

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Université MOULOUD MAMMERI de TIZI-OUZOU
Faculté des Sciences Biologiques et Sciences Agronomiques
Département des Sciences Agronomiques



Mémoire

DE FIN DU CYCLE

En vue de l'obtention du diplôme de Master

En Sciences Agronomiques

Spécialité

Eau et Environnement

Thème

Evaluation de l'efficacité des grains de *Moringa oleifera* dans la décontamination de l'effluent secondaire liquide de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou.

Présenté par :

M^{elle} : ARHAB Thiziri

M^{elle} : CHEBLI Thanina

Soutenu publiquement devant le jury :

M^r BERRADJ O.

MCA

Président

M^r METAHRI M.S.

MCA

Promoteur

M^{elle} BELMIHOUB N.

Doctorante

Co-promotrice

M^{me} AFIF CHAOUICHE T.

MCA

Examinatrice

Promotion: 2020/ 2021

Remerciements

Il nous est agréable d'exprimer nos sincères remerciements et notre profonde gratitude à Mr METAHRI M.S et notre Co-promotrice Melle BELMIHOUB.N de nous avoir bien guidés au cours de ce travail. Nous leur exprimons notre reconnaissance pour leurs précieux conseils qui nous ont aidés dans l'élaboration de ce projet de fin du cycle.

Nous adressons nos sincères remerciements à Mr BERRADJ O. qui nous a fait l'honneur de présider le jury ; Egalement à Mme AFIFCHAOUCHE T. qui nous a fait l'honneur d'apprécier et de juger ce travail

Aussi tous nos remerciements à Mme AIT ALLALA.N et l'ingénieur du laboratoire de traitement des eaux (UMMTO) Mme IHADDADEN Fetta pour tout l'aide qui nous ont donnés et pour la disponibilité qu'ils affichaient à notre égard afin de mener à bien ce travail.

Dédicaces

A ma Mère,

A mon Père,

A mon Frère IDIR,

A mes sœurs MALHA et DRIFA,

A mes neveux DACI, RAYEN, GAYA, ELYNE,

A mes cousins MERZOUK et HOCINE,

A mes amis TOUFIK, KARIM, THANINA, MOHAMMED

A ma binôme THIZIRI

*Je vous dédie ce modeste travail, en terme de reconnaissance pour
votre aide, car vous m'êtes si chères et aimés.*

Thanina

DEDICACES

A ma Mère,

A mon Père,

A mes Frères Dahmane et Slimane,

A mes sœurs Kahina et Kenza,

A mes neveux Aksim et AHCEN,

A ma binôme et ses parents,

A mes amis Lila et Yacine

*Je vous dédie ce modeste travail, en terme de reconnaissance
pour votre aide, car vous m'êtes si chères et aimés.*

Thiziri

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

| | |
|--|----------|
| Introduction | 1 |
| Chapitre I : Partie théorique..... | 2 |
| 1. Caractérisation d'une eau usée..... | 2 |
| 1.1. Définition d'une eau usée..... | 2 |
| 1.2. Paramètres de qualité des eaux usées épurées..... | 2 |
| 1.2.1. Paramètres physico-chimiques..... | 2 |
| 1.2.1.1. Température (T°)..... | 2 |
| 1.2.1.2. Potentiel d'hydrogène (pH)..... | 2 |
| 1.2.1.3. Matières en suspension (MES)..... | 3 |
| 1.2.1.4. Oxygène dissout (OD)..... | 3 |
| 1.2.1.5. Demande biochimique en oxygène (DBO5)..... | 3 |
| 1.2.1.6. Demande chimique en oxygène (DCO)..... | 3 |
| 1.2.1.7. Azote (N)..... | 3 |
| 1.2.1.8. Phosphore (P)..... | 4 |
| 1.2.2. Paramètres microbiologiques..... | 4 |
| 1.2.2.1. Bactéries..... | 4 |
| 1.2.2.2. Protozoaires..... | 4 |
| 1.2.2.3. Virus..... | 4 |
| 1.2.2.4. Helminthes..... | 5 |
| 2. Evaluation et amélioration de la qualité microbiologique d'une eau usée | 5 |
| 2.1. Contamination microbienne des eaux usées..... | 6 |
| 2.1.1. Indicateurs de contamination d'une eau usée | 6 |
| 2.1.1.1. Flore mésophile totale à 22°C et à 37°C..... | 7 |
| 2.1.1.2. Coliformes Fécaux thermo-tolérants..... | 7 |
| 2.1.1.3. <i>Entérocoques intestinaux</i> | 8 |
| 2.1.1.4. <i>Staphylococcus aureus</i> | 8 |
| 2.1.1.5. <i>Clostridium Sulfito Réducteur</i> | 9 |
| 2.1.1.6. <i>Salmonella</i> | 10 |

| | |
|---|----|
| 2.1.1.7. <i>Vibron cholérique</i> | 10 |
| 2.2. Désinfection | 11 |
| 2.2.1. Différents procédés de désinfection..... | 11 |
| 2.2.1.1. Procédés chimique..... | 11 |
| 2.2.1.2. Procédés physiques..... | 13 |
| 2.2.1.3. Procédés biologiques..... | 13 |
| Chapitre II : Partie expérimentale | 17 |
| Matériels et méthode | 17 |
| 1. Cadre d'étude..... | 17 |
| 1.1. Présentation du matériel végétatif – <i>Moringa Oleifera</i> | 17 |
| 1.2. Présentation de la zone d'étude..... | 18 |
| 1.2.1. Situation géographique | 19 |
| 1.2.2. Nature et caractéristiques de rejet | 20 |
| 1.2.3. Echantillonnage..... | 21 |
| 1.3. Analyses bactériologiques..... | 21 |
| 1.3.1. Préparation de <i>Moringa Oleifera</i> | 22 |
| 1.3.2. Méthodes de recherche et dénombrement..... | 23 |
| 1.3.2.1. Dénombrement des microorganismes revivifiables à 22° et à 37° | 23 |
| 1.3.2.2. Isolement des coliformes..... | 26 |
| 1.3.2.3. Recherche des entérocoques intestinaux..... | 27 |
| 1.3.2.4. Isolement des staphylocoques à coagulase positive..... | 28 |
| 1.3.2.5. Isolement des spores de bactéries <i>Clostridium sulfito-réducteur</i> | 29 |
| 1.3.2.6. Recherche des Salmonelles..... | 30 |
| 1.3.2.7. Isolement du vibron cholérique..... | 30 |
| Résultats et discussions | |
| 1. Analyses physico-chimiques..... | 31 |
| 2. Analyses bactériologiques..... | 33 |
| 2.1. Flore mésophile totale..... | 33 |
| 2.2. Coliformes totaux..... | 35 |
| 2.3. Coliforme fécaux – <i>Escherichia coli</i> - | 36 |
| 2.4. Entérocoques intestinaux | 37 |
| 2.5. <i>Staphylococcus aureus</i> | 38 |
| 2.6. <i>Clostridium sulfito-réducteur</i> | 38 |
| 2.7. Salmonelles | 39 |

| | |
|---------------------------------|----|
| 2.8. Vibrions cholériques | 40 |
| Conclusion générale..... | 41 |
| Références bibliographiques | |
| Annexes | |

Liste des abréviations

CE : Conductivité électrique

D : Dose de Moringa oleifera

DBO : Demande Biochimique en Oxygène

DCO : Demande Chimique en Oxygène

E. Coli : Echerichia Coli

IANOR: Institut Algérien de Normalisation

ISO : Intenational standart organisation

JORAD: Journal Officiel de République Algérienne

M.O: Moringa Oliefera

MES : Matière En Suspension

MMS : Matière Minérale en Suspension

MVS : Matière Volatile en Suspension

N: Azote

NH₄⁺: ammonium

NO₂: Nitrites

NO₃: Nitrates

NTK: Azote Total Kjeldahl

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

ONA : Office National d'Assainissement

P: Phosphore

pH : potentiel hydrogène

POP : Produits Organiques Persistants

REUE : Réutilisation des Eaux Usées Epurées

UV : Ultra Violet

ASR : Aérobie sulfito- réducteurs

Liste des tableaux

| | |
|---|----|
| Tableau 01 : Les techniques de désinfection les plus répondues | 12 |
| Tableau 02 : Fiche technique de la station d'épuration Est de la ville de Tizi Ouzou..... | 20 |
| Tableau 03 : Analyses physico-chimiques de l'effluent secondaire de la STEP Est de Tizi-Ouzou | 31 |
| Tableau 04 : Analyses physico-chimiques de l'effluent secondaire..... | 33 |

Liste des figures

| | |
|--|----|
| Figure 01 : Escherichia-coli sous microscope électronique à G X 1000)..... | 07 |
| Figure 02 : Aspect en microscope optique (×1000) des entérocoques | 08 |
| Figure 03 : Micrographie coloré obtenue au microscope électronique à balayage de la bactérie de <i>Staphylococcus aureus</i> . Grossissement ×20000 | 09 |
| Figure 04 : Photographie de <i>Clostridium perfringens</i> observée au microscope optique G×1000 | 09 |
| Figure 05 : Images des Salmonelles sous microscope à un grossissement de ×12000 | 10 |
| Figure 06 : Vibrions cholériques observé en microscope électronique à balayage..... | 11 |
| Figure 07 : L'arbre et les grains de <i>Moringa Oleifera</i> | 16 |
| Figure 08 : Graines et poudre de <i>Moringa oleifera</i> | 17 |
| Figure 09 : Image de la STEP Est de pont de bougie (Tizi Ouzou)..... | 18 |
| Figure 10 : Image satellite de la STEP Est de la ville de Tizi Ouzou..... | 19 |
| Figure 11 : Photo de Jart-test pendant l'essai..... | 22 |
| Figure 12 : Méthodes de dénombrement des germes revivifiables..... | 25 |
| Figure 13 : Méthode pour la recherche des coliformes par filtration sur membrane..... | 27 |
| Figure 14 : Méthode pour la recherche des entérocoques par filtration sur membrane..... | 28 |
| Figure 15 : Réduction des germes totaux en fonction de différentes quantités de la poudre des grains de <i>Moringa</i> | 34 |
| Figure 16 : Réduction des coliformes totaux en fonction de différentes quantités de poudre des grains de <i>Moringa oleifera</i> | 35 |
| Figure 17 : Réduction d' <i>Escherichia coli</i> en fonction de différentes quantités de poudre des grains de <i>Moringa oleifera</i> | 36 |
| Figure 18 : Réduction des Entérocoques en fonctions de différentes quantités de poudre de <i>Moringa oleifera</i> | 37 |

| | |
|---|----|
| Figure 19 : Réduction de staphylococcus aureus en fonction de différentes quantités de poudre de Moringa oleifera..... | 38 |
| Figure 20 : Réduction des salmonelles en fonction de différentes de poudre de Moringa oleifera..... | 39 |

Introduction
générale

Introduction générale

La réutilisation des eaux usées épurées dans le monde a connu un essor important ces dernières années (Ouanouki., 2014), par ailleurs, avec ces graves problèmes d'eau et d'assainissement fréquentés, où les eaux usées épurées sont versées directement dans les lacs et les rivières, ces derniers servaient comme source d'eau pour l'utilisation agricole ou même pour une consommation humaine, ce qui pose beaucoup de problèmes de santé pour les populations suite à la présence de germes pathogènes dans l'eau (Koné *et al.*, 2004).

Donc, le traitement tertiaire des eaux usées épurées devient obligatoire, c'est pour cela de nombreuses tentatives ont été faites pour mettre en œuvre des nouvelles technologies de traitement des effluents secondaires, mais elles n'ont pas été bien adaptés dans le contexte des pays en développement pour plusieurs raisons dont le cout élevé de l'installation des systèmes de traitement, le manque de compétences pour exploiter ces systèmes ainsi l'indisponibilité des produits chimiques locaux (Strauss *et al.*, 1997).

Cependant, l'utilisation de coagulant d'origine végétale pour le traitement de l'eau à faible coût est d'une grande importance écologique et environnementale. Dans cette optique, les graines de *Moringa oleifera* ont été signalées comme un substitut écologique aux désinfectants largement utilisées comme coagulant dans les pays en manque de ressource en eau pure (ex : Soudan) (Ndabigengesere *et al.*, 1995). En effet, les graines de cette plante tropicale contiennent une huile comestible et une substance soluble dans l'eau qui possède d'excellentes propriétés de coagulation pour le traitement de l'eau et les eaux usées (Wolters *et al.*, 1981).

Des études ont montré une forte action désinfectante du coagulant provenant des graines de *Moringa oleifera* avec des performances moyennes de 82-94% , 81-100%, 94-100% pour les coliformes fécaux, *Escherichia Coli* et les streptocoques fécaux respectivement lors du traitement de l'eau destinée à la consommation (Kabore *et al.*, 2013).

D'où la question de savoir ; si les extraits de grains de *Moringa Oleifera* pourraient fournir de bon résultat s'ils étaient utilisés pour désinfecter l'effluent secondaire liquide de la station d'épuration.

Chapitre I :

Partie

théorique

1. Caractérisation d'une eau usée

1.1. Définition d'une eau usée

Selon REJSEK (2002), les eaux résiduaires urbaines (ERU), ou eaux usées, sont des eaux chargées de polluants, solubles ou non, provenant essentiellement de l'activité humaine. Une eau usée est généralement un mélange de matières polluantes répondant à ces catégories, dispersées ou dissoutes dans l'eau qui a servi aux besoins domestiques ou industriels. Donc sous la terminologie d'eau résiduaire, on groupe des eaux d'origines très diverses qui ont perdu leurs puretés ; c'est-à-dire leurs propriétés naturelles par l'effet des polluants après avoir été utilisées dans des activités humaines (domestiques, industrielles ou agricoles).

1.2. Paramètres de qualité d'une eau usée

Avant d'évaluer l'impact des eaux usées sur le milieu récepteur, il paraît logique de présenter les caractéristiques des eaux usées épurées, qui sont les paramètres physico-chimiques, bactériologiques et parasitologiques. L'utilisation de ces paramètres constitue un moyen d'estimer la qualité de ces rejets urbain et de leurs impact sur l'environnement (Babou et M'zyen *et al.*, 2018).

1.2.1. Paramètres physico-chimiques

1.2.1.1. Température (T°)

La température de l'eau est un facteur important dans la production biologique ; elle affecte les propriétés physiques et chimiques de celle-ci, en particulier la densité, la viscosité, la solubilité des gaz (notamment celle de l'oxygène), et donc sur la conductivité électrique, et la vitesse des réactions chimiques et biochimiques (Belghiti *et al.*, 2013).

