



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE



وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université des Frères Mentouri Constantine 1
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

جامعة الإخوة منتوري قسنطينة 1
كلية علوم الطبيعة و الحياة

Département : Biologie et Ecologie Végétale

قسم : البيولوجيا و علم البيئة النباتية

Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Biotechnologies

Spécialité : *Biotechnologie et Génomique Végétale*

Intitulé :

***Evaluation de l'activité antibactérienne des graines de Moringa Oleifera
dans la dépollution des eaux usées***

Présenté et soutenu par : BEHNAS Sabrine

Le : 07/07/2021

BENABDELKADER Safia

Jury d'évaluation :

Présidente du jury : Dr. BOUSBAA Ratiba

(MCA - UFM Constantine1).

Encadrant : Dr. KACEM Nadia Sandra

(MCB - UFM Constantine1).

Examinatrice : Dr. BOUCHEMAL Karima

(MCB - UFM Constantine1).

*Année universitaire
2020 – 2021*



Dédicaces

Je dédie ce travail à ;

*À la famille Behnas, elle qui m'a doté d'une éducation digne, son amour a
fait de moi ce que je suis aujourd'hui.*

*Particulièrement à mon cher père Fetouh Behnas et à ma maman chérie
taouti Doha, pour leur gout à l'effort qu'ils a suscité en moi, de par leur
rigueur.*

À mes copines chéries Ismahen et safia

*À mes chères sœurs Sarah, Rania et ma cousine Nouha qui m'avez
toujours soutenues et encourager durant ces années d'études.*



Je dédie ce modeste travail :

A la mémoire de ma mère

A mon très cher père

A mes deux chers frères

A mon cher mari

A ma copine et mon binôme Sabrina merci pour tous ces moments agréables

A toute ma famille

A toute la promotion de Biotechnologie et génomique végétale 2020-2021

Safia

Remerciement

On remercie dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

Tout d'abord, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour à l'aide et l'encadrement de Mme Kacem Nadia Sandra nous la remercions pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, sa rigueur et sa disponibilité durant toute la période notre préparation de ce mémoire.

Nous tenons également à remercier Mme BOUSBAA Ratiba , pour l'intérêt qu'elle a accordée à ce travail en acceptant de le juger et de présider le jury.

Nous remercions Mme BOUCHEMAL Karima d'avoir accepté d'examiner et d'évaluer ce travail

Nos vifs remerciements s'adressent également à tout le personnel de laboratoire de SEACO d'Ain Smara.

Résumés

Evaluation de l'activité antibactérienne des graines de *Moringa Oleifera* dans la dépollution des eaux usées.

Résumé

La purification artificielle des eaux usées favorisent les maladies à transmission hydriques ainsi que la dégradation de la qualité des eaux de surface et souterraine. De ce fait, l'intégration de procédés biologiques de traitement des eaux usées pourrait être une alternative durable dans l'amélioration de la qualité des eaux épurées des stations d'épuration.

La présente étude porte sur l'optimisation de l'efficacité des graines de *Moringa oleifera* dans la purification des eaux usées arrivant à la station d'épuration d'Ibn Ziad Constantine. Des analyses bactériologiques ont été effectuées sur quatre type d'eau : des eaux usées, des eaux usées épurées, et des eaux usées traitées par les graines *Moringa* de et des eaux usées épurées traitées par les graines de *Moringa*. Les résultats montrent que les eaux usées brutes sont très chargées sont fortement polluées en germes recherchés: (Germes totaux : 440UFC/ml et de 230UFC/ml à 37°C et 22°C, respectivement, Coliformes Totaux : 90 UFC/100ml, coliformes fécaux : 500UFC/100ml et les streptocoques fécaux : 150UFC/100ml et les clostridiumes), pour les eaux usées épurées on a remarqué une diminution appréciable mais qui ne répond pas au normes Algériennes, de la FAO et de l'OMS.

Les eaux brutes et épurées traitées par les graines de *Moringa oleifera* attestent une réduction supérieur, les taux d'abattement été de 98.4% à 37°C et de 98.26% à 22°C pour les germes totaux, 100% pour les coliformes totaux et 100%.pour les coliformes fécaux, avec une élimination totale des : streptocoques fécaux. De plus, les valeurs répondent aux normes, cette eau pourrait être recommandée pour l'irrigation.

