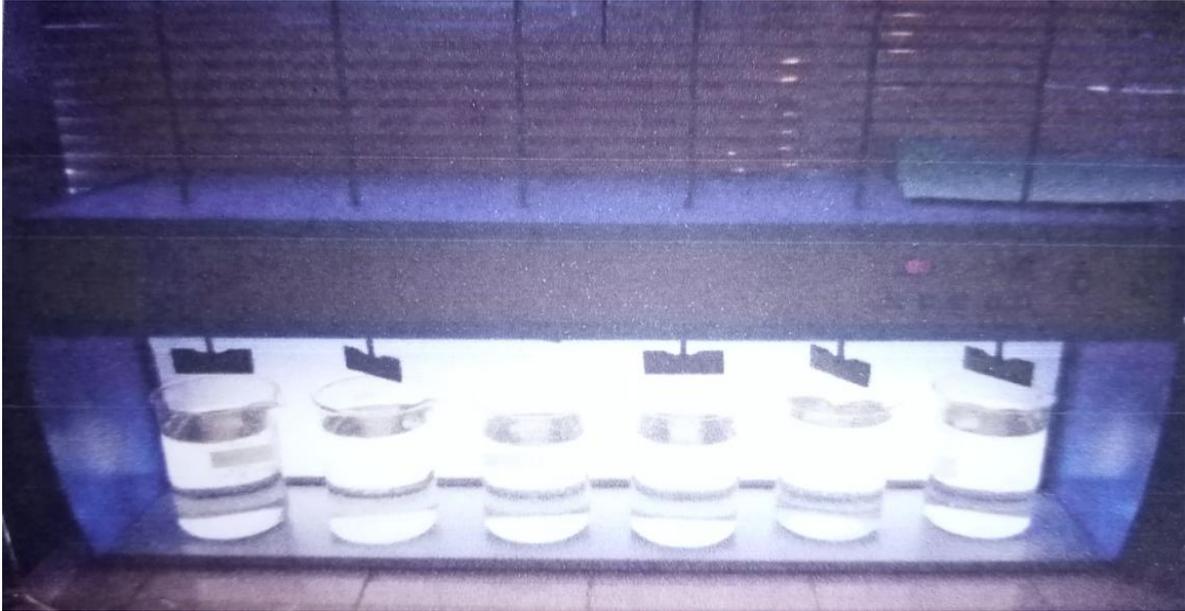


Figure 13 : Jar-test de laboratoire [4].

II.6.2 L'extraction de la poudre de *Moringa Oleifera*

Le mode opératoire en général

- 1) Il décortique les graines (retirées les ailes et l'enveloppe autour de l'amande) pour avoir des graines blanches ou jaunâtre (amandes).
- 2) Il broie les amandes et tamiser la poudre avec un tamis de 0.8mm
- 3) Il mélange la poudre obtenue avec de l'eau propre pour former une pâte
- 4) Il dilue la pâte avec une eau propre pour avoir une solution mère à 2% brassé vigoureusement la solution durant 5 minutes pour faire réagir les éléments chimiques de poudre.
- 5) Il filtre à travers un tissu de mousseline, pour retirer le matériel insoluble, pour avoir la solution mère qui a une apparence laiteuse
- 6) Il injecte la solution mère dans l'eau à traiter ; agiter rapidement pendant 1 à 2 min. En suite une agitation lente pendant 5 à 15 minutes
- 7) Il laisse l'eau traitée reposer durant 1 à 2 heures;
- 8) Il récupère l'eau propre après décantation [27]. **(Fig.13).**



Figure 14 : Etapes de la dilution de la poudre de Moringa O. dans l'eau [4].

La figure 14 le montre :

(1) Graines de M.O non décortiquées ; (2) Graines de M.O. Décortiquées ; (3) Tamis contenant de la poudre de M.O. Après broyage ; (4) pâte formée à partir de la poudre de M.O. ; (5) Becher contenant la pâte diluée avec un peu d'eau ; (6) Une bouteille d'un litre d'eau contenant la première dilution; (7) Filtration à traverser un tissu de mousseline ; (8) Des échantillons d'eau a traité sous jar-test après avoir injecté différentes doses de la dilution préparée.

Dans cette partie du travail, ils ont préparé une dilution à base de la poudre de *Moringa oletfera*, comme la montre la figure ci-dessus, au niveau du laboratoire d'écologie situe au Bloc n°12 de l'université de Bejaia, est préparée.

Après avoir traitée l'eau brute prélevé à l'entrée de la station, avec le *Moringa oleifera*, ce dernier est récupérer, filtré sur papier filtre puis stocké dans des bouteilles de 500ml est conservé au frais.

Au niveau du laboratoire de génie des procédés situés au bloc 11 et au laboratoire n°12 d'écologie on a pu analyser les éléments suivant sont analysés:

pH, T°, conductivité, turbidité, salinité, TDS, résidu sec à 105°C, NO₃⁻, Ca²⁺, Mg²⁺, Cl⁻, So₄²⁻ HCO₃, TH, TA, TAC, Zn, Pb, Cd.

Conclusion

Dans ce deuxième chapitre, on expose les différentes méthodes d'analyses et mesures des paramètres physico-chimiques faites à la station de traitement de Tychi-haf ainsi que celle du laboratoire de l'université de Bejaia.

CHAPITRE III
ÉTUDE
COMPARATIVE

Introduction

Ce chapitre est consacré à la présentation des de résultats des années 2012 et 2019, ainsi leurs discussions et comparaison entre eux.

III.1 Présentation des résultats année 2012 et leurs discussions

III.1.1 Résultats (2012)

III.1.1.2 Caractéristiques physico-chimiques des eaux du barrage Tychi-haf

Dans la recherche des facteurs écologiques qui peuvent jouer un rôle dans le développement des algues, Ils ont mesuré quelques paramètres physico-chimiques des eaux du milieu de vie des algues récoltées. L'évolution de ces paramètres durant la période d'étude est représentée dans le tableau 4.

Tableau 4 : Récapitulatif des résultats des paramètres physico- chimiques des eaux de surface du barrage Tychi-haf durant le période d'étude (février, début de mai, 2012).

| Dates des prélèvements | 27 février | 14 Mars | 02 Avril | 10Avril | 02 Mai | Moyennes | Normes |
|----------------------------|------------|---------|----------|---------|---------|----------|----------------|
| Nombres de prélèvements | 03 | 03 | 03 | 03 | 03 | | |
| Températures de l'eau (°C) | 15,5 | 10,2 | 19,63 | 14 ,84 | 17,3 | 15,5 | 25 |
| Températures de l'air (°C) | 17,2 | 13,25 | 22,8 | 18,33 | 20,5 | 18,41 | Non mentionné |
| Salinité (mg/l) | ** | 615 | 754,33 | 578,66 | 729 | 480 | Non mentionné |
| Conductivité (µs/cm) | ** | 694 | 1310,33 | 1380 | 1479,66 | 1198,5 | 2800 |
| pH | 8,8 | 8,01 | 8,46 | 8,17 | 8,12 | 8,19 | ≥ 6.5 et ≤ 9.5 |
| Oxygène Dissous (mg/l) | ** | 6,12 | 4,97 | 4,27 | 7,84 | 6,86 | Non mentionné |
| Nitrates (mg/l) | 28,7 | 26,93 | 17,98 | 65,34 | 54,04 | 38,59 | 50 |
| Nitrites (mg/l) | 2,66 | 11,95 | 29,04 | 66,19 | 64,26 | 34,82 | 0,5 |
| Orthophosphates (mg/l) | 0,45 | 3,91 | 1,46 | 4,15 | 2,45 | 2,48 | 5 |
| Chlorures (mg/l) | 155 | 275,6 | 249,33 | 347,33 | 276,23 | 260,698 | 250 |

Nb : ** = absence de mesure

III.1.1.2 Températures de l'eau et de l'air

L'évolution des températures de l'eau et de l'air (Tableau 4), montre que les températures de l'eau de la station d'étude suivent considérablement la même évolution que celles de l'air. Ces températures oscillent entre 10,2 et 19, 63 °C, présentant un minimum, le 14 mars avec une valeur de 10,2°C, et un maximum enregistré le 02 avril qui est de 19,63°C. La moyenne des températures enregistrées est de 15, 5 °C.

Les valeurs obtenues pour les températures de l'eau sont toujours inférieures à celles de la température de l'air, les grands écarts de températures enregistrés entre l'eau et l'air pourraient être dus aux mesures matinales, toutefois les températures de l'eau restent dépendantes de l'insolation et donc de la température de l'air.

III.1.1.3 pH

La dynamique du potentiel hydrogène de la station d'étude (tableau 4), montre que les eaux du barrage sont de nature alcaline. En effet, le pH moyen est de 8,19. Le maximum étant enregistré au début de l'étude (27-février) avec une valeur de 8,8, puis il diminue à sa valeur minimale, le 14-mars avec 8,01. Ils remarquent une certaine stabilité de pH pour toute la période d'étude.

III.1.1.4 Oxygène dissous

Les concentrations en oxygène dissous de la station d'étude (Tableau 4), sont très variables. Les teneurs en oxygène dissous diminuent progressivement du 14 février de 6,12 mg/l jusqu'à 4,27 mg/l valeur minimale enregistrée le 10 avril. La teneur maximale est enregistrée le 7,84 mg/l vers le début du mois de mai. La teneur moyenne en oxygène est de 6,86 mg/l.