1.2.1.2. Potentiel d'Hydrogène (pH)

C'est un paramètre important de la qualité de l'eau, il permet de définir le caractère agressif ou incrustant d'une eau, il influence les équilibres chimiques et biologiques, et a une importance primordiale sur de nombreuses étapes de traitement, comme la rétention des métaux et la désinfection (Atinkpahoun *et al.*, 2018).

1.2.1.3. Matières en suspension (MES)

Elles nous renseignent sur la fraction des éléments particulaires, minéraux (MMS) ou organiques (MVS), contenues dans l'eau, la turbidité est liée à la teneur de ces particules (Metahri, 2012).

L'abondance des MES dans l'eau conduit à la réduction de la luminosité pénétrant et abaisse la production biologique.

1.2.1.4. Oxygène dissout (OD)

La présence de l'oxygène dissout dans l'eau est importante, car il permet la vie de la faune et il conditionne les relations biologiques des écosystèmes aquatiques. Sa solubilité dans l'eau dépend de plusieurs paramètres, dont la température et la pression (Rejsek *et al.*, 2002).

1.2.1.5. Demande biochimique en oxygène (DBO₅)

C'est la quantité d'oxygène consommée par les microorganismes pour la destruction ou la dégradation des matières organiques présentes dans les eaux usées par voie biochimique au bout de cinq jours à 20°C (Xanthoulis *et al.*, 1993).

1.2.1.6. Demande chimique en oxygène (DCO)

C'est la quantité d'équivalent d'oxygène nécessaire pour oxyder par voie chimique les matières oxydables présentes dans l'eau. Elle permet l'évaluation de charge polluante d'une eau usée en matière oxydable avant et après traitement (Atinkpaoun *et al.*, 2018).

1.2.1.7. Azote (N)

L'azote présent dans les eaux usées, peut avoir un caractère organique ou minéral. L'azote organique est constitué des protéines des polypeptides, les acides aminés, l'urée.

L'azote minéral se présente sous la forme d'ammonium (NH₄) de nitrates (NO₃⁻) et de nitrites (NO₂⁻).

L'ensemble de l'azote ammoniacal et l'azote organique constitue l'azote Kjeldahl (NTK) (Atinkpahoun *et al.*, 2018).

1.2.1.8. Phosphore (P)

Dans les eaux usées le phosphore se rencontre, sous forme de sel minéraux et sous formes de composés organiques. La détermination du phosphore permet de juger les conditions de traitement biologique des effluents et les risques, car le phosphore joue un rôle important dans le développement algal. (Atinkpahoun *et al.*, 2018).

1.2.2. Paramètres microbiologiques

On trouve dans les eaux usées, des charges importantes des microorganismes pathogènes (Bactéries, virus, parasites), elles constituent donc des menaces permanentes pour la santé humaine.

1.2.2.1. Bactéries

Les bactéries sont les microorganismes les plus communément rencontrés dans les eaux usées. Parmi pathogènes les plus détectées, les *Salmonelles*, dont celles responsables de la typhoïde, des paratyphoïdes et des troubles intestinaux. Des bactéries indicatrices de pollution comme les coliformes totaux et *E. coli* sont utilisées pour évaluer le niveau de décontamination (Lalami *et al.*, 2014).

1.2.2.2. Protozoaires

Au cours de leur cycle vital, les protozoaires passent par une forme de résistance, les kystes, qui peuvent être véhiculés par les eaux résiduaires. Ces parasites sont très persistants. Ainsi, selon les conditions du milieu, ils peuvent survivre plusieurs semaines, voire même plusieurs années (Campos, 2008).

Plusieurs protozoaires pathogènes ont été identifiés dans les eaux usées (Gennaccaro *et al.*, 2003). Parmi les plus importants du point de vue sanitaire, il faut citer *Entamoeba histolytica*, responsable de la dysenterie amibienne, *Giardia lamblia* et *Cryptosporidium parvum* (Toze, 2006).

1.2.2.3. Virus

Les virus sont des parasites intracellulaires obligatoires qui ne peuvent se multiplier que dans leur cellule hôte. Leur concentration estimée dans les eaux usées urbaines est comprise entre 10³ et 10⁴ particules par litre. Leur isolement et leur dénombrement dans les eaux usées restent difficiles, ce qui conduit vraisemblablement à une sous-estimation de leur nombre réel.

Les virus entériques sont ceux qui se multiplient dans le trajet intestinal. Parmi les virus entériques humains les plus nombreux il faut citer les entérovirus, les rota-virus, les rétrovirus, les adénovirus et le virus de l'Hépatite A. Il semble que les virus soient plus résistants dans l'environnement que les bactéries, du fait qu'au cours de processus de traitement des eaux usées les virus sont plus difficiles à éliminer que les bactéries classiques couramment utilisées comme indicateurs de la qualité bactériologique des eaux (Toze, 2006).

1.2.2.4. Helminthes

Les helminthes sont des parasites intestinaux, fréquemment rencontrés dans les eaux résiduaires. Dans les eaux usées urbaines, le nombre d'œufs d'helminthes peut être évalué entre 10 et 103 germes/l. Beaucoup de ces helminthes ont des cycles de vie complexes comprenant un passage obligatoire par un hôte intermédiaire (Aulicino *et al.*, 1996). Le stade infectieux de certains helminthes est l'organisme adulte ou larve, alors que pour d'autres, ce sont les œufs. Les œufs et les larves sont résistants dans l'environnement et le risque lié à leur présence est à considérer pour le traitement et la réutilisation des eaux résiduaires. En effet, la persistance de ces organismes à différentes conditions environnementales ainsi que leur résistance à la désinfection permet leur reproduction, ce qui constitue leur risque potentiel. Les helminthes pathogènes rencontrés le plus fréquemment dans les eaux usées sont : *Ascaris lumbricades*, *Oxyurisvermicularis*, *Trichuristrichuria*, *Taeniasaginata* (Campos, 2008).

2. Evaluation et amélioration de la qualité microbiologique d'une eau usée

L'eau usée, a été considérée dans de nombreux pays (arides et semi-arides) du monde comme une ressource supplémentaire et durable, qui permet la réduction de l'utilisation de l'eau potable pour des usages qui n'exigent pas une eau de très bonne qualité.

Mais, cette ressource dite supplémentaire et durable, présente un substrat favorable pour le développement des germes pathogènes (Bactéries, Virus, Parasites, ...), qui présente un danger considérable pour la santé humaine.

La charge des eaux usées en agents pathogènes, est en fonction de l'état sanitaire de la population à l'origine de ces eaux.

Le risque d'infection d'origine hydrique par ces agents pathogènes, dépend essentiellement de la qualité de traitement et d'épuration de l'eau, dose infectante ainsi que la susceptibilité de la population exposée (Carre *et al.*, 2008).

2.1. Contamination bactérienne des eaux usées

Les agents responsables de la contamination de l'eau, sont les hommes et les animaux. Cette contamination provient habituellement, de leur tube digestif et sont éliminées par les excréments, on parle alors de contamination fécale.

2.1.1. Indicateurs de contamination d'une eau usée

L'identification, l'isolement et le dénombrement de l'ensemble des microorganismes susceptibles d'avoir un impact sur la santé humaine, représente un coût et un temps d'analyse si élevés que pour la potabilisation de l'eau. Cette méthode n'est pas envisagée, c'est pourquoi, il est nécessaire de rechercher des microorganismes indiquant une contamination. Cet indicateur idéal présente les caractéristiques suivantes :

- **La spécificité** : il doit être constamment retrouvé dans les matières fécales de l'homme et les animaux, et absent dans la nature non polluée.
- **La sensibilité** : il doit être isolé en même temps que les germes pathogènes, et sa quantité doit être supérieure qu'eux.
- **La résistance** : sa résistance aux agents désinfectants doit être supérieure à celle des germes pathogènes.
- **La facilité d'identification** : par rapport aux germes pathogènes, il doit être facile à identifier et il doit être reconnu et classé, en tant qu'espèce selon les critères bactériologiques.
- **La relation avec l'épidémiologie** : il ne doit pas causer de risques excessifs de maladie pour le personnel du laboratoire (Carré *et al.*, 2017)

L'indicateur idéal qui répond à toutes ces conditions n'existe pas pratiquement, il faut donc choisir plusieurs indicateurs complémentaires.

2.1.1.1. Flore mésophile totale à 22°C et à 37°C

Regroupe toute bactérie aérobie, levure, moisissure capable de former des colonies dans un milieu spécifique. Ces microorganismes sont considérés comme indicateur de pollution. Toute augmentation soudaine dans le nombre obtenue constitue le premier avertissement d'une pollution sérieuse (Bousseau *et al.*, 2000).

2.1.1.2. Coliformes Fécaux thermo-tolérants

Constituent un sous-groupe des coliformes totaux, capable de développer à 44°C. Elles sont considérées comme indicateurs de contamination fécale. Ce groupe est principalement constitué d'*Escherichia coli*.

- ***Escherichia coli***

Cette espèce est associée à une origine fécale et considéré comme un bon indicateur d'une contamination récente.

E. Coli est une espèce particulière capable d'exprimer l'enzyme β -D glucuronidase (ISO, 2014).

Cette souche est très sensible aux agents de désinfection ainsi que les stressés environnementaux, donc il ne suffit pas de garantir l'efficacité de l'étape de désinfection sur les autres organismes pathogènes.

Mais le fait que certaines souches de coliformes sont plus résistantes permet de vérifier l'efficacité de traitement de désinfection. (Harwood *et al.*, 2005).

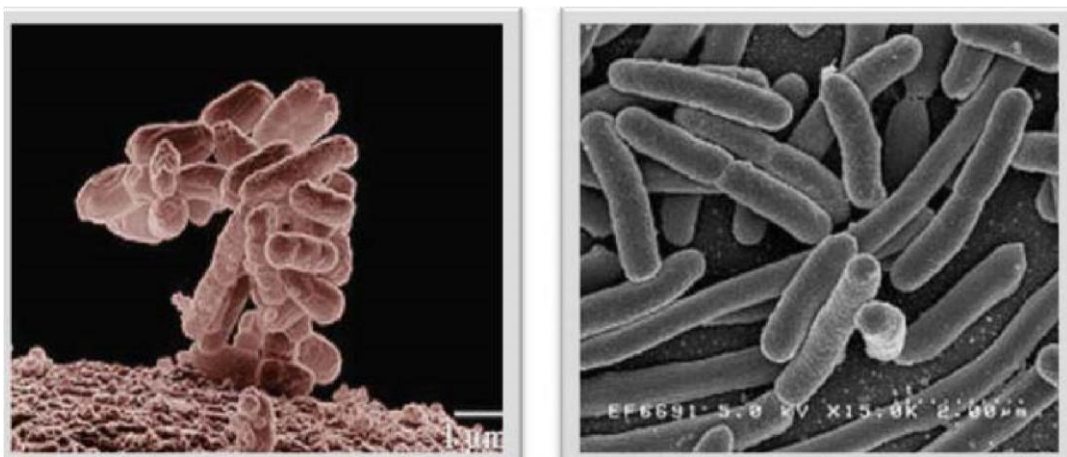


Figure 01 : *Escherichia coli* sous microscope électronique à G X 1000 (Avril *et al.*, 2000)

2.1.1.3. Entérocoques intestinaux

Sont des cellules sphériques gram+ non sporulantes et à métabolisme anaérobie, sont considérés comme un bon indicateur d'une contamination fécale (Servais *et al.*, 2009).

Le fait que le cycle de vie des entérocoques, est plus long que les E. Coli dans l'eau, cela peut constituer un avantage si l'en cherche à identifier une contamination fécale ancienne.

La présence des entérocoques intestinaux est un signe corrélé à la présence des protozoaires et les helminthes, mais son absence ce n'est pas forcément un signe d'absence de risque, car les entérocoques sont moins résistants aux traitements de désinfection que les protozoaires et les helminthes. (Byappanahalliet *et al.*, 2012).

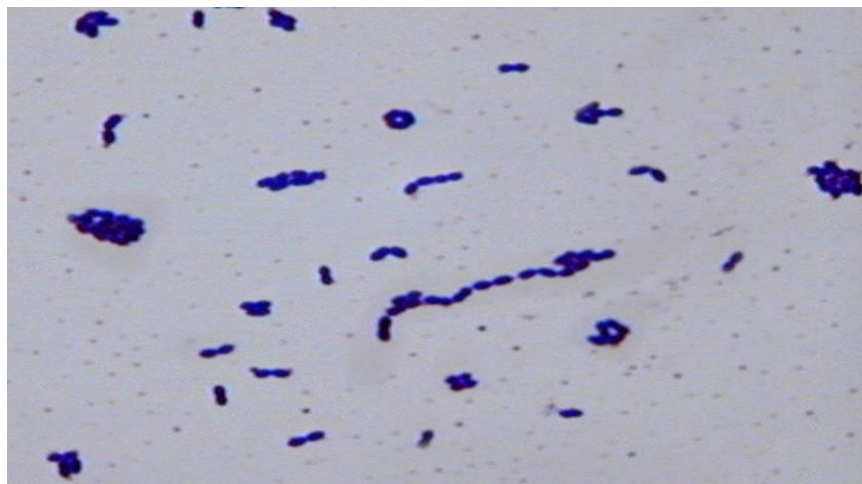


Figure 02 : Aspect en microscope optique ($\times 1000$) des *entérocoques*

2.1.1.4. *Staphylococcus aureus*

Est une bactérie sphérique, aérobie facultative, non mobile, non sporulante à gram+ et généralement disposé en groupes irréguliers, il peut provoquer des maladies grave par l'envahissement des tissus ou par la production des enzymes et des toxines extracellulaires. Les staphylocoques peuvent être détectées dans les eaux usées, cela peut être causé par le contacte de l'Homme avec les environnements aquatiques, car cette bactérie fait partie de microflore normale de la peau humaine (Lechevalier, 1980).