L'utilisation de la poudre de *Moringa Oleifera* constitue un avantage et offre beaucoup de bénéfices pour la purification de l'eau.

Mots clés : *Moringa Oleifera*, eaux usées, station d'épuration, analyses bactériologiques.

تقييم النشاط المضاد للبكتيريا لبذور المورينجا أوليفيرا في مكافحة تلوث مياه الصرف الصحي.

ملخص

تؤدي التنقية الاصطناعية لمياه الصرف الصحي إلى انتشار الأمراض التي تنقلها المياه وكذلك تدهور جودة المياه السطحية والجوفية. لذلك ، يمكن أن يكون ادماج عمليات معالجة المياه على الطريقة البيولوجية بديلاً مستدامًا في تحسين جودة المياه المعالجة من محطات معالجة مياه الصرف الصحي.

تركز هذه الدراسة على تحسين كفاءة بذور المورينجا أوليفيرا في تنقية مياه الصرف الصحي التي تصل إلى محطة ابن زياد قسنطينة لمعالجة مياه الصرف الصحي. أجريت التحليلات الميكروبيولوجية على أربعة أنواع من المياه: مياه الصرف الصحي ، ومياه الصرف الصحي النقية ، ومياه الصرف الصحي المعالجة ببذور المورينجا ومياه الصرف الصحي النقية المعالجة ببذور المورينجا. أظهرت النتائج أن مياه الصرف الصحي الخام محملة للغاية وملوثة للغاية بالجراثيم المرغوبة: (إجمالي الجراثيم: UFC / ml440 و UFC / ml230 عند 37 درجة مئوية و 22 درجة مئوية ، على التوالي ، إجمالي القولونيات: CFU / 100ml 90 ، براز القولونيات : UFC / 100ml1500 والمكورات العقدية البرازية: UFC / 100ml150) ومخفضات كبريتات كلوستريديوم) ، بالنسبة لمياه الصرف الصحي النقية ، لاحظنا انخفاضًا ملحوظًا ولكنه لا يستجيب للمعايير الجراثيمية ومنظمة الأغذية والزراعة ومنظمة الصحة العالمية.

يشهد الماء الخام والنقي المعالج ببذور المورينجا أوليفيرا انخفاضًا أكبر ، حيث كانت معدلات الاختزال 98.4% عند 37 درجة مئوية و 98.26% عند 22 درجة مئوية للجراثيم الكلية ، و 100% للكوليفورم الكلي و 100%. القولونيات البرازية ، مع القضاء التام على المكورات العقدية البرازية. بالإضافة إلى ذلك ، تتوافق القيم مع المعايير ، ويمكن التوصية بهذه المياه للري.

يعد استخدام مسحوق Moringa Oleifera ميزة ويوفر الكثير من الفوائد لتنقية المياه.

الكلمات المفتاحية مياه الصرف الصحي، المورينجا اوليفيرا، التحاليل الميكروبيولوجية، تنقية المياه.

Evaluation of the antibacterial activity of *Moringa Oleifera* seeds in wastewater pollution control.

Summary

The artificial purification of wastewater promotes water-borne diseases as well as the degradation of the quality of surface and groundwater. Therefore, the integration of biological wastewater treatment processes could be a sustainable alternative in improving the quality of treated water from wastewater treatment plants.

This study focuses on optimizing the efficiency of *Moringa oleifera* seeds in the purification of wastewater arriving at the Ibn Ziad Constantine sewage treatment plant. Bacteriological analyzes were carried out on four types of water: sewage, purified sewage, and sewage treated with *Moringa* seeds and purified sewage treated with *Moringa* seeds. The results show that the raw wastewater is very loaded and highly polluted with the desired germs: (Total germs: 440UFC / ml and 230UFC / ml at 37 ° C and 22 ° C, respectively, Total coliforms: 90 UFC / 100ml, coliforms faeces: 500UFC / 100ml and faecal streptococci: 150UFC / 100ml and colstridiumes), for the purified waste water we noticed an appreciable decrease but which does not respond to the Algerian standards, FAO and WHO.