III.1.1.5 Salinité

Les eaux de la surface du barrage sont caractérisées par une salinité qui varie entre 578,66 et 754,33, avec une moyenne de 480 mg/l de chlorures de sodium. Le maximum étant mesuré en début d'avril avec une teneur de 754,33 mg/l et le minimum en 10 avril avec une teneur de 578,66 mg /l.

III.1.1.6 Conductivité électrique

Les conductivités (charge ionique) enregistrées pour ce barrage sont élevées durant toute la période d'étude, présentant un maximum au début du mois de mai qui est de 1479,66 $\mu\text{s/cm}$, et un minimum au mois de mars qui est de 694 $\mu\text{s/cm}$. La conductivité moyenne pour toute la période d'étude est de 1198,5 $\mu\text{s/cm}$. Le tableau 4 montre l'évolution de la conductivité au cours de temps.

III.1.1.7 Nitrates

Les teneurs en nitrates oscillent entre 17 ,98 mg/l et 65, 34 mg/l ; la moyenne étant de 38,598 mg /l.

III.1.1.8 Nitrites

C'est la forme prépondérante de l'azote minéral, les concentrations ont enregistré des variations significatives au cours de la période d'étude. Ils ont enregistré une valeur minimale de 2,66 mg/l en février et une teneur maximale de 66,20 mg/l le 10 avril. La teneur moyenne en nitrites enregistrée est de 34,82 mg/l.

III.1.1.9 Orthophosphates

La charge en orthophosphates (PO₄) durant la période d'étude est de 0,45 mg/l au mois de février correspondant à la valeur minimale et de 4,15 mg/l comme valeur maximale enregistrée le 10 avril. La teneur moyenne étant de 2,48 mg/l.

III.1.1.10 Chlorures

Les concentrations en chlorures ne connaissent pas de variations significatives. En effet elle est presque stable au mois de février, avril et mai qui sont respectivement 0,15 mg/l, 0,25 mg/l et 0,27 mg/l. Leur maximum est au mois de mars avec une concentration de 2,75 mg/l leur teneur moyenne en chlorures est de 2,60 mg/l.

III.1.2 Discussions(2012)

III.1.2.1 Analyses des paramètres physico-chimiques

L'étude de l'évolution des paramètres physico chimiques des eaux du barrage Tychi-haf indique une hétérogénéité spatiale à court terme très apparente.

Ils ont discuté leurs résultats en comparaison avec les normes de Décret (N° 2001- 1220, 2001) représenté dans le tableau suivant :

Tableau 5 : les Paramètres de qualité de l'eau de consommation humain (**document interne algérienne des eaux, 2019**)

| Paramètre | Unités | Normes algériennes | | Normes OMS | |
|--------------------|--------|--------------------|-------|------------|---------------|
| | | *CR | **CMA | CR | CMA |
| Ph | - | 6.5/8.5 | / | 7/8.5 | 6.5/9.2 |
| Température | °C | 20 | 25 | - | Non mentionné |
| Conductivité | Mg/l | - | 2800 | - | Non mentionné |
| Résidu sec a 105 | uS/cm | - | 2000 | 500 | 1500 |
| Turbidité | NTU | 1 | 2 | 1 | 5 |
| Dureté totale (TH) | Mg/l | 100 | 500 | 100 | 500 |
| Calcium | Mg/l | 75 | 200 | - | Non mentionné |
| Magnésium | Mg/l | - | 150 | - | 150 |
| Sodium | Mg/l | - | 200 | - | Non mentionné |
| Potassium | Mg/l | - | 20 | - | Non mentionné |

| | | | | | |
|-------------------|-------|------|-----|------|---------------|
| Sulfate | Mg/l | 200 | 400 | - | 250 |
| Chlorure | Mg/l | 200 | 500 | 200 | 250 |
| Nitrate | Mg/l | - | 50 | - | 50 |
| Nitrite | Mg/l | - | 0.1 | - | 0.1 |
| Aluminium | Mg/l | - | 0.2 | - | 0.2 |
| Ammonium | Mg/l | 0.05 | 0.5 | - | 0.5 |
| Phosphate | Mg/l | - | 0.5 | - | Non mentionné |
| M. organiques | Mg/l | - | 3 | - | Non mentionné |
| Métaux lourds | Mg/l | - | 0.3 | 0.05 | 0.3 |
| Fer | | - | 0.3 | 0.1 | 0.3 |
| Manganèse | Mg/l | - | 0.5 | 0.05 | 0.1 |
| Coliformes totaux | N 1ml | - | <10 | | <10 |
| e-coli | N 1ml | | <10 | | <10 |

III.1.2.2 Température de l'eau et du l'air

Les eaux du barrage durant la période s'étalant de février à mai 2012 ont une température moyenne de 15.49 C°. D'une manière générale, les températures sont inférieures à celles de l'air, Ceci peut être due aux mesures matinales (10 :00 h), toutefois les températures de l'eau restent dépendantes de l'insolation et donc de la température de l'air.

Les faibles valeurs enregistrées en février et mars 2012 restent caractéristiques du climat de la région.

III.1.2.3 Potentiel hydrogène (pH)

Le pH des eaux du barrage est alcalin (8 ,19 en moyenne). Cette valeur est comprise dans l'intervalle exigée par les normes algériennes (Tableau 5).

D'après VALENTINE (2004) la présence du phytoplancton est à l'origine de l'augmentation du pH dans l'eau .Grâce à la photosynthèse, il y a libération de l'oxygène, ce qui augmentera sa concentration et la consommation de CO2 entrainant l'élévation du pH. D'après DAJOZ (1985) les milieux qui présentent un pH supérieur à 7 sont dits eutrophes.

III.1.2.4 Salinité et conductivité

L'eau du barrage Tychi-haf présente une salinité moyenne de 480 mg/l. Cette valeur de salinité peut être expliquée Selon SANCHEZ (1992), à la libération des ions des sédiments. Cette salinité peut être due aussi à la nature minérale des eaux provenant de L'Oued Boussellam et de celui de la Soummam, qui reçoivent les eaux thermales et minérales de hammam Sidi Yahia et d'autres rejets d'industries diverses installées le long de ces deux oueds.

Les faibles teneurs (578,66 mg/l) enregistrées en avril 2012 coïncident avec les fortes pluies que la région a reçues.

Les valeurs de la conductivité mesurées lors des différents prélèvements varient entre 1479,66 et 694 $\mu\text{s}/\text{cm}$, toutefois, elles restent dans les normes établies pour des eaux de la surface. ($>3000 \mu\text{s}/\text{cm}$) (Tableau 5). Il note une forte variation de la conductivité durant les cinq sorties. La forte valeur enregistrée lors du dernier prélèvement (1479,66 $\mu\text{s}/\text{cm}$) pourrait s'expliquer par les déversements des eaux usées domestiques provenant des villages à proximité (Bouhamza, Mahfodha, Tansawth..) et des eaux chargées provenant de l'Oued Boussellam.

III.1.2.5 Oxygène dissous

La teneur en oxygène dissous est en moyenne de (5,73 mg/l) qui révèle une eau de qualité acceptable ($\text{OD} < 5 \text{ mg/l}$). Pour l'embouchure de Oued Boussellam il constate que les concentrations mesurées sont plus faibles (4,7 mg/l) correspondant à une qualité médiocre des eaux (3 à 5), l'origine de cette baisse d'oxygène peut être liée selon SANCHEZ (1992) ; et GOUJOU (1995) à l'activité photosynthétique ou à l'oxygène dissous atmosphérique

Durant la dernière sortie, ils ont noté une augmentation des teneurs en oxygène dissous (7,84 mg/l) qui est peut être liée selon NJUNE et al, (2007) à des fortes précipitations qui entraînent souvent une légère élévation du taux de saturation en oxygène dissous.

III.1.2.6 Propriétés organoleptiques

Couleur : les eaux naturelles sont toujours plus au moins colorées et cette coloration varie de jaune paille à peine perceptible au brun rougeâtre.

Sur les lieux, ils ont observé une couleur brun verdâtre de l'eau du barrage. Les matières colorantes qui sont les plus souvent d'origine naturelle, proviennent de la dégradation des végétaux morts, phytoplanctons, les métaux...etc.

Odeur : une odeur d'herbe frais et d'autres odeurs désagréables se dégagent des eaux du barrage. Cependant, en l'absence d'analyses plus précises, ils n'ont pu en déterminer les causes. Généralement, les odeurs résultent de la présence excessive de matières biologiques comme les algues ou industrielles comme le chlore libre actif.

III.1.2.7 Nitrates

Les concentrations en nitrates varient entre 17,98 mg/l et 65,34 mg/l ; la moyenne étant de 38,598 mg/l. Les teneurs élevées observées en avril (65,34 mg/l) et en début mai (54,04

mg/l) peuvent être expliquées par la forte pluviométrie et les ruissellements qui augmentent les débits des cours d'eau qui se trouvent chargés d'éléments organiques

rajoutés aux apports importants d'eaux usées émises par les habitants de plusieurs villages avoisinants (Aguemoune Tachewaft ,Tizekht et Tansawth ...).

III.1.2.8 Orthophosphates

Ces formes de phosphates correspondent à la forme directement assimilable par les plantes et fournissent des informations précieuses sur la pollution des eaux par les activités humaines.

La teneur moyenne calculée pendant nos prélèvements est de 2.48 mg/l. Ces valeurs sont petites en comparaison avec la valeur normale des eaux de surface. Les teneurs enregistrées sont probablement liées aux rejets ponctuels des industries et proviennent essentiellement de l'oued Boussellam et l'Oued Soummam principaux affluents du barrage Tychi-haf.