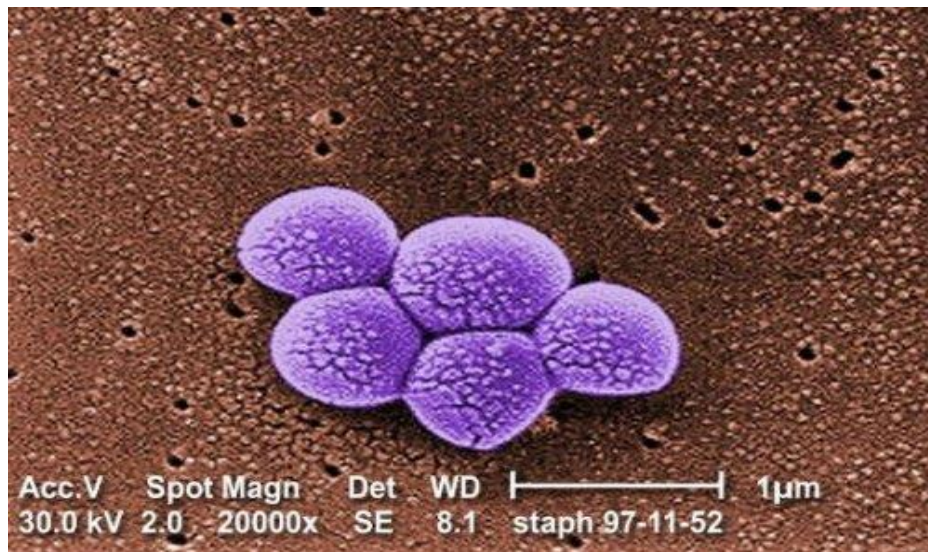


Figure 03 : Micrographie coloré obtenue au microscope électronique à balayage de la bactérie de *Staphylococcus aureus*. Grossissement 20000×

2.1.1.5. *Clostridium Sulfito Réducteur*

Il s'agit d'un bacille anaérobie à gram+, sporulé et producteur de toxines, qui se transmettent à l'homme par voie fécale et orale.

Cette espèce est également résistante aux traitements de désinfection, ce sont des germes capables de se multiplier et de se maintenir très longtemps dans l'eau sous forme végétative de spores (Camille *et al.*, 2014)



Figure 04 : Photographie de *Clostridium perfringens* observée au microscope optique G×1000 (Pourcher *et al.*, 2007)

2.1.1.6. *Salmonella*

De la famille de Entérobactéries, ce sont des bacilles mobiles à gram+, est une bactérie largement répandue dans le monde, bien que leur virulence et leur pouvoir pathogène varie considérablement, ils sont généralement considéré comme pathogène.

La salmonelle peut provoquer des maladies graves. L'eau étant un vecteur d'infection reconnu, lorsqu'on considère qu'il existe un risque d'infection, l'eau doit être vérifiée pour la présence de salmonella. (ISO, 2012).



Figure 05 : Images des *Salmonelles* sous microscope à un grossissement X 12 000

2.1.1.7. *Vibrion cholérique*

Vibrion cholérique est un bacille Gram négatif, mobile, en forme de bâtonnet incurvé, non invasif, qui produit une toxine responsable de la diarrhée abondante caractéristique du choléra.

Vibrion cholérique peut survivre une ou deux semaines dans l'eau, plusieurs jours dans de la nourriture alcaline humide (riz, pâtes, céréales, œufs) à température ambiante et encore plus longtemps si la nourriture est réfrigérée ou congelée. Par contre, il ne survit pas à la sécheresse ou en milieu acide. Il est entièrement détruit par l'ébullition (EL Marrakchi, 2012).

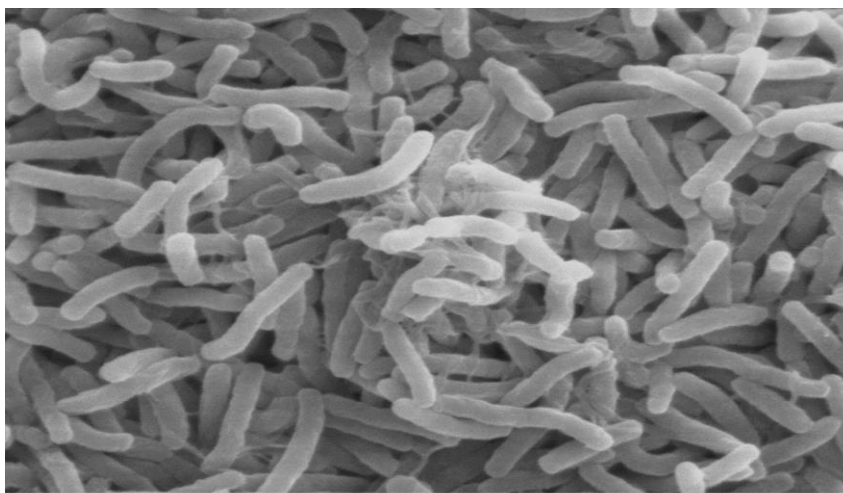


Figure 06 : *Vibrions cholériques* observé en microscope électronique à balayage

2.2. Désinfection

La désinfection consiste en la destruction des germes pathogènes pour lutter contre les maladies épidémiques.

Cette étape du traitement tertiaire, permet donc de s'affranchir définitivement des risques d'infections liées à des germes encore présents.

La plupart des stations d'épuration, ne s'intéresse pas à la qualité microbiologique de l'eau épurée (Servais *et al.*, 2009).

2.2.1. Différents procédés de désinfection

2.2.1.1. Procédés chimique

La désinfection chimique fait appel à des oxydants qui sont plus recommandés, l'ozone et le chlore.

Tableau 01: les procédés de désinfection chimiques les plus répandus (Benoite *et al*, 2011)

| | Ozone | Chloration | | |
|------------------|--|--|--|--|
| | | Chlore gazeux | Bioxyde du Chlore | Eau de Javel |
| Formule chimique | O ₃ | Cl ₂ | ClO ₂ | NaClO |
| Etat | Gazeux | Gazeux | Gazeux | Liquide |
| Principe | -Décharge électrique dans l'oxygène entre deux électrodes -Production d'un radical détruisant les microorganismes | Puissant désinfectant qui inhibe les fonctions enzymatiques des Bactéries | | |
| Avantages | -Spectre d'action large -Très efficace contre les virus | -Présence d'un résiduel qui garantit la désinfection -Grande facilité d'utilisation | -Grande efficacité contre les pathogènes -Plus efficace que Cl ₂ -Ne réagit pas avec la matière organique | |
| Inconvénients | -Très instable -Pas de résiduel | Reviviscence bactérienne possible | -Instable -Peut générer | -Présence possible des sous-produits indésirables de |

| | | | | |
|----------------|--|--|---|--|
| | -Grande consommation d'énergie -Coût d'investissement important | -Gaz corrosif -Présence possible de sous-produits indésirable -Responsable de mauvaise odeur et goût | des chlorites ClO ₂ ⁻ -Assez cher | mauvais goût et odeur -Provoque la précipitation du calcium -Solution se dégrade dans le temps |
| Effet rémanent | Non | Oui | Oui | Oui |

2.2.1.2. Procédés physiques

Ce procédé met en œuvre deux processus, destruction et /ou rétention des microorganismes.

Dans la destruction en fait appel aux Ultra-violet, d'où l'irradiation aux rayonnements UV a pour objectif principale l'absence de formation des produits organiques persistants (POP), comparativement avec les méthodes chimiques.

Et pour la rétention des microorganismes en fait appel à la filtration sur sable ou sur membrane qui permet de retenir une quantité significative de microorganismes pathogènes et indicateurs (Servais *et al.*, 2009).

2.2.1.3. Procédés biologiques

- **Le lagunage**

Le traitement des eaux usées à travers le lagunage (aéré ou non aéré) se caractérise par sa simplicité et son excellent pouvoir pour l'évolution de la matière organique et de la charge hydraulique. Le lagunage lui-même n'est pas une méthode de désinfection, mais il est difficile pour les microbes intestinaux humains de survivre. Une étude sur l'élimination des microorganismes pathogènes dans des eaux usées a montré que le nombre de microorganismes surveillés dans les étangs aérés a été fortement réduit.

L'efficacité microbienne du bassin d'aération dépend du temps de séjour et du nombre de cellules.

Le lagunage constitue donc un traitement bénéfique et efficace. En effet, les coûts d'investissement et de fonctionnement sont relativement faibles et le temps de séjour fourni par les principales méthodes de traitement est généralement suffisant pour réduire la quantité des coliformes fécaux. Si nécessaire, les méthodes peuvent être encore réduites en augmentant le volume du bassin et donc en augmentant le temps de séjour (Payment *et al.*, 2006).

- **La désinfection solaire**

Nommée la méthode de SODIS, permet d'éliminer les bactéries pathogènes par les rayonnements solaires directes et naturels (Helali *et al.*, 2014). Il permet la désinfection de l'eau dans des bouteilles en éthylène polyphalate placée sur un toit en tôle métallique. Cette méthode SODIS a été d'abord étudiée par (Acra *et al.*, 1980) avec une quantité d'environ 3L, après 1 heure, il n'y avait pas de coliforme dans l'eau. En 1996 (Joyce *et al.*) ont montré qu'une eau très trouble peut complètement inactiver les bactéries par les rayons ce n'est que lorsque la température de l'eau atteint au moins 55°C.

- **Jus de Citron**

Les scientifiques ont découvert un processus facile et peut rapidement tuer les bactéries dans l'eau, il s'agit d'un processus efficace et peu coûteux qui peut simplifier la vie de millions de personnes qui n'ont pas accès à l'eau potable. En ajoutant du citron à l'eau exposées au soleil, les scientifiques ont réussi d'éliminer les bactéries nocives pour l'Homme notamment Escherichia-Coli à un rythme beaucoup plus rapide qu'une désinfection au soleil (Agbota *et al.*, 2017).

- ***Moringa Oleifera***

Les graines de *Moringa oleifera* comme coagulant dans le traitement de l'eau est bien connu. C'est le coagulant naturel le plus étudiés, la *M.Oleifera* est connu pour ces nombreuses utilisations comme l'alimentation et la phytothérapie dans les pays en développement. Dans les régions Africains, les communautés utilisent les grains de *M.Oleifera* pour clarifier l'eau turbide (Folkard *et al.*, 2002).

La clarification de l'eau permet d'éliminer une partie de bactéries en éliminant les colloïdes, et les grains de *M.Oleifera* ont un pouvoir stérilisant, cela a été signalé dans la littérature. Ce qui en fait un produit de désinfection intéressant (Antov *et al.*, 2010).

Le développement des techniques de traitement moins coûteuses et la mise en œuvre des produits et des matériaux localement disponibles sont donc nécessaires.

Les recherches des produits naturels locaux pouvant agir de la même façon que les produits chimiques ont commencé depuis les années 1980, mais ce n'est que tout récemment qu'on s'intéresse à ces produits naturels pour réduire le coût de traitement de l'eau, c'est le cas de la *M.Oleifera* (Ndabigengesere *et al.*, 1995).

Moringa oleifera, arbre tropical à usages multiples, est passé en une décennie du statut de plante marginale, voire inconnue à celui de nouvelle ressource alimentaire et économique pour les pays en développement. Elle constitue un complément alimentaire et se positionne comme un produit tonifiant fortifiant et stimulant du système immunitaire.

Vu que ces vertus thérapeutiques nombreuses, la *M.Oleifera* est utilisée en médecine traditionnelle pour le traitement de maladies métaboliques inflammatoires, infectieuses, parasitaire, tumorale, il est aussi utilisé pour la purification de l'eau (Atakpama *et al.* ; 2014).

➤ Utilisation de la *Moringa oleifera* dans la purification de l'eau

La contribution de quelques chercheurs et pharmaciens dans la recherche et l'étude de la plante *M.Oleifera* ont montré que cette dernière possède une propriété ou potentiel dans la purification de l'eau.

Puisque, les graines contiennent des poly électrolytes cationiques actifs utilisés comme poly peptides naturels non toxiques, qui neutralisent les matières colloïdales et provoquent la sédimentation des particules minérales et organique.



A : Arbres

B : Graines

Figure 07 : L'arbre et les grains de Moringa Oleifera (Andelson *et al*, 2007)

Chapitre II :
Partie
experimentale

Matériels et méthodes

1. Cadre d'étude

1.1. Présentation du matériel végétatif –*Moringa Oleifera*-

Le *Moringa*, *Moringa Oleifera*, est probablement la plante la plus populaire de la banque de semences d'espèces tropicales (Price, 2007). Espèce originaire d'Arabie et de l'Inde, elle s'est bien acclimatée et cultivée en Afrique tropicale sèche. Très résistante à la sécheresse, elle préfère les sols drainés et secs. Dans le Grand Nord du Cameroun le *Moringa* est actuellement l'arbre le plus prisé grâce à ses usages multiples (Folkard *et al.*, 1995).

Moringa Oleifera a une capacité de traitement de l'eau. En effet le problème de l'eau est bien l'un des plus préoccupants problèmes des pays en développement. Pour purifier l'eau, les sels d'aluminium sont les coagulants les plus utilisés dans le monde. Des sels ferriques et des polymères synthétiques sont des solutions alternatives mais déjà moins efficaces. De plus, ces produits demeurent coûteux. Dans ce contexte, le *Moringa Oleifera* peut s'avérer devenir une solution durable au phénomène d'approvisionnement des populations en eau potable. Il est très efficace pour faire disparaître les bactéries et diminuer la turbidité de l'eau. Le coagulant du *Moringa Oleifera* est une protéine polyélectrolyte cationiques qui ont montré leur efficacité dans le traitement des eaux en remplacements du sulfate d'alumine et des autres flocculant.

Dans notre étude, nous avons utilisé la poudre des graines de *Moringa oleifera* commercialisée.



Figure 08: Graines et poudre de *Moringa Oleifera*

1.2. Présentaion de la zone d'étude

La station d'épuration de Tizi Ouzou a été conçue au début des années 90, mise en service en août 2001, et remise à l'ONA en juillet 2003. L'ONA en s'est engagé à adopter une méthode de gestion environnementale conforme à la norme ISO 14001 édition 2004, ou a été certifiée pour la première fois en 2007. Dans le domaine de la gestion et du fonctionnement des systèmes de santé, cette distinction est encore la première aux niveaux national et africain.

L'étude de projet a été effectuée par la direction de l'hydraulique de la wilaya de Tizi Ouzou, en collaboration avec la société française DEGEMENT.

Son objectif est d'épurer les eaux usées à l'est de la ville de Tizi Ouzou et de réduire la pollution pour garantir et assurer la qualité des milieux récepteurs. Selon le procédé (boues activées libres), la capacité théorique de traitement quotidien est de 18000 m³/ jour, pouvant accueillir 120000 habitants (ONA., 2021).