The raw and purified water treated with the seeds of *Moringa oleifera* attest to a greater reduction, the reduction rates were 98.4% at 37 ° C and 98.26% at 22 ° C for total germs, 100% for total coliforms and 100% % for faecal coliforms, with total elimination of: faecal streptococci. In addition, the values meet the standards, this water could be recommended for irrigation.

Using *Moringa Oleifera* powder is an advantage and offers a lot of benefits for water purification.

Keywords: Westewater, *Moringa Oleifera*, bacteriological parameters, purification.

Liste des abréviations

BEA	Gélose à la bile, à l'esculine et à l'azide de sodium
EB	Eau brute
EBM	Eau brute traitée par le Moringa
EE	eaux épuré
FDN	Indice de rapidité de la fermentation d'un aliment ou de fibre dans le rumen plus élevé
HAP	Les hydrocarbures aromatiques polycyclique
MAD	Matière azoté apparemment digestible
OMS	Organisation mondiale de santé
PCB	Les polychlorobiphényles
REUE	Réutilisation des eaux usées épurées
STEP	Station d'épuration des eaux
UFC	Unité formant colonies

Liste des figures

Figure1 : Feuilles de Moringa	4
Figure 2 : Pied de <i>Moringa Oleifera</i>	5
Figure 3 : Fruits de <i>Moringa Oleifera</i>	6
Figure 4 : Fleurs de <i>Moringa Oleifera</i>	6
Figure 5 : Les principales utilisations des différents organes de <i>Moringa oleifera</i>	8
Figure 6 : Station d'épuration d'Ibn Ziad de la commune de Constantine	20
Figure 7 : Les graines de <i>Moringa Oleifera</i> utilisées	21
Figure 8 Les différentes étapes de la préparation du lait de Moringa	23
Figure 9 : recherche des germes totaux	24
Figure 10 :Analyses des coliformes totaux et fécaux	26
Figure11 : Transfert de la membrane du milieu Slanetz au milieu de confirmation de La présence des streptocoques BEA	27
Figure 12 : Estimation des germes totaux à 22°C et 37°C dans l'eau de la station d'Iben Ziad avant et après ajout de la graine de <i>Moringa Oleifera</i> .	30
Figure 13 : Recherche et dénombrement des Coliformes totaux et fécaux	32
Figure 14 : Estimation des Coliformes totaux et fécaux dans l'eau de la station d'Iben Ziad avant et après ajout de la graine de <i>Moringa Oleifera</i> .	33
Figure 15 :Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux sur milieu de confirmation BEA pour les 4 types d'eaux	34
Figure 16 : Estimation des Streptocoques fécaux dans l'eau de la station d'Iben Ziad avant et après ajout de la graine de <i>Moringa Oleifera</i> .	36

Liste des tableaux

Tableau1: La classification systématique de <i>Moringa Oleifera</i>	7
Tableau 2 : Usages médicaux communs des différentes parties de Moringa	10

Table des matières

Liste des abreviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction

1

Chapitre I: Revue bibliographiques

1- Historique	3
2- Aspects Botanique	3
Les feuilles	3
Port de <i>Moringa Oleifera</i>	4
Fleurs et graines	5
3 Dénomination et taxonomie	6
4- Multiplication et plantation	7
5- Interet et champ d'utilisation de <i>Moringa Oleifera</i>	8
Utilisations ayurvediques de Moringa	9
Utilisations medicinales de Moringa	9
Apiculture	11
Purification de l'eau	11
Industrie	11
Cosmetiques et produits de beaute	11
Alimentation et nutrition humaine	12
Alimentation animale	12
Usages antibiotique et anti inflammatoires	13
Utilisations industrielles de l'huile de Moringa	13
6- Les inconvenients de Moringa	13
2-Pollution de l'eau	14
2-1- Origines des pollutions des eaux	14
Pollution physique	14
Pollution solide	14
Pollution thermique	14
Pollution radioactive	14
Pollution chimique	14
Pollution microbiologique	15
Les eaux usées	15
Les eaux usées domestiques	15
Les eaux usées industrielles	15
Les eaux usées agricoles	15
Situation actuelle des eaux usées et leur réutilisation en Algérie	16
Réutilisation des eaux usées pour l'irrigation	16
Réutilisation municipale	16
Réutilisation industrielle	16
2-4-Traitement des eaux usées	17
Traitement préliminaire	17
Traitement primaire	17
Traitement secondaire (traitement biologique)	18
Traitement tertiaire	18
Traitement des eaux usées par moringa oleifera	19
Agent adsorbant	20
Agent coagulant-floculant	20
Agent désinfectant	20