Au mois de février, une diminution en phosphates a été observée (0,45 mg/l); elle peut s'expliquer selon GOUZE et al (2005), par le phytoplancton qui utilise le phosphate nécessaire à son développement et sa survie.

III.1.2.9 Chlorures

L'analyse des mesures effectuées montrent que la concentration en chlorures varie entre 155 et 347 mg/l avec une moyenne de 260,7. En comparant avec les normes établies (Tableau 5), ces valeurs dépassent la norme (250 mg/l). Ces augmentations en chlorures peuvent être causées par l'intensité des rejets domestiques (produits ménagers et détergents) qui renferment habituellement une quantité importante en chlorures.

Par ailleurs, les concentrations les plus élevées en chlorures ont été enregistrées au niveau de l'embouchure de l'Oued Boussellam qui constitue un point de déversement de grandes quantités d'eaux usées domestiques distant d'à peine 2 km de barrage Tychi-haf.

III.1.2.10 Nitrites

D'après les résultats d'analyses il remarque que les teneurs en nitrites suivent un rythme équivalent à celui des nitrates, les teneurs se situent entre 2.66 et 66.19 mg/l avec une moyenne de 34 ,82 mg/l la plus part de ces valeurs dépassent la norme qui est de 1 mg/l.

L'examen du tableau 4 montre que les NO₂ augmentent dans le temps et sont élevées dans les prises du 2 mai 2012. L'augmentation de ces teneurs pourrait être attribuée aux apports en éléments nutritifs provenant des différentes sources de pollution.

Elle pourrait également expliquer la forte présence d'Euglenophyceae, classe réputée pour sa préférence aux matières organiques.

III.2 Présentation des résultats année 2019 et leurs discussions

III.2.1 Résultats (2019)

Les résultats des analyses physico-chimiques, des éléments traces métalliques et éléments majeurs (Cations et anions) de l'eau brute ayant subi la coagulation –floculation par l'alun et par M.Oleifera en tant que coagulants et floculats, sont présentés dans le tableau suivants :

Tableau 6 : Résultats des paramètres physico –chimiques des eaux traitées avec les sulfates d'aluminium et M.Oleifera :

| Paramètres | N.OMS | Unités | E.B.* | Traitement avec sulfates d'aluminium | Traitement avec le M.O. | | | | | Moyenne | Ecart type | Coef. De variati | maximum | minimum |
|--------------|---------|-----------|-------|--------------------------------------|-------------------------|------------|------------|------------|------------|---------|------------|------------------|---------|---------|
| | | | | E.T.** | Ech. 10 ml | Ech. 20 ml | Ech. 30 ml | Ech. 40 ml | Ech. 50 ml | | | | | |
| pH | 6,5-8,5 | / | 7,95 | 8,1 | 8,1 | 8,12 | 8,12 | 8,09 | 8,03 | 8,09 | 0,04 | 0,005 | 8,12 | 8,03 |
| Température | 20-25 | °C | 13,1 | 13,1 | 15 | 16,9 | 15,21 | 16,9 | 18,6 | 16,52 | 1,46 | 0,09 | 18,6 | 15 |
| conductivité | 2800 | µs/cm | 1255 | 1257 | 1062 | 1046 | 1010 | 1031 | 1037 | 1037,2 | 19,15 | 0,02 | 1062 | 1010 |
| Turbidité | 5 | NTU | 0,96 | 0,1 | 1,93 | 2,62 | 3,4 | 3,87 | 2,3 | 2,82 | 0,8 | 0,28 | 3,87 | 1,93 |
| Salinité | / | / | 0,62 | 0,63 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,61 | 0,01 | 0,02 | 0,63 | 0,6 |
| TDS | / | Mg/l | 620 | 623 | 667 | 665 | 662 | 651 | 650 | 669 | 7,97 | 0,01 | 667 | 650 |
| TH | 500 | Mg/lcaco3 | 456 | 461 | 266 | 250 | 264 | 276 | 280 | 267,2 | 11,71 | 0,04 | 280 | 250 |
| TA | / | Mg/lcaco3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TAC | / | Mg/lcaco3 | 230 | 230 | 55,2 | 55,2 | 55,2 | 47,2 | 47,2 | 52 | 4,38 | 0,08 | 55,2 | 47,2 |
| Résidu sec | 2000 | Mg/l | 806 | 804 | 200 | 800 | 400 | 400 | 400 | 440 | 219,09 | 0,5 | 800 | 200 |

Tableau 7 : Résultats des éléments traces métalliques pour les eaux traitées avec le M. Oleifera

| Paramètres | N.OMS | Unités | E.B.* | Traitement avec sulfates d'aluminium | Traitement avec le M.O. | | | | | Moyenne | Ecart type | Coef. De varia | maximum | minimum |
|----------------------|---------|--------|-------|--------------------------------------|-------------------------|------------|------------|------------|------------|---------|------------|----------------|---------|---------|
| | | | | E.T.** | Ech. 10 ml | Ech. 20 ml | Ech. 30 ml | Ech. 40 ml | Ech. 50 ml | | | | | |
| Zinc (Zn) | 3 | Mg/l | / | / | 0,916 | 0,425 | 0,316 | 0,43 | 0,03 | 0,42 | 0,32 | 0,76 | 0,916 | 0,03 |
| Plomb (Pb) | 0,2-0,3 | Mg/l | / | / | 0,004 | 0,005 | 0,007 | 0,005 | 0,03 | 0,01 | 0,011 | 1,09 | 0,03 | 0,004 |
| Cadmium (Cd) | 0,003 | Mg/l | / | / | 0,002 | 0,002 | 0,003 | 0,002 | 0,003 | 0,002 | 0,0005 | 0,03 | 0,003 | 0,002 |
| * E.B. : Eau brute | | | | | | | | | | | | | | |
| ** E.T : Eau traitée | | | | | | | | | | | | | | |

Tableau 8 : Résultats chimiques des cations des eaux traitées avec les sulfates d'aluminium et le M. Oleifera

| Paramètres | N.OMS | Unités | E.B.* | Traitement avec sulfates d'aluminium | Traitement avec le M.O. | | | | | Moyenne | Ecart type | Coef. De varia | maximum | minimum |
|----------------------|-------|--------|-------|--------------------------------------|-------------------------|------------|------------|------------|------------|---------|------------|----------------|---------|---------|
| | | | | E.T.** | Ech. 10 ml | Ech. 20 ml | Ech. 30 ml | Ech. 40 ml | Ech. 50 ml | | | | | |
| Ca ²⁺ | 200 | Mg/l | 144 | 144 | 154 | 134 | 120 | 130 | 110 | 129,6 | 16,52 | 0,13 | 154 | 110 |
| Mg ²⁺ | 150 | Mg/l | 23 | 24 | 23,23 | 31,91 | 34,84 | 35,84 | 41,14 | 33,39 | 6,59 | 0,2 | 41,14 | 23,23 |
| * E.B. : Eau brute | | | | | | | | | | | | | | |
| ** E.T : Eau traitée | | | | | | | | | | | | | | |

Tableau 9 : Résultats chimiques des anions des eaux traitées avec les sulfates d'aluminium et le M. Oleifera

| Paramètres | N.OMS | Unités | E.B.* | Traitement avec sulfates d'aluminium | Traitement avec le M.O. | | | | | Moyenne | Ecart type | Coef. De variat | maximum | minimum |
|-------------------------------|-------|--------|-------|--|-------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------|------------|-----------------|---------|---------|
| | | | | E.T.** | Ech. 10 ml | Ech. 20 ml | Ech. 30 ml | Ech. 40 ml | Ech. 50 ml | | | | | |
| Cl ⁻ | 500 | Mg/l | 110 | 120 | 404 | 353,5 | 202 | 101 | 101 | 232,3 | 141,04 | 0,61 | 404 | 101 |
| HCO ₃ ⁻ | / | Mg/l | 281 | 281 | 67,34 | 67,34 | 67,34 | 57,58 | 57,58 | 63,44 | 5,345 | 0,08 | 67,34 | 57,58 |
| SO ₄ ²⁻ | 400 | Mg/l | 304 | 320 | 205 | 215 | 165 | 165 | 157 | 181,4 | 26,55 | 0,15 | 215 | 157 |
| NO ₃ ⁻ | 50 | Mg/l | 4,49 | 4,3 | 1,5 | 2,5 | 2,8 | 4,1 | 4,8 | 3,14 | 1,31 | 42 | 3,14 | 1,5 |
| * E.B. : Eau brute | | | | | | | | | | | | | | |
| ** E.T : Eau traitée | | | | | | | | | | | | | | |

III.2.2 Discussions(2019)

III.2.2.1 Paramètres physicochimiques

III.2.2.1.1 Potentiel hydrogène (pH)

D'après les résultats des variations du pH (tableau 06). Obtenu par le traitement au stalle d'aluminium, ils notent que les valeurs du pH de l'eau brute et de l Les eaux traitées ne changent pas beaucoup. Elles varient entre 7.95 et 8.1: Les eaux du barrage de Tychi-haf ont un pH voisim de la neutralité et supérieure à 7 et sont conformes à la norme. Concernant le traitement par la plante Moringa, il convient de noter que le pH est relativement stable, pour tous les essais, quel que soit la dose du bio-coagulant utilisé. Avec un coefficient de variation de 0.005 il semblerait que l'ajout du bio-coagulant n'a pas d'influence significative sur le pH de l'eau du barrage Tychi-haf. Ces résultats confirment en effet ceux trouvés ceux qui ont souligné que le traitement de l'eau avec Moringa oleifera a peu d'influence sur le pH.