Figure 09: Image de la STEP Est de pont de bougie (Tizi Ouzou)

1.2.1. Situation géographique

La station d'épuration de Tizi Ouzou est située sur la rive gauche d'oued sebaou à 200m en amont du pont de bougie sur le chemin de wilaya N°124 reliant Tizi Ouzou à Béjaia. La STEP est donc implantée à la sortie est de la ville de Tizi Ouzou, en dehors du tissu urbain. D'une superficie de 35591 m² dont 14714 m² bâtis.

Le terrain de la station représente une superficie de 3,56 ha, délimité au Nord par chemin département N°124, à l'Ouest par terrain privé, à l'Est par la rive gauche d'Oued Sebaou et au Sud par le Talweg.

Le terrain de la station occupe une partie de la berge d'oued Sebaou présenté une pente d'orientation Nord-Sud relativement douce. L'altitude moyenne du site est de 70 m voir figure ci-dessous:



Figure 10: Image satellite de la STEP Est de la ville de Tizi Ouzou

1.2.2. Nature et caractéristiques de rejet

Les effluents arrivent à la station par un réseau unitaire par voie gravitaire. Les eaux usées à traiter sont d'origine urbaine.

Les caractéristiques des eaux brutes de la STEP Est sont établies dans le tableau suivant : (ONA, 2021)

Tableau 02: Fiche technique de la station d'épuration Est de la ville de Tizi Ouzou

| Désignations | Valeurs |
|---|--------------------------|
| Type du réseau | Unitaire |
| Natures des eaux brutes | Domestique |
| Population raccordée | 120 000 EH |
| Charges hydrauliques | |
| Débit journalier en temps sec | 18 000 m ³ /j |
| Débit moyen journalier | 750 m ³ /j |
| Débit de pointe en temps sec | 1 620 m ³ /j |
| Débit de pointe en temps de pluie | 2 250 m ³ /j |
| Charges polluante en DBO₅ | |
| ❖ Flux journalier | 6 500 Kg/J |
| ❖ Concentration moyenne | 360 mg/l |
| Matières en suspension (MES) | |
| ❖ Flux journalier | 8 400 Kg/J |
| ❖ Concentration moyenne | 466 mg/j |
| pH | 6.5 à 8.5 |
| Température | < à 25°C |

1.2.3. Echantillonnages

L'échantillonnage appliqué au niveau de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou consiste à prélever un volume déterminé de l'eau usée traitée.

Le prélèvement se fait en profondeur du canal et en contre-courant dans des flacons qui doivent être préalablement stérilisés.

- **Période d'échantillonnage**

L'échantillonnage était fait dans la période de 17 Mai au 7 juin 2021 avec une fréquence d'un prélèvement par semaine.

- **Le transport de l'échantillon d'eau**

Selon la norme ISO NF T 90-420 de février 1987. Le transport des échantillons doit se faire dans une glacière à 4°C dans le but de préserver les caractéristiques initiales de l'eau (éviter la prolifération des microorganismes).

1.3. Analyses bactériologiques

L'analyse bactériologique a pour but la recherche et le dénombrement des germes existant dans l'eau usée après avoir passé sur les différents procédés d'épuration (prétraitement et traitement biologique) et après la décontamination de cette eau avec la *Moringa oliefera*.

Un examen bactériologique ne peut être valablement interprété que s'il est effectué sur un échantillon correctement prélevé, dans un flacon stérile, Selon un mode opératoire précis évitant toute contamination, correctement transporté au laboratoire et analysé dans des conditions satisfaisantes (Rodier, 2009).

Les analyses de l'eau traitée et l'eau décontaminée ont été effectuées au sein du laboratoire de traitement des eaux de la faculté des sciences Biologiques et Agronomiques de l'université Mouloud Mammeri.

1.3.1. Préparation du *Moringa oleifera*

- Solution de la poudre et traitement de l'eau

A travers plusieurs recherches (Amegloh *et al.*, 2009; Silva *et al.*, 2013; Tchangoue *et al.*, 2018). nous avons opter au protocole suivant:

Des concentrations de solutions de poudre de *M.Oleifera* ont été préparées en dissolvant 250mg (D1) et 350mg (D2) et 450mg (D3) de la poudre de grains de *M.Oleifera* dans 100 ml d'eau distillée.

La solution a été agitée puis laisser reposer pendant une heure pour extraire et activer les protéines coagulantes et antimicrobiennes de la poudre de *M.Oleifera*. Chacune des concentrations a été versée dans 900 ml d'eau brute (eau usée traitée) contenue dans un béccher de un Litre.

L'eau a été agitée à 300 tours/ min pendant 5 minutes, puis 50 tours/min pendant 20 minutes dans le Jar-test (Tchangoue *et al.*, 2018). L'eau traitée a ensuite été laissée décanter non perturbée pendant 2 heures.

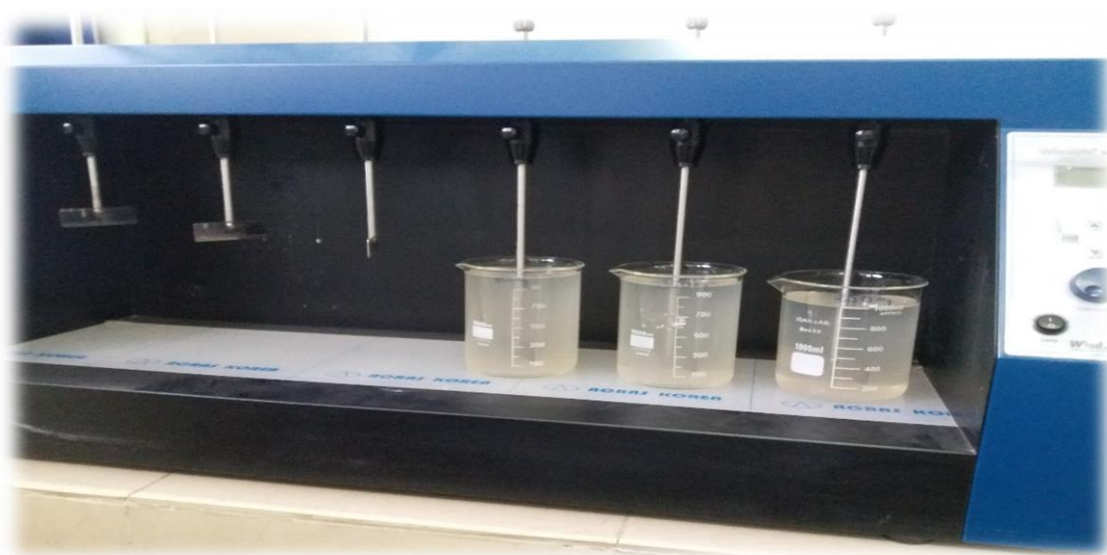


Figure 11: Photo de Jar-test pendant l'essai de coagulation

1.3.2. Méthodes de recherche et dénombrement

1.3.2.1. Dénombrement de la flore mésophile totale à 22° C et à 37° C (la norme NF EN ISO 6622 juillet 1999)

Principe de la technique

Il s'agit d'une technique de numération de manière non spécifique de plus grand nombre de microorganismes après incorporation de volume d'échantillon ou de ces dilutions dans un milieu gélosé.

Mode opératoire

- **Préparation de l'échantillon**

-Agiter soigneusement et de façon prolongée le flacon d'échantillon, de manière à remettre les microorganismes en suspension homogène.

-Prélever ensuite, stérilement, 1ml de l'échantillon et procéder à l'étape d'ensemencement.

- **Ensemencement**

-Placer un volume de prise d'essai de 1 ml de ses dilutions, d'une manière stérile, dans le fond d'une boîte de pétri.

-Utiliser une pipette stérile de 1ml, en débutant par la dilution la plus forte jusqu'à la plus faible.

Ajouter 15 à 20 ml de gélose fondue de PCA ou TGEA (maintenue en surfusion à 45°C) et mélanger avec précaution par rotation de la boîte de pétri, sans faire de bulles et sans mouiller les bords extérieurs, afin de répartir les bactéries de manière homogène sur la surface de la boîte. Le temps entre l'addition de la prise d'essai(ou dilution) et l'addition du milieu fondu ne doit pas dépasser 15minutes.

-Laisse le milieu solidifier sur une surface plane, horizontale et fraîche.

-Retourner les boîtes et incuber une série à 37°C pendant 24 h et l'autre série à 22°C pendant 24h.

-Dénombrer les colonies.

Matériels et méthodes

- Calculer le nombre d'unités formant colonies (UFC) par millilitre d'échantillon à partir du nombre de colonies apparus sur le milieu de culture et en respectant le mode de calcul donné par la norme, selon la formule suivante :

$$N = \frac{\sum \text{des colonies}}{V_{ml} \times (n_1 + 0.1n_2) d_1}$$

- **N** : Nombre d'UFC par ml de produit initial ;
- $\sum \text{des colonies}$: Sommes des colonies des boîtes interprétables ;
- V_{ml} : Volume d'inoculum déposé par boîte (1ml) ;
- n_1 : Nombre de boîtes considéré à la première dilution retenue ;
- n_2 : Nombre de boîtes considéré à la seconde dilution retenue ;
- d_1 : Facteur de la première dilution retenue.

Matériels et méthodes

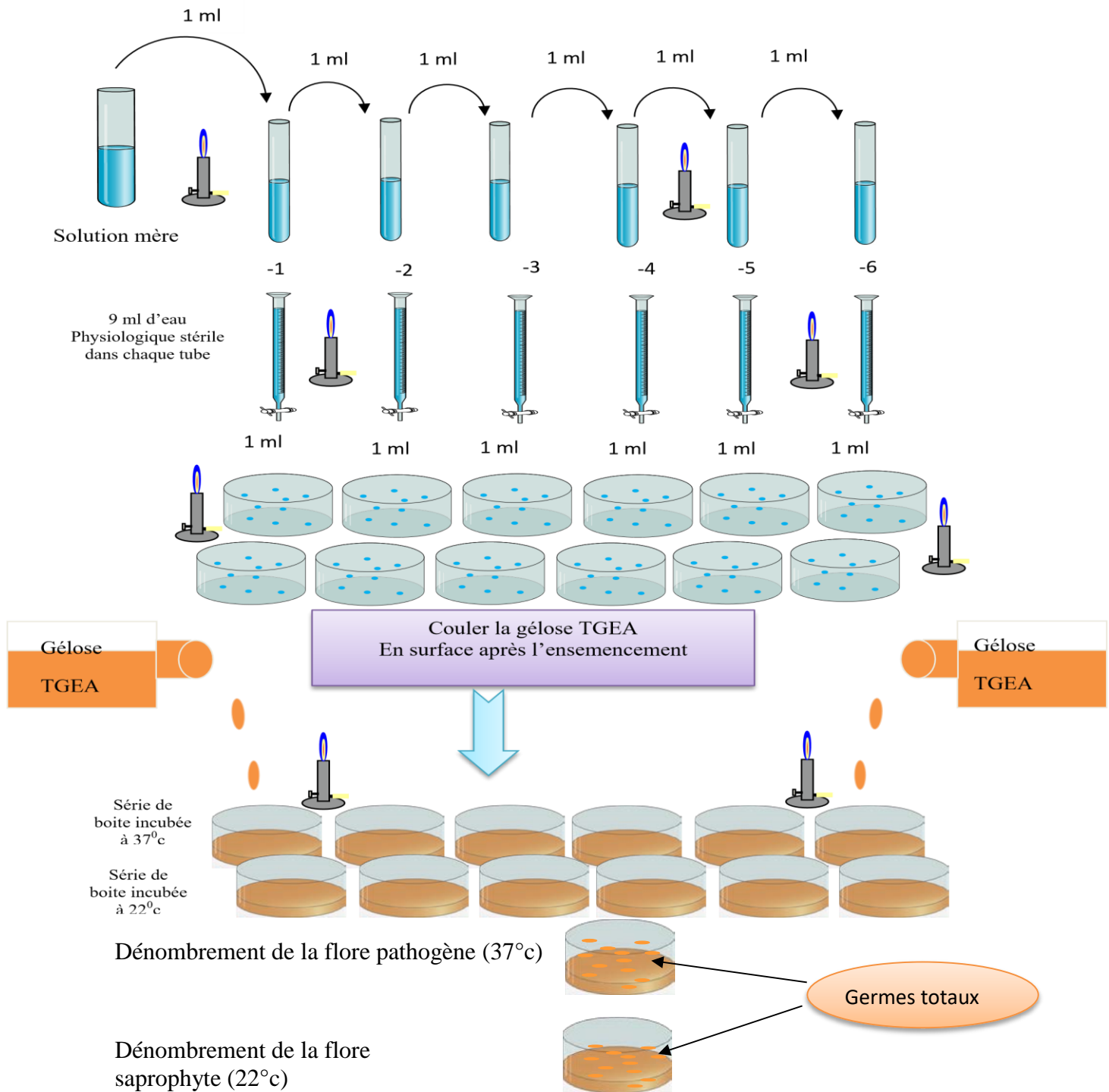


Figure 12: Méthodes de dénombrement de la flore mésophile totale

1.3.2.2. Isolement des coliformes

- **Méthode par filtration sur membrane (la norme ISO9308-1)**

Cette méthode consiste à rechercher et dénombrer des *Escherichia coli* et des coliformes qui sont présentes dans tous type d'eau.

En utilisant une rampe de filtration et des filtres de 45µm.

Mode opératoire

-Stériliser l'entonnoir gradué en verre ainsi que le filtre poreux en les faisant passer à travers la flamme du bec bunsen ;

-Refroidir avec de l'eau à analyser ou avec de l'eau distillée ;

-Flamber la pince et transférer dans des conditions d'asepsie la membrane poreuse de 45µm et la mettre entre l'entonnoir et le filtre poreux ;

-Fixer ce dispositif avec la pince correspondante ;

-Verser ensuite aseptiquement entre deux becs bunsens les échantillons à analyser ;

-Actionner la pompe à vide pour absorber l'eau à travers la membrane ;

-Après avoir filtré toute la quantité d'eau (100ml), arrêter la pompe et retirer l'entonnoir en verre ;

-Retirer la membrane à l'aide d'une pince stérile, et la transférer immédiatement sur la surface d'une plaque de gélose TTC ou Chromagar préalablement préparée ;

-Incuber les boîtes de pétries couvercle en bas à 37°C ; pendant 24h (jusqu'à 48h) pour les coliformes totaux, et incuber à 44°C pendant 24h afin d'avoir les coliformes fécaux ;

-Après incubation, considérer les colonies considérer les colonies lactose positif comme caractéristique des coliformes, quelle que soit leur taille, si le milieu présente une coloration jaune sous la membrane.