Chapitre II : Matériels et méthodes

1- Matériel	21
Les eaux usées	21
Présentation de la station d'épuration d'Ibn Ziad	21
Matériel végétal	22
2- Méthodes	22
Milieux de cultures utilisés	22
Milieu CCA	22
Gélose Slanetz	22
Milieu de confirmation BEA	22
Gélose nutritive	22
Gélose viande foie	22
2- Echantillonnage et prélèvement	23
3- Préparation de lait de Moringa	23
4- Analyses bactériologiques	24
Dilutions décimales :	24
Recherche de germes totaux :	25
Recherche de coliformes totaux et fécaux	26
Recherche de streptocoques fécaux	27
5- Recherche de <i>Clostridium</i> sulfito-réducteurs	29

Chapitre III : Résultats et discussions

1- Analyses bactériologiques	30
2- Les germes totaux	30
3- Les coliformes totaux et fécaux	32
Les coliformes totaux	33
Les coliformes fécaux	34
4- Les streptocoques fécaux	35
5- Les <i>Clostridium</i> sulfito- reducteur	36
Conclusion	38
Références bibliographiques	39
Annexes	43

Introduction

Introduction

L'accès durable aux ressources en eau est une préoccupation majeure dans tous les pays du monde. L'Algérie est l'un des pays de la méditerranée touchés par le stress hydrique. Elle est classée dans la catégorie des pays pauvres en cette matière, soit en dessous du seuil théorique de rareté fixé à 1000 m³/hab/an (**OMS, 1989**)

En revanche, les ressources actuelles sont affectées par plusieurs facteurs parmi eux : les changements climatiques, la demande croissante de la population, le manque des ouvrages d'immobilisation des ressources hydrique ainsi que le phénomène de pollution des eaux souterraines et superficielles par différentes activités humaines (**Nichane et Khelil, 2014**). De plus, les eaux des pluies, des barrages et des forages restent insuffisantes pour satisfaire les besoins de la population actuelle et aller avec le développement croissant des activités industrielles et urbaines (**Hartani , 2005**).

Afin de préserver la qualité des masses d'eau, il convient de chercher des approvisionnements alternatifs : la réutilisation des eaux usées épurées qui se présente aujourd'hui comme une solution alternative pour limiter la pénurie, préserver et valoriser la ressource naturelle et contribuer à la gestion intégrée des ressources en eau du pays. Celle-ci peut être pratiquée pour satisfaire de nombreux usages : agricoles, industriels ou encore environnementaux (**Ouahib S, 2020**)

La purification artificielle des eaux usées favorisant les maladies à transmission hydriques ainsi que la dégradation de la qualité des eaux de surface et souterraine, par la mise en œuvre des stations d'épurations, a montré sa complexité et ses exigences matérielles et humaine. De ce fait d'autres moyens plus simples et efficaces ont été mis en place pour l'épuration des eaux usées brutes. Parmi eux l'utilisation des végétaux comme le *Moringa oleifera*, cette plante très répandue dans le monde à usages multiple, était connue depuis longtemps et était utilisée traditionnellement à des fins thérapeutiques et alimentaires et prouvés scientifiquement (**Koul et Chase, 2015**), la découverte de son rôle dans la dépollution des eaux et des sols, comme un procédé biologique respectueux de l'environnement n'a été prouvé que récemment (**Vrushali et al, 2018**).

Ce travail s'articule aux tours de deux objectifs principaux :

- Evaluer de la qualité des eaux usées et épurées par la STEP d'Ibn Ziad de la commune de Constantine,
- Analyse microbiologique de la flore bactérienne associée aux échantillons d'eau usée avant et après traitement avec les graines de *Moringa oleifera*.