III.2.2.1.2 Température

Le traitement chimique a donné des résultats de températures (Tableau 6), des eaux brutes et traitées invariables et inférieures à la norme fixée par l'émission qui est de 25 ° C. La température de l'eau est l'exemple même du paramètre qui évolue très vite après le prélèvement, en particulier, quand l'examen avec celle de l'air est très important [28].

Ils notent une augmentation de la température des différents échantillons traités avec le MO Cela pourrait être dû à l'agitation du pot-test et la température ambiante du laboratoire.

III.2.2.1.3 Conductivité

Les résultats obtenus que la conductivité reste stable pour les eaux traitées et brutes (Tableau 6). Après traitement avec le MO, elle diminue légèrement. Tandis que le sulfate d'aluminium, elle augmente légèrement. Une concentration volumique de 30 ml / L. De la solution de Moringa donne un meilleur résultat pour l'abaissement de la conductivité à un seuil minimal de 1010 $\mu\text{S} / \text{cm}$. Néanmoins, la conductivité pour tous les essais de traitements est en dessous de la norme de l'OMS (2800 $\mu\text{S} / \text{cm}$).

III.2.2.1.4 Turbidité

Les résultats du traitement obtenus montrent une turbidité élevée dans l'eau brute Ce qui pourrait être expliqué par la présence des matières en suspension de dix matières non dissoutes. Les valeurs mesurées sont conformes à la norme de l'OMS.

L'injection de 10 ml de coagulant *MO* donne la meilleure turbidité qui est de 193 NIU. Au-delà de cette concentration, la turbidité reste uniforme élevé (Tableau 6). Cette augmentation de la turbidité à partir de la dose optimale de AR / t due au remplacement d'une turbidité colloïdale par une turbidité particulaire et ce à cause de la présence de la matière organique

III.2.2.1.5 Salinité

Techniquement, la salinité est déterminée comme la masse des substances dissoutes dans l'eau. D'après les résultats (Tableau 6), ils notent une stabilité dans les valeurs pour l'eau brute et l'eau traitée avec l'alun ainsi que les eaux produits avec le MO La variation n'est pas statistiquement significative car le coefficient de variation est faible (0,02). Il semblerait que le traitement par les deux coagulants n'influence pas la concentration en sel de l'eau du barrage Tychi-haf.

III.2.2.1.6 Le taux des sels dissous (TDS)

D'après les résultats des variations du TDS (Tableau 6), ils notent des valeurs relativement stables de l'eau brute et de l'eau traitée. Elles sont proche (620 Mg / l et 623Mg / l).

Il convient de noter que le TDS est également stable, pour tous les essais, quel que soit la dose du bio-coagulant utilisé. Il convient de dire que l'ajout de ce dernier n'a pas d'influence significative sur le TDS de l'eau du barrage Tychi-haf. Les paramètres statistiques calculés le confirment ($C_v = 0.01$).

III.2.2.1.7 La dureté totale (TH)

Les valeurs du TH (Tableau 6), sont relativement stables mais proches de la norme admise de 500 Mg / L de CaCO_3 . Ils constatent que les traitements effectués au niveau de la station n'affectent pas la dureté de l'eau. L'eau du barrage de Tychi-haf est dure, mais elle reste conforme aux normes de l'OMS.

Pour l'eau traitée avec le MO, ils constatent que les valeurs du TH sont en baisse par rapport aux quantités relevées dans l'eau brute (456 Mg / l CaCO₃). Néanmoins, toutes les valeurs sont inférieures à la norme de l'OMS.

Avec un coefficient de variation de 0,04. Le meilleur traitement pour abaisser le TH est de 20ml de MO par litre.

III.2.2.1.8 Le titre alcalimétrique (TA)

Le titre alcalin représente la concentration en carbonates et en hydroxydes d'une eau, Les résultats obtenus pour le titre alcalimétrique (Tableau 6), révèlent que les valeurs de TA sont nuls pour les deux eaux, brutes et réalisés. Ce qui signifie qu'il n'y a pas de bases fortes dans l'eau du barrage Tychi-haf.

III.2.2.1.9 Titre alcalimétrique complet (TAC)

Ce paramètre est un indicateur de la minéralisation de l'eau en particulier le composant calcium et magnésium. Les valeurs du TAC des eaux brutes et traitées (Tableau 6), sont les mêmes pour les deux. Donc le traitement par le sulfate d'aluminium paraît sans effet sur le TAC.

Par contre les valeurs du TAC, après le traitement de l'eau brute avec le MO, ont diminué et sont inférieures à la valeur obtenue pour l'eau brute. Ils constatent que l'ajout d'une faible quantité de MO permet de diminuer considérablement la durée à une valeur minimale de 47.2 qui correspond à celle d'une eau douce.

Néanmoins, le TAC est au-dessous de la norme de régularisation pour toutes les concentrations utilisées. Avec un coefficient de variation de 0,08, les meilleurs traitements, pour abaisser le TAC, est de 40ml à 50ml.

III.2.2.1.10 Résidu sec (RS)

Les résultats (Tableau 6), montrent que les eaux du barrage Tychi-haf, traitées avec l'alun, présentent une concentration importante en résidus secs (environ 800 Mg / L) en raison des concentrations plus importantes en minéraux dissous. Les deux valeurs, eaux brute et traitée, restent toujours en dessous de la norme fixe par l'OMS (2000 Mg / l).

Le traitement par le MO, hormis le traitement avec 20 ml, tous les résultats sont inférieurs à ceux du traitement chimique. Le meilleur résultat est obtenu avec une concentration de la solution de 10 ml / L.

III.2.2.2 Résultats physicochimiques des éléments cationiques

III.2.2.2.1 Dureté calcique

D'après les résultats obtenus (Tableau 8), ils remarquent que les valeurs du TH_{Ca} des deux eaux sont proches et inférieures à la norme de l'OMS. De ce fait, cette eau est dure et elle est chargée en ions Ca^{2+}

Après traitement avec le *MO*, ils notent une légère augmentation dans les teneurs de ces ions. Celles-ci diminuent en fonction de la concentration du bio-coagulant injecté. A titre de comparaison, [13] dans leur étude physicochimique sur l'eau du fleuve d'Opkara au Bénin traité par les graines de *MO*, ont obtenu des concentrations en ion calcium légèrement élevé par rapport à celle de l'eau brute. Il semblerait que le meilleur traitement pour abaisser la teneur de ces ions (110 Mg / L) est une concentration volumique de 50 ml de bio-coagulant.

III.2.2.2.2 Dureté magnésique

D'après les résultats obtenus (Tableau 8), ils remarquent que les valeurs de TH_{Mg} des deux eaux sont stables et qu'elles sont conformes à la norme de gérer. Cette eau n'est pas trop chargée en ions Mg^{2+}

Pour les échantillons traités avec le *MO* les variations des essais de traitement croissent avec les doses de coagulant utilisées. D'après [13] le traitement avec le *MO* diminue ces teneurs. Ce qui pourrait être dû au largage du magnésium contenu dans la plante.

III.2.2.3 Résultats physicochimiques des éléments anioniques

III.2.2.3.1 Les chlorures (Cl^-)

Les concentrations en chlorures ne connaissent pas de variations significatives (Tableau 9). En effet les teneurs entre les deux eaux restent stables et variant entre 110 Mg / l et 120 Mel. L'augmentation dans les teneurs de ces ions dans l'eau traitée ne fait que confirmer ce qu'ils ont évalué à propos de la dureté de cette eau. Toutefois, ces valeurs ne dépassent pas la norme fixée par l'OMS qui est de 500Mg /L.

Pour les échantillons traités avec le *MO*, ils constatent une augmentation des teneurs en chlorures. La valeur maximale est de 404 Mg / L. Elles diminuent avec l'augmentation de la concentration du bio-coagulant et leur teneur moyenne en chlorures est de 232,3 Mg/L, Cependant, il semblerait que l'ajout d'un volume de 50 ml de bio-coagulant a permis d'atteindre les valeurs optimales qui ont réduit la concentration en Cl^- à 101 Mg/L. Elles sont inférieures

à celle de l'eau brute du barrage de Tychi-haf avant traitement. Par ailleurs, la concentration en chlorures après le traitement reste inférieure à la norme de l'OMS.

III.2.2.3.2 La concentration en hydrogénocarbonate (HCO_3^-)

L'augmentation relative de la concentration en hydrogénocarbonate provient de la dissolution du gaz carbonique, La concentration en HCO pour l'eau brute par rapport à l'eau traitée reste constante et est de 281 mg / L (Tableau 9). Le traitement avec l'alun reste sans effet sur la teneur en HCO_3^- dans les eaux du barrage de Tychi-haf.

L'OMS ne fixe aucune norme pour ce paramètre, puisque, quel que soit les teneurs en bicarbonates dans l'eau de consommation, la potabilité n'a pas affectée. Par contre les valeurs, après le traitement de l'eau brute avec le *MO*, ont diminué et sont inférieurs à la valeur initiale de l'eau brute. Ils constatent que l'ajout du *MO* permet de diminuer considérablement la en HCO à une valeur minimale de 67.34 avec une moyenne de 63.44 et un écart type 5.34.

III.2.2.3.3 Les sulfates (SO_4^{2-})

Les résultats (Tableau 9), présentent que les concentrations en ions sulfates sont élevées dans les eaux brutes. Ils notent une augmentation de cette valeur dans les eaux traitées. Ce qui pourrait être dû à l'utilisation du sulfate d'aluminium comme coagulant pour le traitement de cette eau. Malgré l'apport d'ions sulfates dans l'eau traitée par le coagulant chimique, les concentrations finales dans les eaux traitées répondent à la norme OMS dont la valeur est fixée à 400Mg / L. Ils concluent que l'eau du barrage de Tychi-haf est sulfatée.