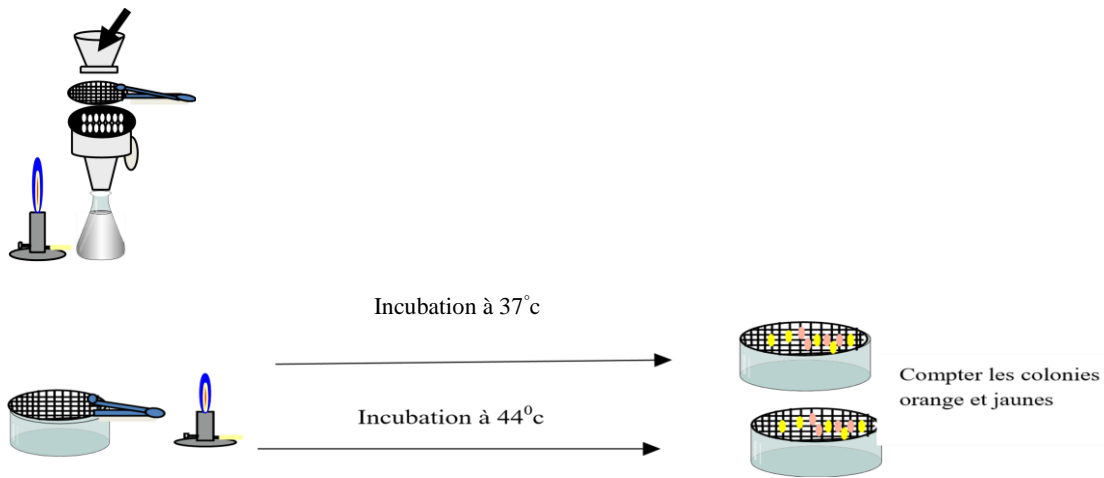


Figure 13 : Méthode pour la recherche des coliformes par filtration sur membrane

1.3.2.3. Recherche des entérocoques intestinaux

Méthode par filtration sur membrane (la Norme ISO 7899-2 NA 766)

Cette technique de dénombrer les entérocoques dans l'eau par filtration sur membrane.

- **Mode opératoire**

La recherche des entérocoques, se déroule selon le même procédé utilisé pour la recherche des coliformes par la méthode de filtration, sauf qu'ici la membrane est déposée sur la plaque de Slanetz et Bartley.

Après incubation durant 24 h à 37°C, on procède au dénombrement des colonies qui présentent une coloration rouge, marron ou rose, pouvant être limitée à leur centre ou à leur périphérie, et provenant de la réduction du TTC par les entérocoques.

La confirmation du genre *enterococcus* se fera par transfert de la membrane à l'aide d'une pince stérile sur un milieu à l'esculine préalablement chauffée à 44°C et incubation de ce milieu à 44°C pendant 2 heures. Les colonies présentent une coloration foncé noire sur cette gélose seront dénombrées comme des entérocoques. Cette coloration est due à l'hydrolyse de l'esculine présente dans le milieu.

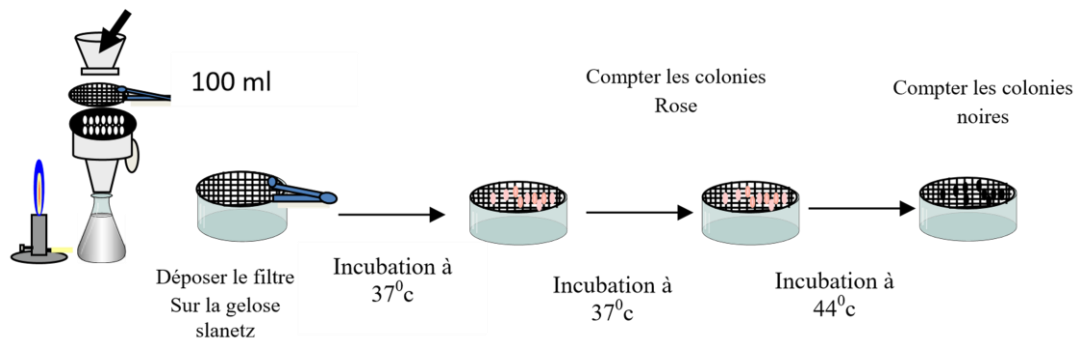


Figure 14 : Méthode pour la recherche des entérocoques par filtration sur membrane

1.3.2.4. Isolement des staphylocoques à coagulase positive (Norme NF ISO 7218)

Cette méthode de référence, consiste à rechercher et dénombrer des Staphylocoques à coagulase positive dans des eaux, par filtration sur membrane.

- **Mode opératoire**

La recherche de ces germes se déroule grâce à une filtration décrite précédemment toute, en transférant la membrane aseptiquement, à l'aide d'une pince stérile, sur la surface d'une plaque de gélose Chapman au mannitol préalablement préparée.

Cette dernière est incubée couvercle en bas à 37°C pendant 48 heures.

- **Lecture**

Après incubation, les colonies spécifiques de staphylocoques sont représentées sous forme de petites colonies lisse légèrement bombé à contours réguliers, pigmentées soit en jaune.

- **Test de catalase**

En mettant en contact la colonie avec de l'eau oxygénée, si elle est dotée de cette enzyme il y aura apparition des bulles.

1.3.2.5. Isolement des spores de bactéries Clostridium sulfito-réducteurs (la norme ISO 6461/2- 1986)

- **Méthode de filtration sur membrane**

Cette technique consiste en la recherche et le dénombrement des spores des bactéries anaérobies sulfito- réductrices sur membrane.

- **Mode opératoire**

-Sélection de la spore en détruisant toutes formes végétatives par chauffage de l'eau à analyser au bain marie à 75°C, pendant 15 minutes à partir du moment où cette température a été atteinte. Ensuite on réalise un choc thermique sous l'eau du robinet.

-Filtrer 100 ml de cette eau sur une membrane, face supérieure tournée vers le bas, dans le fond d'une boîte de pétri stérile et vide, en s'assurant qu'il ne reste pas de bulles d'air emprisonnées sous le filtre ;

-Verser ensuite soigneusement 18ml de milieu de culture liquéfié (gélose viande foie), préalablement refroidi à environ 45°C, sur la membrane en l'immobilisant avec les pinces stériles ;

-Après solidification de la gélose, incuber en atmosphère anaérobie dans une jarre à anaérobiose à 37°C pendant 24h et 48h

- **Lecture**

Compter toutes les colonies noires après incubation et donner le résultat en nombre de spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices en fonction du volume filtré.

1.3.2.6. Recherche des Salmonelles (la Norme ISO 6340)

Cette méthode consiste à rechercher et identifier les Salmonelles présentes dans l'eau, par filtration sur membrane.

- **Mode opératoire**

-Filtration de 250 ml d'eau sur une membrane de 0,45µm.

-Placer le filtre dans 50 ml de l'eau peptonée tamponnée afin d'effectuer le pré-enrichissement et incuber à 37°C pendant 24 heures.

-Après incubation, transférer 1 ml du bouillon d'enrichissement dans 10 ml du milieu Rappaport Vassiliadis préalablement chauffé à 42°C, et incuber à 37°C pendant 18 à 24 heures.

-Repiquer à l'aide d'une anse le milieu Hektoen afin d'effectuer un isolement et incuber à 37°C pendant 24h

- **Lecture**

-Colonies ayant un contour régulier.

-Colonies ayant la couleur du milieu, parfois avec ou sans centre noir sur la gélose Hektoen.

1.3.2.7. Isolement du vibron cholérique (Norme ISO / TS 21872-1)

Cette technique consiste à rechercher de vibron cholérique dans des eaux usées épurée, par filtration sur membrane.

- **Mode opératoire**

-Verser 450 ml dans un flacon d'eau peptonée alcaline dans le but d'effectuer un pré-enrichissement puis incuber à 24h à 37°C.

-Après incubation, transférer 1 ml du bouillon d'enrichissement dans 10 ml d'eau peptonée alcaline (enrichissement).

-Après incubation, on ensemence une plaque de gélose GNAB à partir du bouillon d'enrichissement, incubé à 37°C pendant 24h.

- **Lecture**

-Apparition de colonies plates et transparente.

-Effectuer un frotti sous microscopique.

*Résultats et
discussions*

1. Analyses physico-chimiques

- **Analyses réalisées au laboratoire de la STEP Est de Tizi-Ouzou**

A la sortie des eaux usées épurées à l'exutoire de la STEP Est de Tizi-Ouzou des différents paramètres physicochimiques ont été mesurés en moyenne d'une analyse par semaine (Tableau 03), telle que la demande biochimique en oxygène (DBO₅) d'une moyenne de 16,5 mg/l, les nitrates 4,5 mg/l, et les ortho-phosphates 1,2 mg/l, par cela ces paramètres répondent aux normes algériennes respectivement (DBO₅ 30 mg/l, NO₃ 30 mg/l) (IANOR,2014), mais la demande chimique en oxygène DCO de 119,21mg/l, cette valeur est un peu plus élevée par rapport à la norme (90mg/l) expliquée par le réseau unitaire qui collecte même les eaux industrielles.

Tableau 03 : Analyses physico-chimiques de l'effluent secondaire de la STEP Est de Tizi-Ouou

| Paramètres | Unité | Semaine 1 | Semaine 2 | Normes Algérienne |
|------------------|-------|-----------|-----------|-------------------|
| Ortho phosphates | mg/L | 1,2 | 1,3 | / |
| NO ₃ | mg/L | 5,92 | 3,08 | 30 |
| DCO | mg/L | 102,3 | 136,13 | 90 |
| DBO | mg/L | 17 | 16 | 30 |

- **Analyses réalisées au laboratoire du traitement des eaux (UMMTO)**

Les analyses physico-chimiques qui sont la turbidité, le pH, la conductivité et la température réalisées au laboratoire de traitement des eaux à l'université sont illustrées dans le tableau 04.

La turbidité est inversement proportionnelle à la transparence de l'eau, elle indique la présence de la matière organique ou minérale sous forme colloïdale en suspension dans les eaux (Metahri, 2012).

Selon (Arnoldsson *et al.*, 2007) le dosage optimal de l'eau à traiter par la *Moringa Oliefera* et le temps de sédimentation, ont un rôle important dans l'élimination de la turbidité, la

moyenne mesurée lors de notre expérimentation au laboratoire, avant traitement et après 2h de repos différencie de 0,5 à 2 NTU. Ces résultats sont conformes aux normes algériennes de réutilisation des eaux usées épurées (JORAD, 2012), sauf au niveau de la dose trois (D3) où la turbidité dépasse la norme (6,5 NTU), mais cette valeur ne pose pas de problème pour la réutilisation justifié par l'élimination de ce paramètre dans la nouvelle norme algérienne pour la REUE (IANOR, 2012).

En effet, les valeurs de la turbidité mesurées avant et après le traitement de l'eau par l'extrait de la *Moringa Oliefera* sont croissantes. D'après (Mita *et al.*, 2012) l'ajout de l'extrait de la *Moringa Oliefera* dans une eau à charge élevée réduit sa turbidité, alors que dans l'eau claire, la turbidité augmente avec le traitement par la *Moringa Oliefera*.

La conductivité est un paramètre de mesure des solides dissous totaux (TDS) dans l'eau, varie considérablement selon les régions géographiques.

Il n'existe pas de valeurs standards pour ce paramètre, mais des niveaux élevés dans l'eau peuvent être inacceptables pour l'irrigation.

Les valeurs de la conductivité d'une eau épurée varient selon la nature et la dose du coagulant utilisé (Sarpong et Richardson, 2010).

On note que les résultats de mesure de la conductivité obtenus après traitement de l'eau épurée avec trois doses D1(631 $\mu\text{s}/\text{cm}$), D2 (752 $\mu\text{s}/\text{cm}$) et D3(771 $\mu\text{s}/\text{cm}$) sont différentes et inférieures à celles avant traitement, par cela, on déduit que la *Moringa Oliefera* a un effet considérablement observé sur la diminution de la conductivité électrique (Sarpong et Richardson, 2010)., et elle est conformes aux normes Algériennes (IANOR, 2014).

Le pH est l'un des facteurs les plus importants affectant le processus de coagulation. Lorsque le processus de coagulation n'est pas effectué dans une plage de pH optimale, cela peut conduire à l'échec de la formation du floc et à une mauvaise qualité de l'eau produite (Yuliasri *et al.*, 2016).

D'après les résultats obtenus, avant et après traitement pour diminuer la charge bactérienne de l'eau usée épurée par la *Moringa Oliefera*, les valeurs du pH qui sont dans la fourchette [7,68 – 7,83] conforment à la valeur exigée par les normes Algériennes sur la qualité des eaux usées épurées destinées à la réutilisation agricole (IANOR, 2014).

Résultats et discussions

Selon (Tchangoue *et al.*, 2018) et (Arnoldsson *et al.*, 2007), les valeurs du pH après traitement avec l'extrait de la *Moringa Oleifera*, n'affecte pas le pH, il est dans la norme recommandé pour la REUE.