Ce mémoire sera donc agencé comme suit :

- Le premier chapitre représente une analyse bibliographique portant sur des généralités sur le *Moringa oleifera* et les eaux usées.
- Le deuxième chapitre est consacré aux méthodes d'analyses bactériologiques utilisées au laboratoire.
- Le troisième chapitre est consacré à la discussion des résultats obtenus, en terminant par une conclusion faisant le point sur l'ensemble du travail.

Chapitre I : Revue bibliographique

1-Historique

L'utilisation de la plante *Moringa oleifera* remonte à 2000 ans avant JC, au Nord de l'Inde où elle fut d'abord décrite comme une herbe médicinale. Selon la médecine Ayurvédique, la plante de *Moringa* peut prévenir jusqu'à 300 différentes maladies. L'utilisation du *Moringa* tant qu'huile fut constatée en premier dans l'Égypte ancienne, où elle était utilisée en tant que protectrice contre la chaleur désolante et intense venant du climat désertique. L'utilisation de la plante de *Moringa* par les grecques fut également observée et ils l'ont ainsi transmis aux Romains qui l'ont utilisée pour nourrir leurs armées.

Depuis, la plante de *Moringa* a été propagée autour du monde due à sa capacité de développer de profonde racine dans tout type de sol dans lequel elle est placée, ce qui lui a donné l'opportunité de traverser le globe de l'Égypte à la Méditerranée. Cette plante a reçu un énorme influx de popularité dans le monde occidental, avec les consommateurs désirant essayer une des plantes les plus nutritionnelles de la Terre.

Les études récentes ont soutenu le *Moringa* et ont confirmé qu'il contenait vraiment une multitude de nutriments. C'est une plante à fleurs de la famille des morigacées originaire de l'Inde, est une plante à miracle, véritable boîte à pharmacie. Toutes ses parties sont utilisées différemment dans la médecine douce et dans la pharmacopée africaine, sud-américaine et asiatique. Ses feuilles, ses fleurs, ses écorces et ses racines soignent de nombreuses maladies. Elle est efficacement utilisée pour combattre la malnutrition. Elle possède de nombreuses qualités : elle pousse rapidement, apporte de l'azote aux sols, est riche en vitamines et antioxydants, produit une huile alimentaire et cosmétique, nourrit les familles en période de soudure, et est capable de purifier l'eau. C'est la raison pour laquelle on l'appelle "plante miracle" (Frah et Bouzad, 2018).

2- Aspects botanique

Les feuilles:

Les feuilles sont duveteuses et semblables à celles des fougères (Mémento de l'Agronome, 2002).



Figure1 : Feuilles de Moringa

Les feuilles, alternes et bi ou tripennées, se développent principalement dans la partie terminale des branches. Elles mesurent 20 à 70 cm de long, sont recouvertes d'un duvet gris lorsqu'elles sont jeunes, ont un long pétiole avec 8 à 10 paires de pennes composées chacune de deux paires de folioles opposés, plus un à l'apex, ovales ou en forme d'ellipse, et mesurant 1 à 2 cm de long (**Morton, 1991**).

Leurs folioles peuvent être cueillies et préparées comme les épinards. Elles sont très nutritives dans son livre, *Survival and Subsistence in the Tropics*, Frank Martin a écrit : Parmi les légumes à feuilles, il y en a un qui se distingue tout particulièrement.

2-2- Tronc de *Moringa Oleifera*

Moringa oleifera est une plante qui a l'aspect d'un Arbuste dont la hauteur peut atteindre 4 à 5m. Le diamètre du tronc varie entre 20 et 40 cm selon. Le tronc est généralement droit, mais il est parfois très peu développé. En général, il se ramifie lorsque la hauteur atteint, 5 à 2m. Les branches poussent de manière désorganisée et la canopée est en forme de parasol (**Foidl et al, 2001**).



Figure 2: Tronc de *Moringa Oleifera*

2-3 Fleurs et graines :

Les fleurs de 2,5 cm de large se développent en panicules axillaires et tombantes de 10 À 25 cm. Elles sont odorantes, de couleur blanche ou crèmeuse, avec des points jaunes à la base. Les sépales, au nombre de cinq, sont symétriques et lancéolés. Les cinq pétales sont minces et spatulés, symétriques à l'exception du pétale inférieur, et entourent cinq étamines Les fruits sont en forme de gousses allongées à trois valves, déhiscentes et mesurant 20 à 60 cm de long (**Roloff et al, 2009**).