Pour l'eau traitée avec le *MO*, Ils constatent une diminution des ions sulfates en fonction de la concentration du bio-coagulant injecté jusqu'à une concentration optimale de 157 Mg / L. Cependant, ces valeurs sont toujours conformes aux normes OMS.

III.2.2.3.4 Les nitrates (NO_3^-)

Les résultats (Tableau 9), présentent que la concentration en nitrates pour les eaux brutes et utilisés variant entre 4,49 Mg / l et 4.30 Mg / l, mais les valeurs sont inférieures à la concentration maximale autorisée par l'OMS. Ce qui signifie que notre eau n'est pas nocive pour la santé humaine.

Après le traitement avec le *MO*, les résultats de la concentration en nitrates dans 1 tau diminue pour les trois premiers échantillons. Selon [29], la coagulation avec des graines de *MO* est basée sur l'adsorption et la neutralisation dans l'eau de particules chargées négativement

(colloïdes) et de métaux par des charges positives des protéines actives. Ce mécanisme pourrait expliquer l'élimination des nitrates pour ces échantillons.

D'après [13], les graines de *MO* étant riches en protéines. Elles diffusent probablement dans les eaux traitées des matières organiques ainsi que des ions nitrates. Ce qui pourrait expliquer l'augmentation de la concentration de nitrate avec l'augmentation de la dose injecté. Les teneurs finales de ce paramètre restent cependant inférieurs aux seuils recommandés par suivre (50 mg / L).

III.2.2.4 Eléments traces métalliques (ETM)

III.2.2.4.1 Le zinc (Zn)

Les concentrations en zinc (Tableau 7), diminuent avec l'augmentation de la dose du coagulant injecté pour tous les essais. Selon [13]. Les graines de *MO* éliminent le zinc dans l'eau. Ils concluent, que pour ce paramètre, les eaux du barrage de Tychi-haf sont conformes à la norme fixée à par l'émission qui est de 3 mg/L.

III.2.2.4.2 Le plomb (Pb)

Le plomb constitue l'un des métaux toxiques les plus dangereux pour les organismes aquatiques. Les composés solubles sont plus toxiques que les composés non solubles D'après le tableau 7, ils constatent que les valeurs varient entre 0,004 à 0,03 Mg / L. Ces résultats sont conformes aux normes OMS. Avec une moyenne de 0.01, il semblerait que la valeur optimale pour éliminer le plomb dans l'eau serait d'injecter une dose inférieure à 10 ml de bio coagulant.

III.2.2.4.3 Le cadmium (Cd)

Le cadmium est généralement présent dans l'environnement à de faibles concentrations Cependant, les activités humaines font que ces concentrations augmentent.

D'après les résultats du tableau 7, ils notent que les valeurs de ce métal sont stables et proches, avec un écart de type pas très significatif statistiquement et une moyenne de 0,002. Ces teneurs restent conformes au seuil définis par l'OMS, et que l'eau du barrage Tychi-haf n'est pas polluée.

III.3 Etudes comparatives des résultats entre l'année 2012 et 2019 et leurs discussions

III.3.1 Résultats

Tableau 10 : Etude comparative 2012 et 2019

| Paramètre | | | 2012 | | | 2019 | | |
|---------------------|---------|---------|---------|---------|-------|---------|-------|-------|
| | N.OMS | Unités | MOYENNE | MAX | MIN | MOYENNE | MAX | MIN |
| pH | 6,5-8,5 | Mg / L | 8,19 | 8,49 | 8 ,01 | 8,09 | 8,12 | 8 ,03 |
| Température | 20-25 | ° C | 15,5 | 18,6 | 15 | 16,52 | 18,6 | 15 |
| Conductivité | 2800 | µS / cm | 1198,5 | 1479,66 | 694 | 1037,2 | 1062 | 1010 |
| Turbidité | 5 | NTU | 2,82 | 3,87 | 1,93 | 2,82 | 3,87 | 1,93 |
| Salinité | / | g /l | 0,48 | 0,75 | 0,57 | 0 ,61 | 0,63 | 0,60 |
| TDS | / | mg/l | 686 | 784 | 427 | 669 | 667 | 650 |
| Zinc (Zn) | 3 | mg/l | 1 à 5 | >5 | <0.5 | 0.42 | 0.916 | 0.03 |
| Cadmium(Cd) | 0.003 | mg/l | <05 | <0.5 | <0.5 | 0.002 | 0.003 | 0.002 |
| Plomb (Pb) | 0.2-0.3 | mg/l | <0.05 | <0.05 | <0.05 | 0.01 | 0.03 | 0.004 |

III.3.2 Discussions

III.3.2.1. Paramètres physicochimiques

III.3.2.1.1 Potentiel hydrogène (pH)

Le PH des eaux du barrage tychi-haf est alcalin dans les deux études 2012 (8,19 en moyen) et 2019 (8,01 en moyenne), ces valeurs sont comprise dans l'intervalle exigée par les normes de l'OMS

III.3.2.1.2 Température

Les températures des eaux de barrage Tychi-haf dans les deux études 2012(15,5°C en moyennes) et celle de 2019 moyenne 16,52°C) restent inférieures à celles de l'aire et normes fixée par l'OMS de 25°C, avec une légère augmentation en 2019 et cela pourrait être dû à l'agitation de pot-test et la température ambiante de laboratoire.

III.3.2.1.3 Conductivité

La conductivité pour les deux études 2012(1198,5 en moyenne) et pour 2019 (1037,2 en moyenne) restent en dessous des normes de l'OMS (2800 µs/cm) avec une légère baisse en cette dernière.

III.3.2.1.4 Turbidité

La turbidité dans les deux études 2012 et 2019 montrent une turbidité élevée, qui ce pourrait expliquer par la présence des matières en suspension non dissoutes, mais les résultats mesurés sont conformes aux normes de l'OMS.

III.3.2.1.5 Salinité

La salinité est déterminée comme la masse des substances dissoutes dans l'eau. D'après les résultats des deux études 2012 et 2019, nous notons une stabilité dans les valeurs, la variation n'est pas statistiquement significative car le coefficient de variation est faible (0.02).

III.3.2.1.6 Le taux des sels dissous (TDS)

D'après les résultats obtenus dans les deux études le TDS des eaux du barrage de Tychi-haf est stable. Les paramètres statistiques calculés le confirment ($C_v = 0.01$).

III.3.2.2. Eléments traces métalliques (ETM)

III.3.2.2.1. Le zinc (Zn)

Dans les deux études nous concluons que pour ce paramètre, les eaux du barrage Tychi-haf sont conformes aux normes fixées par l'émission qui est de 3 mg/l.

III.3.2.2.2. Cadmium(Cd)

D'après les résultats des deux études, nous notons que les valeurs de ce métal sont stables et proches. Avec un écart de type pas très significatif statistiquement et une moyenne de 0,002. Ces teneurs restent conformes au seuil défini par l'OMS, et que l'eau du barrage Tychi-haf n'est pas polluée.

III.3.2.2.3 Plomb (Pb)

L'un des métaux toxiques les plus toxiques pour les organismes aquatiques est le plomb. Les composés solubles sont plus toxiques que les composés non solubles. D'après les résultats des deux études faites, nous notons que les valeurs varient entre 0,004 à 0,003 mg/l. Ces résultats sont conformes aux normes OMS. Avec une moyenne de 0,01.

Conclusion

D'après les résultats d'analyses des deux études, nous notons qu'il reste des concentrations de quelques substances chimiques au-dessus des limites admissibles, mais globalement la majorité des résultats physico-chimique des eaux du barrage tychi-haf sont conformes aux normes fixées par OMS.

CONCLUSION GENERALE

Conclusion général

L'eau, cette ressource qui se raréfie de plus en plus sur la planète provient essentiellement des eaux souterraines, des eaux de surface ou des eaux de mer.

Les origines des eaux sont exposées à des risques de contamination. De ce fait son utilisation avant traitement s'avère impossible.

L'eau destinée à la potabilité doit comprendre certains critères et normes afin de ne pas nuire à la santé des consommateurs. C'est pour cela que sa qualité doit être surveillée chaque mois.

L'objectif principal de cette étude est d'évaluer l'influence des traitements de clarification en utilisant le sulfate d'aluminium, le traitement biologique et le *Moringa oleifera* sur l'élimination des paramètres indicateurs de pollution par coagulation – floculation.

Cette étude nous a permis de faire une application d'un procédé choisis sur l'eau de surface du barrage de Tychi-haf. La détermination des caractéristiques physico – chimiques de ces eaux ont permis d'aboutir aux résultats ci-dessous mentionnées :

- Concernant le traitement des eaux du barrage avec le sulfate d'aluminium, nous avons obtenu les résultats suivants :

- Mis à part la réduction de la turbidité d'une valeur de 0.96 NTU a 0.1 NTU

L'ensemble des résultats demeurent invariables.

- Quant aux eaux traitées avec le *Moringa oleifera*

1. Pour les paramètres physiques :

- La conductivité diminue de 1255 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 110 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Cette diminution est

Obtenue avec une dose de la solution de *Moringa* de 30 ml ;

- La turbidité augmente légèrement de 0.96 NTU à 1.3 NTU. Ceci est due à la

Mauvaise qualité du papier filtre utilisé lors de la filtration ;

- Le titre alcalimétrique diminue de 55 mg/l à 47 mg/l. Il est obtenu avec une dose de 40 ml ;

- Le résidu sec diminue fortement de 800 mg/l à 200 mg/l. Ce résultat est obtenu avec la plus faible des doses qui est de 10 ml.