Tableau 04: Analyses physico-chimiques de l'effluent secondaire de la STEP est de Tizi-Ouzou

| Paramètres | Unité | Avant traitement | Après traitement | | | Normes Algériennes |
|--------------|--------|------------------|------------------|------|------|--------------------|
| | | | D1 | D2 | D3 | |
| pH | - | 7,95 | 7,83 | 7,71 | 7,68 | 6,5 – 8,5 |
| Conductivité | µs /Cm | 848 | 631 | 752 | 771 | ≤ à 3000 |
| Turbidité | NTU | 3,5 | 3,9 | 4,5 | 6,5 | / |
| Température | °C | 21 | 21 | 21 | 21 | / |

1. Analyses bactériologiques

2.1. La flore mésophile

Les résultats obtenus du dénombrement de la flore mésophile à 22°C et à 37°C sur gélose TGEA de l'échantillon d'eau brute (effluent secondaire) et ceux traiter avec la *Moringa oleifera* sont illustrés dans la figure suivante :

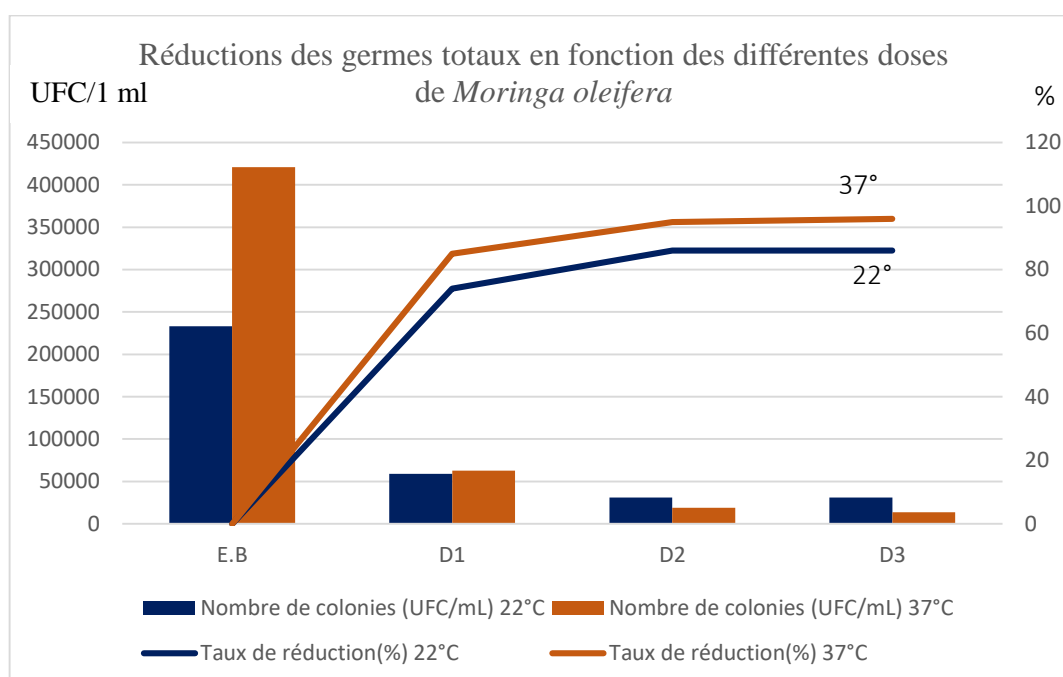


Figure 15: Réduction des germes totaux en fonction de différentes quantités de la poudre des grains de *Moringa*

D'après la figure ci-dessus, on constate que la concentration des germes totaux dans l'eau usée traitée (E.B) avant le traitement était très élevée de l'ordre de 2.33×10^5 UFC/1mL à 22°C et 4.2×10^5 à 37°C ce qui est normal puisque la station ne possède pas la filière de traitement tertiaire.

La réduction de concentration se diffère en fonction de la quantité de désinfectant ajouté, cette concentration est réduite après deux heures de contact. Le traitement avec 450 mg de poudre de *M.Oleifera* (D3) a donné la plus basse concentration de germe, 1.37×10^4 UFC/1mL à 37°C et 3.1×10^4 UFC/1mL.

Ces résultats obtenus sont en concordance avec les travaux de (Omodamiro *et al.*, 2014) sur les propriétés antimicrobiennes et coagulantes des grains de *Moringa Oleifera* dans la purification de l'eau, où il y a une élimination totale des germes mésophiles avec l'utilisation de 5 g de *M.Oleifera* pour le traitement d'une eau destinée à la consommation humaines.

2.2. Coliformes totaux

Les résultats de l'analyse sont illustrés dans la figure suivante:

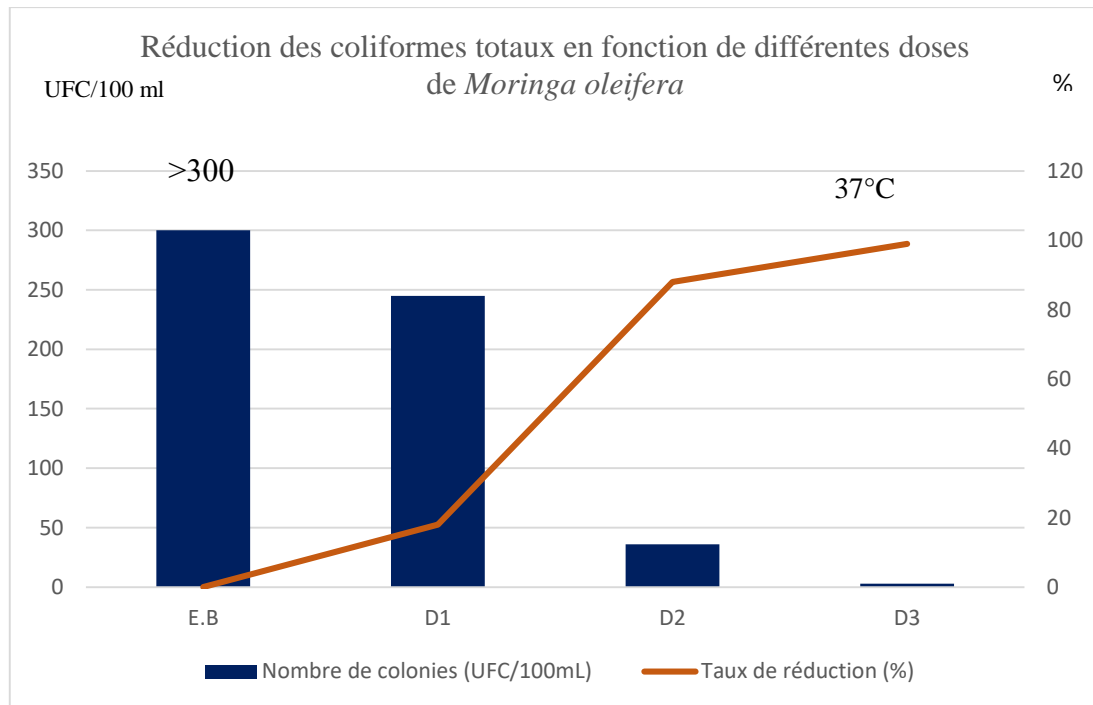


Figure 16 : Réduction des coliformes totaux en fonction de différentes quantités de poudre des grains de *Moringa oleifera*

D'après la figure, on considère que le traitement avec la poudre de *M.Oleifera* a permis de réduire significativement le nombre de coliformes totaux. Le plus bas nombre de colonies observé est de 3 UFC/100 mL dans l'échantillon traité avec une dose de 450 mg/L (D3), ce qui signifie que le taux de réduction a atteint 99%, cela confirme les résultats obtenus dans les travaux de (Amgloh *et al.*, 2009) et (Alo *et al.*, 2012) où les taux de réductions de 95% et 70-93% respectivement ont été atteints en traitant l'eau avec la poudre des grains de *M.Oleifera*.

2.3. Coliforme fécaux –*Escherichia coli*–

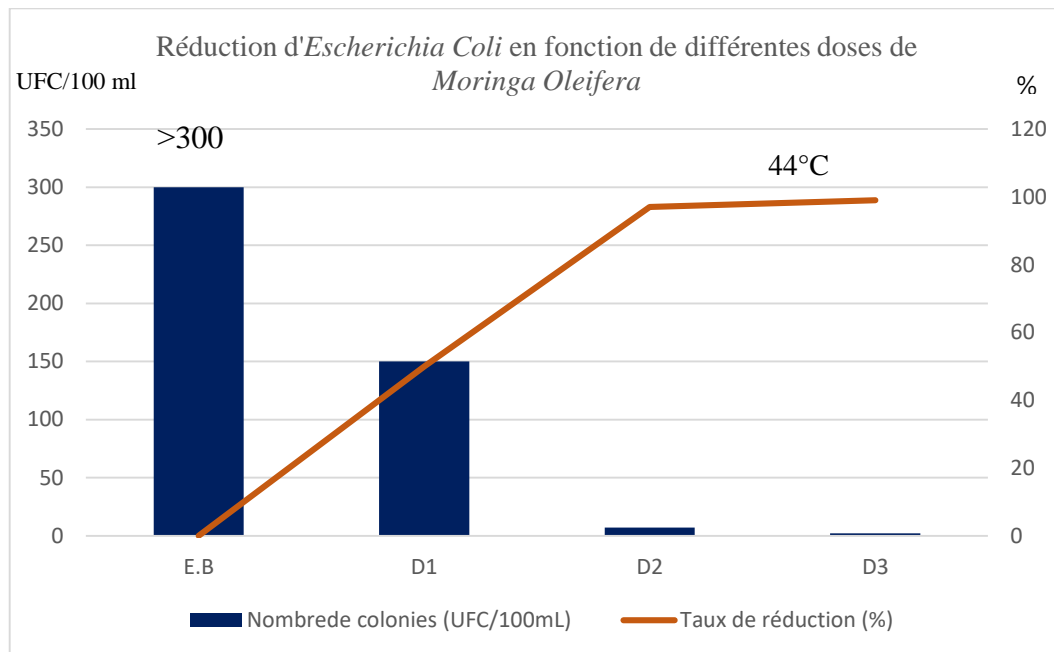


Figure 17 : Réduction d'*Escherichia coli* en fonction de différentes quantités de poudre des grains de *Moringa oleifera*

Selon les résultats, la concentration des coliformes fécaux était réduite considérablement (de 50×10^4 UFC/100mL à 2UFC/100mL). La concentration la plus basse est enregistré au niveau de l'échantillon traité avec une dose de 450 mg/L (D3).

La désinfection avec la *M.Oleifera* nous a permis d'éliminer presque la totalité des coliformes fécaux et *E.Coli* (jusqu'à 2UFC/100mL) avec un taux de réduction de 99,99 % semblables aux résultats trouvés par (Tchangoue,2018) avec une réduction remarquable des germes indicateurs d'une contamination fécal aussi aux résultats de (Kabore *et al.*, 2013), (Madsen *et al.*, 1987) et (Omodamiro *et al.*, 2014) où ils ont pu les éliminer jusqu'à plus de 99%. Ce taux élevé d'élimination est expliqué par le pouvoir antibactérien des extraits des grains de *M.Oleifera* prouvée par les travaux de (Wolters *et al.*, 1981) où ils ont trouvé la méthode correcte pour extraire et utiliser ces protéines antibactériennes solubles dans l'eau et inhibitrices de la prolifération bactérienne.

2.4. Entérocoques intestinaux

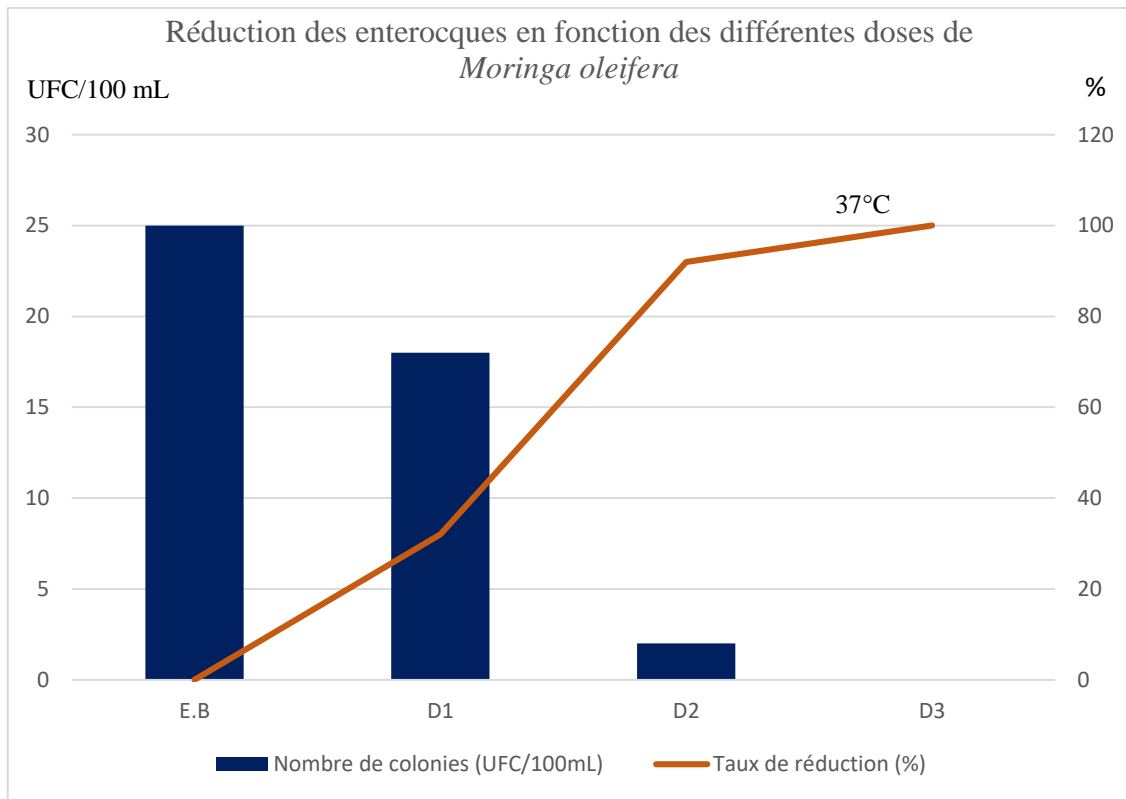


Figure 18 : Réduction des *entérocoques* en fonctions de différentes quantités de poudre de *Moringa oleifera*

Selon la figure, l'abattement des *entérocoques* est significatif au seuil de 28% et 88 % dans les échantillons traités avec des doses de 250 mg/l et 350 mg/l respectivement, la concentration de 450 mg/l conduit à une élimination totale des entérocoques. Cela concorde avec les résultats trouvés par (Kabore *et al.*, 2013) où ils ont éliminé la totalité des streptocoques fécaux (*entérocoques*) dans le traitement des eaux de consommation avec la poudre de *M.Oleifera*.

Les résultats de (Madsen *et al.*, 1987) et (Tchangoue *et al.*, 2018) confirment aussi son efficacité pour l'élimination des entérocoques présentant dans une eau, grâce à ses propriétés désinfectantes.

2.5. *Staphylococcus aureus*

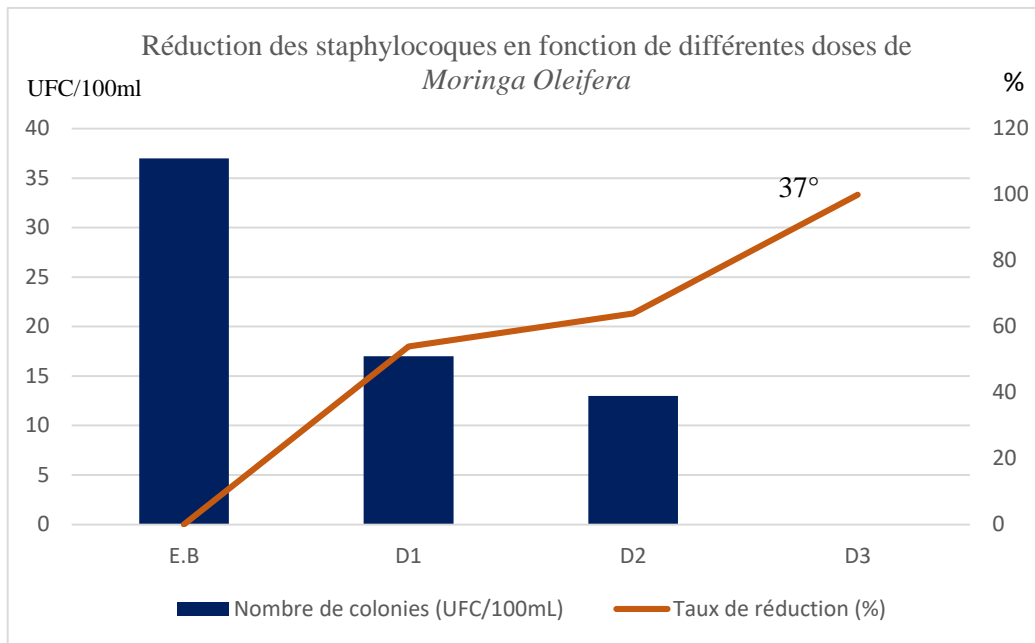


Figure 19 : Réduction de *staphylococcus aureus* en fonction de différentes quantités de poudre de *Moringa oleifera*

De la figure, on observe qu'après un contact de deux heures de l'échantillon d'eau avec une dose de 250 mg/l de poudre de *M.Oleifera* a permis d'enregistrer un taux de réduction significatif estimé de 50%, ce résultat est presque similaire à celui obtenu de l'échantillon traité avec une dose de 350mg/l (64%), Cependant, dans l'échantillon traité avec une dose de 450mg/l avec la même période de contact, nous avons enregistré un taux de réduction de 100%. Ces résultats confirment les conclusions de (Cacers *et al.*, 1981) sur le pouvoir des extraits de *M.Oleifera* d'inhiber complètement la croissance des souches *staphylococcus aureus*.

2.6. *Clostridium sulfito-réducteur*

Les bactéries anaérobies sulfito-réducteurs (ASR) est un groupe de bactéries se développant uniquement en absence d'oxygène et qui possèdent des caractéristiques biochimiques particulières, notamment la production de sulfure d'hydrogène.

Dans le cadre des analyses d'eau, les ASR sont utilisés comme témoin de la qualité de filtration et/ou marqueur d'une contamination fécale ancienne en raison de leur aptitude d'être plus persistants en milieu (Haijoubi *et al.*, 2017)

Ces bactéries n'ont pas été détectées dans nos analyses, cette absence peut être expliquée d'une part par la bonne aération des bassins biologiques vue que ces bactéries se développent dans des conditions d'anaérobiose (absence d'oxygène).

D'autre part, car elles sont moins abondantes dans la flore intestinale des humains et des animaux par rapport aux autres germes d'origine fécales (Haijoubi *et al.*, 2017).

2.7. Les Salmonelles

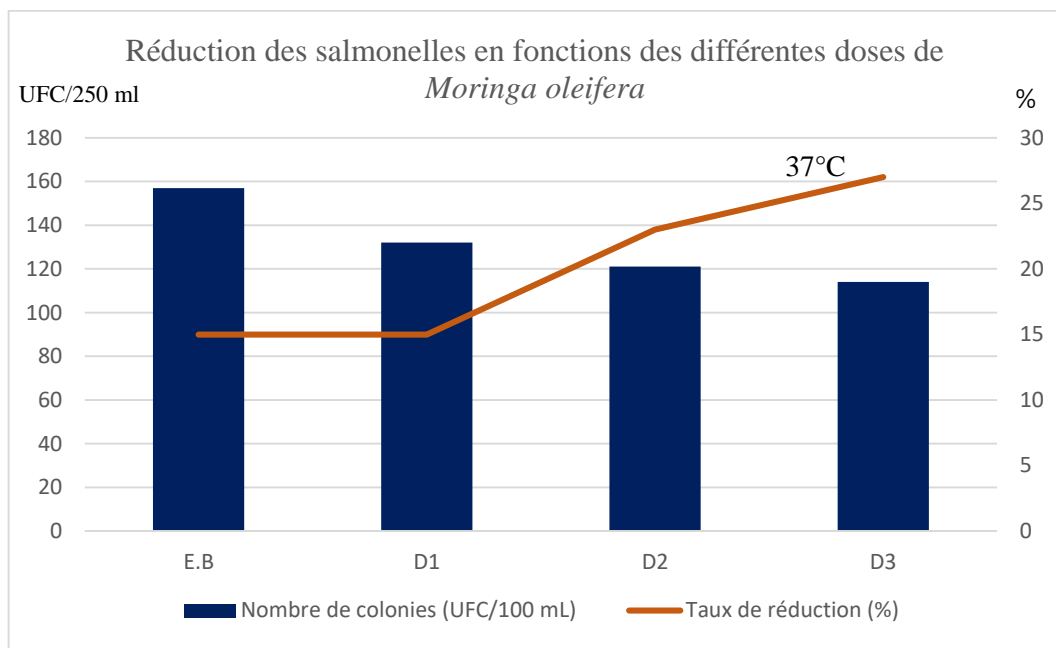


Figure 20 : Réduction des salmonelles en fonction de différentes de poudre de *Moringa oleifera*

Les analyses montrent une concentration de 157 UFC/250 mL dans l'échantillon brute, cette concentration diminue avec les concentrations de coagulant jusqu'à 114 UFC/250 mL pour la dose 450mg, ces résultats peuvent être expliqués par l'insuffisance des doses de poudre de *M.Oleifera* utilisées pour l'élimination des *salmonelles* par rapport aux quantités d'eau traitées, comparant aux résultats obtenues par (Aboagye *et al.*, 2021) où il a été enregistré un taux de réduction de 99,40% des salmonelles mais à une dose estimée de 160 mg/ 150 mL de poudre de *M.Oleifera*; Cette réduction peut être atteinte si on augmente la dose de traitement.

2.8. Vibrions cholériques

Les résultats obtenus des analyses de l'effluent secondaire avant et après traitement avec la poudre des grains de *M.Oleifera* ont montré une concentration élevée des *vibrions cholériques*, cette concentration augmente après deux heures de contact des échantillons avec les différentes doses de *M.Oleifera*.

D'après (Diab *et al.*, 2020) la bio-activité de *M.Oleifera* contre les vibrions n'a pas été largement étudiée.

Conclusion
générale

Conclusion générale

Notre étude s'inscrit dans une optique d'utilisation des graines de *Moringa oleifera* pour décontaminer les eaux usées traitées. Elle a pour objectif principal l'évaluation de l'efficacité des grains de *Moringa oleifera* pour décontaminer l'effluent secondaire liquide de la STEP Est de la ville de Tizi-ouzou.

Les paramètres physico-chimiques mesurés à la station Est de Tizi-Ouzou qui sont les Ortho-phosphates, les nitrates, la DBO et DCO équivaux en moyenne à 1,25mg/l ; 4,50 mg/l ; 16,50 mg/l et 119,21 mg/l respectivement, conformément à la norme algérienne pour une réutilisation agricole, ce qui nous a permis de prendre l'initiative pour faire un essai d'améliorer les paramètres bactériologiques afin de valoriser cet effluent sans contraintes.

Le suivi des paramètres physico-chimiques contrôlés au laboratoire de traitement des eaux qui sont le pH, température, conductivité et les paramètres bactériologiques nous ont permis de tirer les conclusions suivantes:

1. Les analyses physico-chimiques des effluents traités avec la poudre de *Moringa oleifera* montrent que cette dernière maintient la stabilité du pH et de température à des valeurs dans la plage de [7,68-7,83] et 21°C respectivement, aussi elle conduit à une diminution de conductivité à une valeur de 631 $\mu\text{S}/\text{cm}$.
2. Du point de vue bactériologique l'effluent traité avec la poudre de *M.Oliefera* nous a permis d'enregistrer un abattement des germes totaux estimé de 86% à 22°C, 96% à 37°C et à 99% pour les coliformes totaux et fécaux après un contact de deux heures de l'effluent avec une dose de 450mg/L de poudre de *M.oliefiera*, cette dose a conduit aussi à l'élimination de la totalité des entérocoques et des staphylocoques (100%). Cependant, cette dose était insuffisante pour les Salmonelles où il a été enregistré une légère réduction estimée de 27%, par contre cette étude a montré que la poudre de *M.Oliefera* n'a pas un effet sur la réduction des vibrions. Il est aussi à noter que les clostridiiums sont absentes dans l'échantillon brute.

Au finale, les résultats obtenus, montrent que l'eau épurée traitée par la poudre des graines de *M.Oliefera* est d'une qualité acceptable, peuvent être envisageable pour une réutilisation agricole.

➤ **Recommandations**

- Appliquer l'expérimentation dans une station d'épuration ;
- Augmenter les doses de *Moringa* et le temps de contact pour avoir des taux de réduction de 100% pour tous les germes;

Conclusion générale

- Essai de décontamination avec les autres parties de l'arbre de *Moringa oliefera* (feuilles et racines);
- Utiliser les grains extraites de l'huile essentiels ;
- Essaie d'autres désinfectants naturels comme le jus de citron.

*Références
bibliographique*

- Aboagye, G., Navele, M., & Essuman, E. (2021).** *Protocols for assessing antibacterial and water coagulation potential of Moringa oleifera seed powder.* *MethodsX*, 8, 101283.
- Acra, A; Karahagopian, Y; Raffoul, Z; Dajani, R. (1980).** Disinfection of oral rehydration solutions by sunlight.
- Agbota, Y. (2017).** *Inactivation de la bactérie Escherichia coli dans l'eau par le jus de citron* (Doctoral dissertation, École de technologie supérieure).
- Alo, M. N., Anyim, C., & Elom, M. (2012).** *Coagulation and antimicrobial activities of Moringa oleifera seed storage at 3° C temperature in turbid water.* *Advances in Applied Science Research*, 3(2), 887-894.
- Amagloh, F. K., & Benang, A. (2009).** *Effectiveness of Moringa oleifera seed as coagulant for water purification.*
- Antov, M. G., Šćiban, M. B., & Petrović, N. J. (2010).** *Proteins from common bean (Phaseolus vulgaris) seed as a natural coagulant for potential application in water turbidity removal.* *Bioresource technology*, 101(7), 2167-2172.
- Arnoldsson, E., Bergman, M., Matsinhe, N., & Persson, K. M. (2008).** *Assessment of drinking water treatment using Moringa oleifera natural coagulant.* *Vatten*, 64(2), 137.
- Atakpama, W., Kponor, E. G. E., Kanda, M., Dourma, M., M'tékounm, N. A. R. E., Batawila, K., & Akpagana, K. (2014).** *Moringa oleifera Lamarck (Moringaceae): une ressource phylogénétique à usage multiple.* *Sciences de la vie, de la terre et agronomie*, 2(1).
- Atinkpahoun, N. C. H. (2018).** *Relations entre la variabilité de la pollution des eaux usées urbaines et les contextes géographiques, socio-économiques et culturels au Bénin et en France* (Doctoral dissertation, Université de Lorraine; Université d'Abomey-Calavi (Bénin)).
- Aulicino, F. A., Mastrantonio, A., Orsini, P., Bellucci, C., Muscillo, M., & Larosa, G. (1996).** *Enteric viruses in a wastewater treatment plant in Rome.* *Water, Air, and Soil Pollution*, 91(3), 327-334.
- Avril, J. L., Denis, F., Dabernat, H., & Monteil, H. (2000).** *Bactériologie clinique.* 2ème édition Marketing, paris.
- Babou, L., & M'zyene, N. (2018).** *Suivi des paramètres physico-chimiques et biologiques des eaux brutes et traitées de la STEP Est de Tizi-Ouzou* (Mémoire Master, Université Mouloud Mammeri).

- Bekouche, H., Boulahya, K., & Kalloum, S. (2016).** *Traitement microbiologique des eaux usées de la ville d'Adrar par les grains de Moringa Oléifera* (Doctoral dissertation, Université Ahmed Draïa-Adrar).
- Belghiti, M. L., Chahlaoui, A., Bengoumi, D., & El Moustaine, R. (2013).** *Etude de la qualité physicochimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappe plio-quaternaire dans la région de Meknès (Maroc)*. LARHYSS Journal P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2521-9782, (14).
- Benoit, G., Dauphin, V., Ducrocq, T., Nougazol, S., & Salva, E. (2011).** Valorisation des eaux usées épurées pour l'irrigation.
- Byapponahalli, M.N; Nevers, M.B; Korajkic, A; Staley, Z.R; Harwood, V.J. (2012).** *Enterococci in the environment. Microbiologie and biologie* (Review)
- Cáceres, A., Saravia, A., Rizzo, S., Zabala, L., De Leon, E., & Nave, F. (1992).** *Pharmacologie properties of Moringa oleifera. 2: Screening for antispasmodic, antiinflammatory and diuretic activity*. Journal of ethnopharmacology, 36(3), 233-237.
- Camille, D. E. L. A. R. R. A. S. (2014).** *Pratique en microbiologie de laboratoire? Recherche de bactéries et de levures-moisissures*. Lavoisier.
- Campos, C. (2008).** *New perspectives on microbiological water control for wastewater reuse*. Desalination, 218(1-3), 34-42.
- Carré, E. (2017).** *Qualité biologique des eaux usées traitées en vue de la réutilisation* (Doctoral dissertation, Université de Lyon).
- Carre, J ; Cassellas, C; Duchemin, J; Joyaux, M; Mathieu, L; Montiel, A; Monfort, P; Potelon, J. L; Souvant-Rochat, M.P. (2008).** *Réutilisation des eaux usées traitées pour l'arrosage ou l'irrigation*.
- Diab, A. M., Shafik, H. M., & Abdelrafee, S. (2020).** *Selective Coagulation Mechanism of Moringa oleifera Seeds on Gram Positive and Gram Negative Bacteria*. Egyptian Journal of Microbiology, 55(The 14th Conference of Applied Microbiology), 27-35.
- EL MARRAKCHI, S. (2012).** *Les vibriens pathogènes chez l'homme: Etude bibliographique* (Doctoral dissertation).
- Folkard, G. K., Sutherland, J. P., & Al-Khalili, R. S. (1995).** *Natural coagulants-a sustainable approach*.
- Folkard, G., & Sutherland, J. (2002).** *Development of a naturally derived coagulant for water and wastewater treatment*. Water Science and Technology: Water Supply, 2(5-6), 89-94.