2. Pour les paramètres chimiques :

- La concentration en manganèse augmente de 23 mg/l à 41.14 mg/l. Ceci

Est dû à la composition du *M.O* riche en ion Mg^{2+}

- Les concentrations en ion HCO_3
- diminue strictement de 281 mg/l à 57.58 mg/l.

Au vu de ces résultats, il convient de dire que le traitement avec le *Moringa Oleifera* est très avantageux par rapport au traitement chimique avec le sulfate d'aluminium.

Après traitement par coagulation-floculation, les paramètres physico-chimiques quantifiés pour le prélèvement répondent nettement aux normes de l'OMS. Il est important aussi de signaler d'après les résultats, que la qualité physico-chimique est améliorée après traitement.

Au terme de ce travail nous pouvons conclure que le traitement par le procédé de coagulation-floculation avec le *Moringa Oleifera* paraît efficace, notamment pour l'élimination de MES, turbidité, phosphate, et la réduction de la dureté au seuil minimal. En outre, c'est un processus de dépollution qui participe à la protection de l'environnement.

Seulement, à l'heure actuelle, la rareté des graines de *Moringa* au niveau régional et même national, rend son utilisation à l'échelle opérationnelle (station d'épuration) difficile. Pour ce nous préconisons l'encouragement de sa culture dans la région afin d'assurer sa disponibilité. L'aspect économique devrait être pris en considération afin de donner un avis sur son utilisation.

A l'essai de ce travail qui doit comporter sans doute encore de lacune et l'insuffisance, en égard de l'importance et la complexité de problème traité nous pensons que d'autres études pourraient à l'avenir compléter et enrichir ce modeste travail.

Partie

Bibliographique

- [1] **AFSSA., affset., 2006-** risques sanitaires liés à la présence de cyanobactéries dans l'eau. Rapport sur l'évaluation des risques liés à la présence de cyanobactérie et leurs toxines dans l'alimentation, à la baignade et d'autres activités. Paris, 235p.
- [2] **AHMANE, K ., BOUZARARI ,S .,2005-** Etude du l'adduction de l'eau du barrage tychi haf dans le couloir Akbou – bejaia . Mémoire de fin d'étude en hydrologie, université de bejaia 4, 5 p.
- [3] **ALLOUACHE, A.** Procédés de traitement des eaux et épuration des eaux usées. Compilation de cours, Bejaia, 87 pages, 2013, e-learning @univ-bejaia.dz
- [4] **AMRA N., BENKHELLAT EL.,** 2019_Contribution a l'étude comparative des coagulants dans le traitement des eaux du barrage tychi haf, akbou, Algérie .
- [5] **A.N.B.T :** Agence national des barrages et transferts. (2018).
- [6] **A.N.R.H.2010,** Agence national des ressources hydraulique.
- [7] **BELKHIAR. I.,** Contribution à l'étude comparative des deux coagulants de la graine de *Moringa Oleifera* et le sulfate d'aluminium dans le traitement des eaux de surface du barrage de Tychi-haf et des eaux usées de la STEP de Souk El Tenine, Bejaia, , Université de Bejaia, juillet 2019.
- [8] **Bremond, R., GUICHARD, R., (1973).** Paramètres de la qualité des eaux OSPEPE, Paris 173p.
- [9] **CHORUS I ., Bartram J., 1999-**, London, 400p. toxic cyanobactéria in water : a guide public heath signefiance , monitoring and management. Ed. E et FN spon
- [10] **CHAIBI, M., KHEDOUSI, F., (2012),** mémoire fin d'étude master science biologie de l'environnement, Etude de la qualité des eaux du barrage tychi-haf : les algues bios indicatrices, université de bejaia.
- [11] **DEGREMONT, M.,** Techniques de l'eau, Edition Degremont SUEZ, Tome1. Dixième édition, Mai2005.
- [12] **DEGREMONT, R.,** Le traitement des eaux. Ecole Polytechnique de Montréal, 2ème édition, 293 pages ,1997.
- [13] **FATOMBI K.J., R.G. JOSSE, V. WOTTO, T. AMINOU ET B.COULOMB (2007).** Paramètres physico-chimiques de l'eau d'Okpara traitée par les graines de *Moringa oleifera*.*J. Soc. Ouest-Afr. Chim.*, 023, 75-79.

- [14] **FND, Fondation Nationale de la Santé.** Manuel pratique d'analyses de l'eau, 4ème édition, Brésil, 2013.
- [15] **GHETTAS .,B., 2011.** Mémoire fin d'étude master génie chimique. ED. Université Kasdi Merbah Ouargla.
- [16] **KHIMOUD, R., KHENNANE, H., (2011),** Analyse physico-chimique et bactériologique de l'eau brute et l'eau traitée de barrage. (Mémoire, université Mouloud Maamri tizi ouazou.
- [17] **LACAZE.C. ,1996-** l'eutrophisation des eaux marines et continentales, causes manifestation, conséquences et lutte. Paris, Edition marketing S.A.10-110.
- [18] **Lakhdari, B., (2011),** Effet de la coagulation-floculation sur la qualité des eaux épurées de la STEP de Ain El Houtz, Mémoire de Magister, Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen.
- [19] **LEVEQUE, C., 2001.** Ecologie de l'écosystème biosphère. Edition. IRD.502p.
- [20] **Office nationale métrologie.**
- [21] **OMS.,** organisation mondial de la sante.
- [22] **RAMADE, F., 1984.** Ecologie fondamentale. Edition. MC. Graw. Will, paris.
- [23] **REJSEK, F., (2012),** Analyse des eaux aspect règlementaire et technique, Tome I, Edition CRDPA quitaire, Bordeaux, 71, 144 p.
- [24] **RODIER, J., 1996-** Analyse de l'eau : eaux naturelle, résiduaires et de mer. 8 ème Edition. DUNOD. Paris, 25-185.
- [25] **RODIER, J., (2005).** L'analyse de l'eau naturelle, résiduaires, eaux de mer, 8 ème Edition DUNOD technique, Paris pp1008-1043.
- [26] **RYDINGS, O., RAST, W ., 1994.** Le contrôle de l'eutrophisation des lacs et réservoirs. Edition. Masson Unesco. 294p.
- [27] **SAINT SAUVEUR A., 2005,** Fiche technico-économique sur les conditions de production et commercialisation de feuilles fraîches de Moringa.
- [28] **Tarmoul F, Sodi M ;(2007).** Mémoire, « Détermination de la pollution résiduelle d'une station d'épuration par lagunage naturel ».
- [29] **vakishini et al .(2012)** Water Purification using Moringa oleifera and Other Locally Available Seeds in Fiji for Heavy Metal Removal.
- [30] **WIEGAND ET PELUGMACHER, 2005.**

Annexes

ANNEXE I

Détermination de la dureté calcique (THca)

✓ Mode opératoire :

- Prélever 25 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.

✓ Réactifs :

- Solution E.D.T.A (0.002N)
- Solution d'hydroxyde de sodium NaOH (2N)

✓ Mesure et calcul de résultat :

THca-C1V1-C2V2

$$CEDTA \text{ VEDTA} = Cca \times Vech$$

$$Cca^2 = CEDTA \times VEDTA / Vech$$

$$Cca = (CEDTA \times VEDTA / Vech) \times Mca \quad (Mca=40.08)$$

$$Cca = (0.014 \times VEDTA / 50) \times 40.08$$

$$Cca = (20 \times VEDTA \text{ en mg/L en } CaCO_3)$$

Vech: volume d'échantillon.

VEDTA : volume d'EDTA ou c'est la chute de burette.

$$THmg = (TH - Cca) \text{ en mg/L en } CaCO_3$$

$$= (TH - Cca) \times meq \text{ Mg} \quad (meq \text{ Mg} = M / \text{volume} = 24/4=12) \text{ et } (meq \text{ } CaCO_3 = 100/2=50=12/50=0.242)$$

$$mg^2 = (TH - Ca^{2+}) \times 0.242$$

ANNEXE II

Dosage des chlorures (Cl^-) :

✓ Réactifs :

- Solution de chromate de potassium à 10%
- Solution de nitrate d'argent

✓ Mode opératoire :

- 50 ml d'eau à analyser
- Ajouter 3 gouttes de solution de chromate de potassium à 10%
- Verser alors au moyen d'une burette la solution de nitrate d'argent jusqu'à apparition d'une teinte rougeâtre, qui doit persister 1 à 3 minutes.
- V_E Le Nombre de millilitre de nitrate d'argent 28.2 N utilisés.

✓ Expression des résultats :

$$[Cl^-] =$$

$$[Cl^-] = CA$$

$$= 28.2 \times C_b / 50 = 0.56 \times C_b \times \text{meq}$$

$$= 0.56 \times C_b \times 35.5 / 1)$$

$$= 20.02 \times C_b$$

C_b : La chute de burette.

ANNEXE III

Détermination de fer :

✓ Réactifs :

- Acide sulfurique.
- Chlorhydrate d'hydroxylamine.
- Solution de phénanthroline
- Solution tampon acétate.