- Haijoubi, E. H., Benyahya, F., Bendahou, A., Essadqui, F. Z., Behhari, M. E., El Mamoune, A. F., ... & Barakat, A. (2017).** *Study of the bacteriological quality of water used in the agro-food industry in the North of Morocco.* The Pan African Medical Journal, 26, 13-13.
- Harwood, V. J., Levine, A. D., Scott, T. M., Chivukula, V., Lukasik, J., Farrah, S. R., & Rose, J. B. (2005).** *Validity of the indicator organism paradigm for pathogen reduction in reclaimed water and public health protection.* Applied and environmental microbiology, 71(6), 3163-3170.
- Helali, S., Polo-López, M. I., Fernández-Ibáñez, P., Ohtani, B., Amano, F., Malato, S., & Guillard, C. (2014).** *Solar photocatalysis: A green technology for E. coli contaminated water disinfection. Effect of concentration and different types of suspended catalyst.* Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry, 276, 31-40.
- IANOR. (2014).** Institut Algérienne de Normalisation.
- ISO. (2012).** *Qualité de l'eau Recherche de Salmonella.*
- ISO. (2014).** *Qualité de l'eau; dénombrement de Escherichia coli et des bactéries coliformes.*
- JORAD, 2012.** Valeurs limites des paramètres de rejets d'effluents liquides. Journal officiel de la République Algérienne, N° 41,15 juillet 2012, Algérie, 27p.
- Kabore, A., Savadago, B., Rosillon, F., Straore, A., & Dianou, D. (2013).** *Optimisation de l'efficacité des graines de Moringa oleifera dans le traitement des eaux de Consommation en Afrique sub-saharienne: cas des eaux du Burkina Faso.* Revue des sciences de l'eau/Journal of Water Science, 26(3), 209-220.
- Koné, D., & Strauss, M. (2004).** *Low-cost options for treating faecal sludges (FS) in developing countries—Challenges and performance.* In 9th International IWA Specialist Group Conference on Wetlands Systems for Water Pollution Control and to the 6th International IWA Specialist Group Conference on Waste Stabilisation Ponds, Avignon, France (Vol. 27).
- Lalami, A. E. O., Zanibou, A., Bekhti, K., Zerrouq, F., & Merzouki, M. (2014).** *Contrôle de la qualité microbiologique des eaux usées domestiques et industrielles de la ville de Fès au Maroc (Microbiological Control wastewater domestic and industrial city of Fes Morocco).* Journal of Materials and Environmental Science, 5, 2325-2332.
- Le Chevallier, M. W., & Seidler, R. J. (1980).** *Staphylococcus aureus in rural drinking water.* Applied and environmental microbiology, 39(4), 739-742.
- Leffler, D. A., & Lamont, J. T. (2015).** *Clostridium difficile infection.* New England Journal of Medicine, 372(16), 1539-1548.

Références bibliographiques

- Madsen, M., Schlundt, J., & El Fadil, E. O. (1987).** *Effect of water coagulation by seeds of Moringa oleifera on.* Journal of tropical medicine and hygiene, 90, 101-109.
- Metahri, M. S. (2012).** *Elimination siultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées par des procédés mixtes: cas de la STEP est de la ville de Tizi Ouzou* (Doctoral dissertation, Universite Mouloud Mammeri).
- Ndabigengesere, A., Narasiah, K. S., & Talbot, B. G. (1995).** *Active agents and mechanism of coagulation of turbid waters using Moringa oleifera.* Water research, 29(2), 703-710.
- Ngandjui Tchangoue, Y. A., Djumyom Wafo, G. V., Wanda, C., Soh Kengne, E., Kengne, I. M., & Kouam Fogue, S. (2019).** *Use of Moringa oleifera seed extracts to polish effluents from natural systems treating faecal sludge.* Environmental technology, 40(15), 2018-2026.
- Omodamiro, O. D., Nwankwo, C. I., & Ejiofor, E. U. (2014).** *Antimicrobial and coagulant property of Moringa oleifera seed in water purification.* Scholars Journal of Agriculture and Veterinary Sciences, 1(4B), 279-287.
- ONA. (2021).** Rapport de l'office national de l'assainissement Algérie.
- Ouanouki, B. (2014).** *Demande en eau et impact de la réutilisation des eaux usées traitées et des boues en agriculture et dans les techniques forestières* (Doctoral dissertation).
- Payment, P. (2003).** *Enlèvement des microorganismes pathogènes et des bactéries indicatrices par les stations de traitement des eaux usées municipales situées sur la rivière des Mille îles.* Programme d'aide la recherche et au développement en environnement (PARDE), Ministère de l'Environnement du Québec.
- Pourcher, S. (2007).** Apport diagnostique du dénombrement de clostridium perfringens dans l'intestin grêle des ruminants suspects d'enterotoxémie.
- Price, M. L. (2007).** *Le moringa.* Note technique-ECHO (revue en 2000, en 2002 et en 2007).
- Rejsek, F. (2002).** *Analyse des eaux: Aspects réglementaires et techniques.* Centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine.
- Rodier, J. (2009).** L'analyse de l'eau.
- Sarpong, G., & Richardson, C. P. (2010).** Coagulation efficiency of Moringa oleifera for removal of turbidity and reduction of total coliform as compared to aluminum sulfate. *African Journal of Agricultural Research*, 5(21), 2939-2944.
- Schwarz, D. (2001).** Water clarification using Moringa olifera. *GATE-ESCHBORN-*, (1), 17-20.

- Sengupta, M. E., Keraita, B., Olsen, A., Boateng, O. K., Thamsborg, S. M., Pálsdóttir, G. R., & Dalsgaard, A. (2012).** Use of *Moringa oleifera* seed extracts to reduce helminth egg numbers and turbidity in irrigation water. *Water research*, 46(11), 3646-3656.
- Silva, M. J., Paterniani, J. E., & Francisco, A. R. (2013).** Application of *Moringa Oleifera* natural coagulant for clarification and disinfection of treated wastewater in wetlands and multistage filtration. *African Journal of Agricultural Research*, 8(24), 3102-3106.
- Strauss, M., Larmie, S. A., & Heinss, U. (1997).** *Treatment of sludges from on-site sanitation—low-cost options*. *Water Science and Technology*, 35(6), 129-136.
- Suarez, M., Haenni, M., Canarelli, S., Fisch, F., Chodanowski, P., Servis, C., ... & Mermod, N. (2005).** *Structure-function characterization and optimization of a plant-derived antibacterial peptide*. *Antimicrobial agents and chemotherapy*, 49(9), 3847-3857.
- Tandia, C. T. (2007).** Contrôle et suivi de la qualité des eaux usées protocole de détermination des paramètres Physico-chimiques et bactériologiques. *Centre Régional Pour L'eau Potable Et L'assainissement A Faible Coût, Centre collaborant de l'OMS, Ouagadougou, Burkina Faso*.
- Toze, S. (2006).** *Reuse of effluent water—benefits and risks*. *Agricultural water management*, 80(1-3), 147-159.
- Wolters, B., Eilert, U., & Nahrstedt, A. (1981).** *The antibiotic principle of seeds of Moringa oleifera and Moringa stenopetala*. *Planta medica*, 42(05), 55-61.
- Xanthoulis, D. (1993).** Valorisation agronomique des eaux usées des industries agro-alimentaires. *La Tribune de l'eau*, 46(563), 27-32.
- Yuliastri, I. R., Rohaeti, E., Effendi, H., & Darusman, L. K. (2016).** The use of *Moringa oleifera* seed powder as coagulant to improve the quality of wastewater and ground water. In *IOP conference series: earth and environmental science* (Vol. 31, No. 1, p. 012033). IOP Publishing.

Annexes

Annexes 01

Les méthodes d'analyses physico-chimiques

Porter avant tout des vêtements de sécurité : gants, masque et lunettes de protection.

Dosage des nitrates NO₃

Méthode : spectrophotométrie

- **Mode opératoire :**

a) Entrée :

- Préparer le spectrophotomètre ;
- Appliquer le numéro de programmes 371 et régler la longueur d'onde à 500 nm ;
- Presser **Read / Enter**, l'affichage indique mg/l NO₃ ;
- Préparer une cuvette de 30ml d'échantillon à analyser puis ajouter avec précaution le réactif **nitra ver 6** dans la cuvette puis bien agiter jusqu'à dissolution de réactif ;
- Mettre la pastille utilisée dans le récipient de stockage ;
- Presser **Shift Timer**, pour une période de réaction de 10 min ;
- Préparer le blanc en remplissant une cuvette avec 25 ml d'échantillon ;
- Lorsque le minuteur sonne, l'affichage indique : mg/l NO₃, placer le blanc dans le puis de mesure
- Presser zéro, l'affichage indique 0 mg/l NO₃
- Essuyer la cuvette avec le papier absorbant puis le mettre dans le récipient de stockage
- Placer l'échantillon préparé dans le puis de mesure, presser **Read/ Enter** le résultat s'affiche.

b) Sortie :

- Préparer le spectrophotomètre.
- Appliquer le numéro de programme 371 et régler la longueur d'onde à 500nm ;
- Prendre 25 ml d'échantillon et rajouter le réactif nitra ver 5 puis agiter pendant 1 min et prendre 5 min de réaction ;
- Préparer le blanc avec 25 ml d'échantillon ;
- Placer l'échantillon préparé dans le puis de mesure, presser **Read/ Enter** le résultat s'affiche. (Avec la même méthode).

Annexes 02

Dosage des nitrites NO₂

Méthode : spectrophotométrie

- Mode opératoire :

a) **Entrée** : on ne fait pas la dilution (25 ml)

b) **Sortie** : dilution de 1/2 ou 1/5

- Préparer le spectrophotomètre ;
- Appliquer le numéro de programme 371 et régler la longueur d'onde à 585nm ;
- Presser **Read / Enter**, l'affichage indique mg/l NO₂ ;
- Remplir une cuvette avec 25ml d'échantillon à analyser ;
- Ajouter avec précaution le réactif nitra ver 3 dans la cuvette puis bien agiter ;
- Mettre la pastille utilisée dans le récipient de stockage ;
- Presser **Shift Timer** pour une période de réaction de 10min ;
- Préparer le blanc en remplissant la cuvette avec 25 ml d'échantillon ;
- Lorsque le minuteur sonne, l'affichage indique : mg/l NO₂, Placer le blanc dans le puits de mesure
- Presser zéro, l'affichage indique 0 mg/l NO₂
- Essuyer la cuvette avec le papier absorbant puis le mettre dans le récipient de stockage
- Placer l'échantillon préparé dans le puits de mesure, presser **Read/Enter** le résultat s'affiche.

Annexes 03

Dosage des Ortho-phosphates PO₄

Méthode : spectrophotométrie

- Mode opératoire :

a) Entrée : dilution de 1/10 (2,5ml).

b) Sortie : dilution de 1/10 (2,5ml).

-Préparer le spectrophotomètre ;

-Appliquer le numéro de programme 490 et régler la longueur d'onde à 890nm ;

-Presser la touche **Read / Enter**, l'affichage indique mg/l PO₄ ;

-Préparer une cuvette de 25 ml d'échantillon à analyser ;

-Ajouter avec précaution le réactif **Phos ver 3** dans la cuvette puis bien agiter jusqu'à dissolution du réactif ;

-Mettre la pastille utilisée dans le récipient de stockage ;

-Presser (**Shift Timer**) et attendre une période de réaction de 2min ;

-Préparer le blanc en remplissant une cuvette avec 25ml d'échantillon ;

- Lorsque le minuteur sonne, l'affichage indique mg/l PO₄ ;

-Placer le blanc dans le puits de mesure ;

-Presser zéro, l'affichage indique 0.00mg/l PO₄ ;

-Essuyer la cuvette avec le papier absorbant puis le mettre dans le récipient de stockage

-Placer l'échantillon préparé dans le puits de mesure, presser **Read/Enter** le résultat s'affiche.

Après avoir effectué ces analyses, les rejets sont évacués vers le lieu de stockage des produits chimiques par le laborantin dans un moyen de transport des rejets.

Résumé

L'élimination des agents pathogènes dans les eaux usées épurées revêt une grande importance pour une éventuelle réutilisation. En effet, les eaux usées épurées réutilisées en agriculture dans de nombreux pays du monde sont associées à des préoccupations sanitaires et environnementales. Notre étude a montré une forte action désinfectante du coagulant naturel issu des graines de *Moringa oleifera*. Elle traite des essais réalisés pour étudier l'effet de ces extraits sur la réduction ou l'élimination des indicateurs de contamination bactériologique de l'eau usée épurée de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou. Des concentrations différentes ont été utilisées pour déterminer la dose optimale de désinfection, avec un temps de décantation de deux heures et une concentration d'extraits de la poudre de *Moringa oleifera* de 450 mg/l a permis de réduire la concentration de la flore mésophile totale de 86% et 96% à 22°C et 37°C respectivement, une réduction des coliformes totaux et fécaux à un taux de 99%, une élimination totale des entérocoques et des staphylocoques et aucune diminution enregistrée dans la concentration des salmonelles et des vibrions cholériques. Ce niveau d'élimination suggère que l'effluent secondaire traité par la poudre des graines de *Moringa Oleifera* est d'une qualité acceptable pour une réutilisation agricole.

Mots clés: *Moringa Oleifera*, pouvoir antibactérien, désinfection.

Abstract

The removal of pathogens from treated wastewater is of great importance for potential reuse. Indeed, the reuse of treated wastewater in agriculture in many countries of the world is associated with health and environmental concerns. Our study showed a strong disinfectant action of the natural coagulant from *Moringa oleifera* seeds. It deals with the trials carried out to study the effect of these extracts on the reduction or elimination of indicators of bacteriological contamination of the treated wastewater of the STEP East of the city of Tizi-Ouzou. Different concentrations were used to determine the optimal disinfection dose, with a settling time of two hours and a concentration of *Moringa oleifera* powder extracts of 450 mg/l resulted in a reduction of total mesophilic flora concentration of 86% and 96% at 22°C and 37°C respectively, a reduction of total and faecal coliforms at a rate of 99%, a total elimination of enterococci and staphylococci, and no decrease recorded in the concentration of salmonella and cholera vibrios. This level of removal suggests that the secondary effluent treated with *Moringa Oleifera* seed powder is of acceptable quality for agricultural reuse.

Keywords: *Moringa Oleifera*, antibacterial power, disinfection.