✓ Mode opératoire :

- Acidifier l'échantillon à PH=1 (1ml d'acide sulfurique concentré pour 100 ml d'échantillon).
- Prendre 50ml d'eau à analyser et le transvaser dans une fiole de 100 ml.
- 1ml de chlorhydrate d'hydroxylamine puis mélangé.
- 2ml de tampon acétate pour obtenir un pH compris entre [3.5 – 5.5] .
- 2ml de la solution phénantroline.
- Conserver à l'obscurité pendant 15 min.
- Effectuer la lecture à la longueur d'onde 510 mn.

ANNEXE IV

Détermination de nitrates :

✓ Réactifs :

- Solution de salicylate de sodium 0.5%
- Solution de tartrate double de sodium et de potassium.
- Solution d'acide sulfurique.
- Solution d'hydroxyde de sodium à 30%

✓ Mode opératoire :

- Introduire 10ml d'eau à analyser.
- Ajouter 3 gouttes de la solution d'hydroxyde de sodium à 30%
- Ajouter 1 ml de salicylate de sodium à 0.5%
- Évaporer à sec au bain marie ou dans une étuve portée à 75°C à 8°C.
- Laisser refroidir, attendre 10mn.
- Ajouter 15 ml d'eau distillée.
- Ajouter 15ml de la solution de tartrate double de sodium et de Potassium.
- Effectuer les lectures au spectrophotomètre à la longueur d'onde 415 mn.

ANNEXE V

Détermination de d'ammonium:

✓ Réactifs :

- Réactifs coloré.
- Solution de dichloroisocynurate de sodium.
- Solution de lavage.

✓ Mode opération :

- Prélever 40 ml d'échantillon à analyser, ajouter dans l'ordre.
- 4ml de réactif coloré homogénéisé.
- 4ml du réactif de dichloicyanurte de sodium, et homogénéiser puis ajuster à 50ml.
- Apres au moins 60 min, attendre le développement de la couleur.
- effectuer les mesures spectrométriques à la longueur d'onde de 655nm.

ANNEXE VI

Détermination de sulfates:

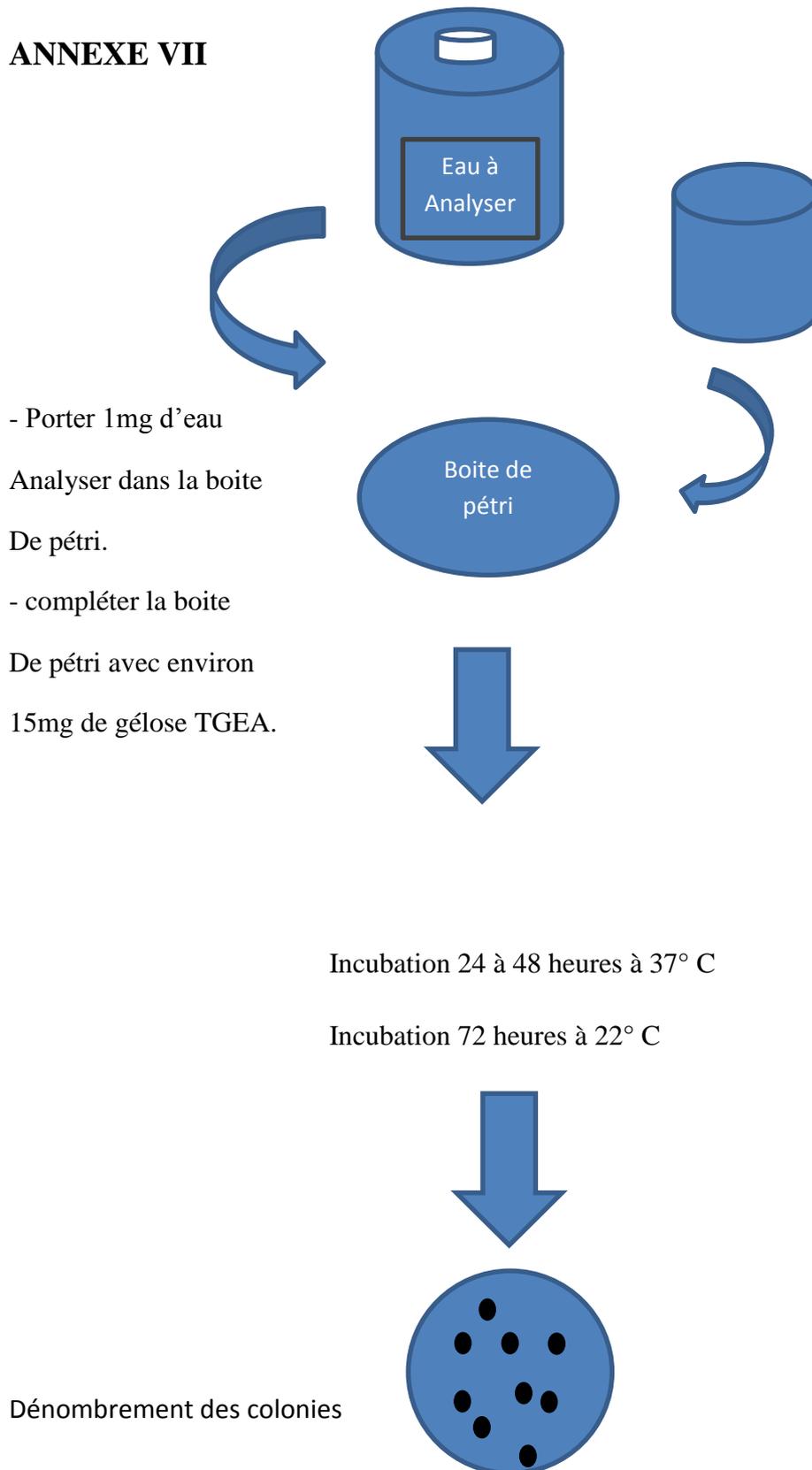
✓ Réactifs :

- Solution stabilisante.
- Solution de chlorure de baryum.

✓ Mode opération :

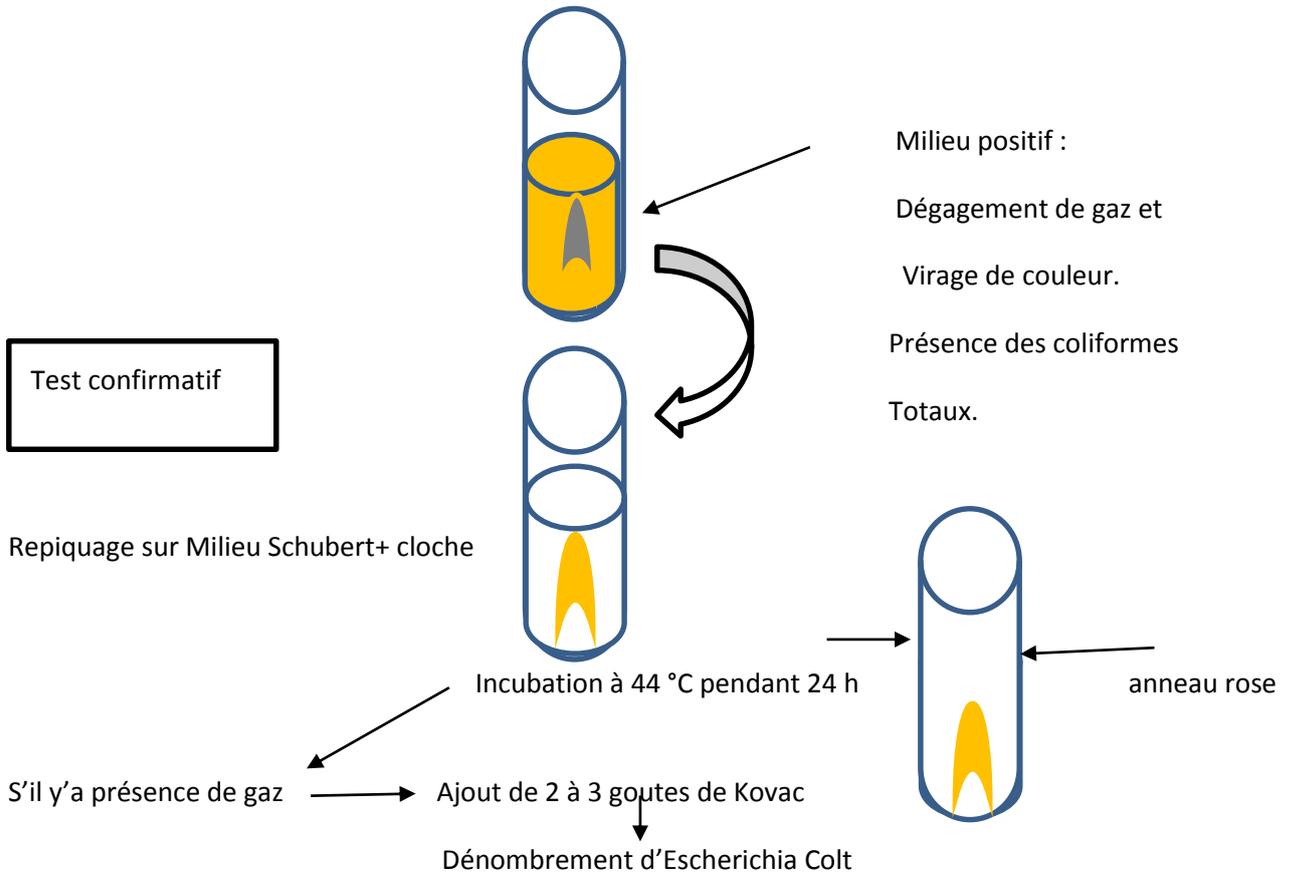
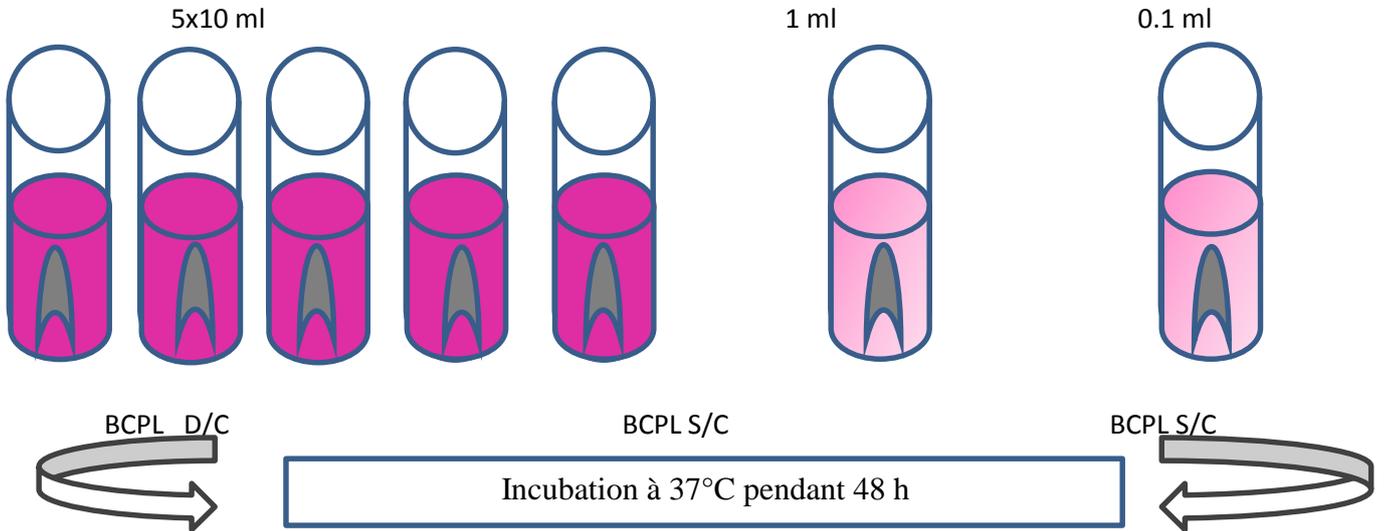
- Prendre 10 ml d'eau à analyser puis compléter à 100ml avec de l'eau distillée.
- Ajouter 5 ml de la solution stabilisante, agiter quelques secondes.
- Ajouter 2 ml de chlorure de baryum.
- Laisser agiter énergiquement pendant 1 min.
- Passer au spectrophotomètre à 420 nm.

ANNEXE VII



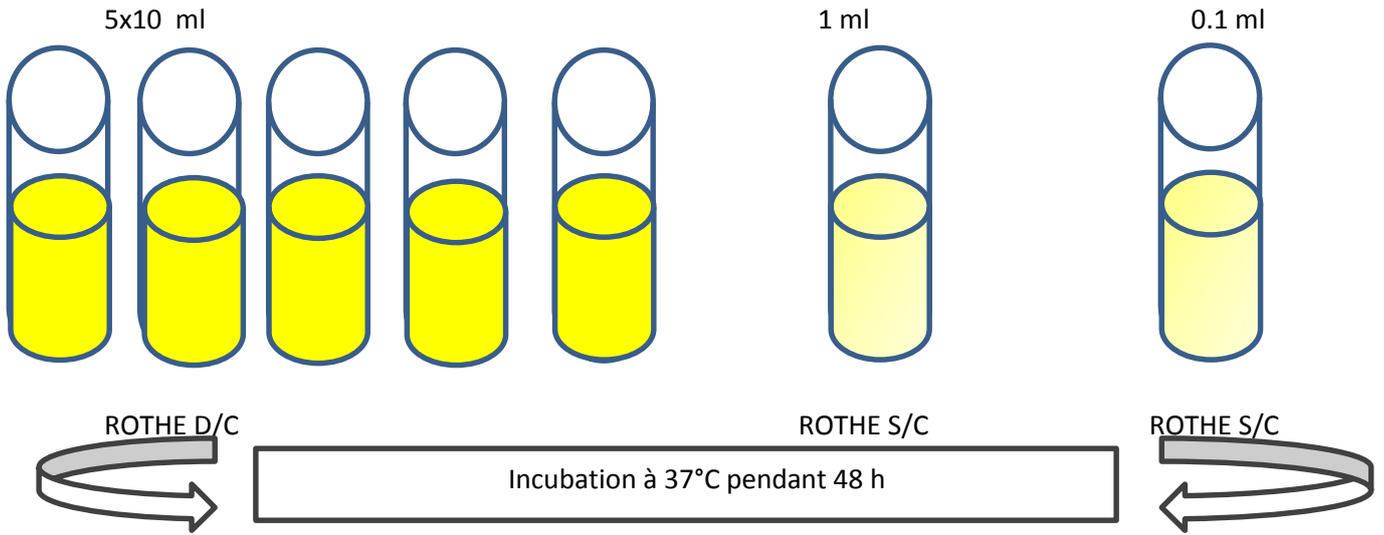
Recherche et dénombrement des germes totaux dans l'eau

ANNEXE VIII



Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux dans l'eau.

ANNEXE IX



Tube positif :
Présence de trouble bactérien



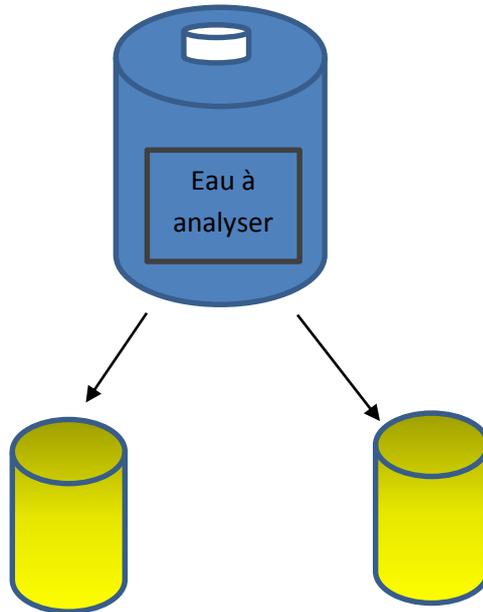
Repiquage sur milieu Eva Litsky

Test confirmatif

Incubation à 37°C pendant 24 h

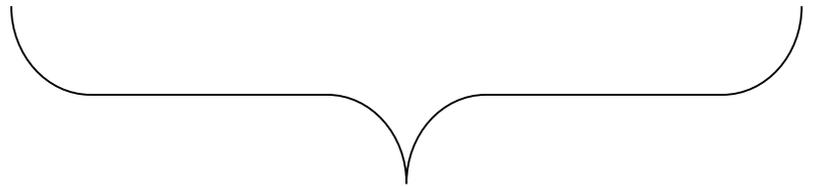
✓ Présence de présence des streptocoques fécaux
Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux dans l'eau.

ANNEXE X



Chauffage à 80°C, 10 min

Refroidissement brutal sous l'eau de robinet



Ajouter environ 15 ml de gélose VF fondue puis refroidie à 45°C



Laisser solidifier puis incuber à 37°C, 16-24 puis 48 h.

✓ Présence des Clostridium sulfito-réducteurs dans l'eau.

Recherche et dénombrement des clostridium sulfito-réducteurs dans l'eau.

Résumé :

L'accès à l'eau potable est un droit en Algérie, pour assurer ce droit les autorités concernées doivent fournir à leurs abonnés une eau traitée et conforme notamment de point de vue physico-chimique, pour éviter tout problème sanitaire vis-à-vis des consommateurs, c'est le cas de notre enquête réalisée sur le barrage de Tychi-haf de notre wilaya.

L'étude de la qualité de l'eau du barrage de Tychi-haf qui se trouve à l'ouest de la wilaya de Bejaia a été initiée suite à une enquête s'étalant de deux études faites par d'autres en 2012 et 2019. Les résultats et discussions des mesures de quelques paramètres physico-chimiques caractérisant les eaux de ce barrage montrent une hétérogénéité temporelle.

Abstract:

Access to drinking water is a right in Algeria, to ensure this right, the authorities concerned must provide their subscribers with treated and compliant water, in particular from a physico-chemical point of view, to avoid any health problem vis-à-vis consumers, and this is the case with our survey carried out on the Tychi-haf dam in our wilaya.

The study of the water quality of the Tychi-haf dam located in the west of the wilaya of Bejaia was initiated following a survey spanning two studies carried out by others in 2012 and 2019. The results and discussions of measurements of some physicochemical parameters characterizing the waters of this dam show temporal heterogeneity.

الملخص

الحصول على مياه الشرب حق في الجزائر، ولضمان هذا الحق، يجب على السلطات المعنية تزويد مشتركيها بالمياه المعالجة والمتوافقة، ولا سيما من وجهة نظر فيزيائية - كيميائية، لتجنب أي مشكلة صحية تجاه المستهلكين، هذا هو الحال مع المسح الذي أجريته على سد تيشي هاف في ولايتنا.

بدأت دراسة نوعية المياه في سد تيشي هاف الواقع غربي ولاية بجاية بعد مسح شمل دراستين أجرتهما أخرى في عامي 2012 و 2019. تظهر نتائج ومناقشات قياسات بعض المعايير الفيزيائية والكيميائية التي تميز مياه هذا السد عدم التجانس الزمني.