Les graines sont arrondies, ailées, avec une coque marron semi-perméable. Le poids moyen d'une graine est de 0,3g dont 25% sont représentés par la coque. La production annuelle par arbre est de 15 000 à 25 000 graines (**Makkar et Becker, 1997**).



Figure 3 : Fruits de *Moringa Oleifera* (Besse, 1996)



Figure 4: Fleur de *Moringa Oleifera* (Besse, 1996)

3-Dénomination et taxonomie

Moringa appartient à une famille monogénérique dont on connaît 14 espèces (Neuf d'entre elles sont africaines, deux malgaches, deux indiennes et une en Arabie Séoudite. Les espèces les plus courantes sont: *M stenopetala*, *M. conxanensis*, *M Drouhardii*, *M Longituba* et *M Peregrina*.

Le nom *Moringa* vient de *muringa* en malayalam une langue indienne. La plupart des langues utilisent un dérivé phonétique de ce mot pour désigner la plante.

Moringa oleifera est un arbre connu sous diverses appellations. En Afrique francophone, le nom le plus général est *nébédây*, nom vraisemblablement dérivé de l'anglais "Never die" (immortel), en référence à sa capacité de résistance à la sécheresse, à son aptitude à se propager rapidement à partir de semis ou de boutures et à se régénérer

même après des coupes très sévères. En Inde, il est appelé Dumstick pour rappeler la forme du fruit qui ressemble à une baguette. Au Burkina Faso, le nom varie en fonction des ethnies et reflète les qualités nutritionnelles miraculeuses de l'arbre: - en mooré (Arzan Tiiga). - en dioula (ArdjilUi Yiri). - en fulfuldé (Leggal Aljenna) (Laleye et al, 2015).

La systématique de *Moringa oleifera* est représentée dans le tableau ci-dessous :

Tableau1: La classification systématique de *Moringa Oleifera* (Laleye al, 2015)

Règne	Végétal
Embranchement	Spermaphytes
Sous embranchement	Angiosperme
Classe	Dicotylédones
Sous classe	Dillenidae
Ordre	Capparidales
Famille	Moringaceae
Genre	Moringa
Espèce	<i>Moringa Oleifera</i> Lamarck

4- Multiplication et plantation

L'arbre demande une plantation en zone humide, qui ne s'assèche pas. Craignant fondamentalement le gel, sa culture en France (et en Europe) ne doit s'envisager qu'en intérieur de l'automne à l'été. De plus, il craint les gros écarts de température jour-nuit. Sa sortie est réservée à la période la plus chaude de l'année.

Moringa oleifera se multiplie soit par semis des graines à 2 cm de profondeur. Soit par bouturage. Le semis direct est conseillé pour la monoculture à haute densité (10 x 10 cm), tandis qu'en culture associée, la transplantation peut être préférée dans certains cas (2 à 5 m entre les plants et les rangées). La saison des pluies et la saison sèche fraîche sont les périodes favorables au semis des graines La densité de plants à l'hectare dépend des objectifs de production. La production de feuilles se fait soit en monoculture où la densité des plants à l'hectare est élevée jusqu'à 1 000 000 de plants/ha)

La production par bouturage permet d'avoir des plantes à croissance rapide mais qui développe un système racinaire superficiel qui les rend sensibles au stress hydrique et au vent. Les boutures de 45 à 150 cm de long avec un diamètre de 4 à 16 cm doivent être prélevé sur un arbre d'au moins un an et laissées à l'ombre pour sécher pendant au moins trois jours avant d'être plantées.

Une fois que les arbres ont cessé de produire des fruits, les branches doivent être coupées pour permettre une nouvelle croissance. Ces branches sont excellentes pour faire pousser de nouveaux arbres. (Foidl et al, 2001)

5- Intérêt et champ d'utilisation de *Moringa oleifera*

Plusieurs parties de l'arbre *M. oleifera* ont un intérêt nutritionnel qui permet son utilisation dans divers domaines (Figure5).

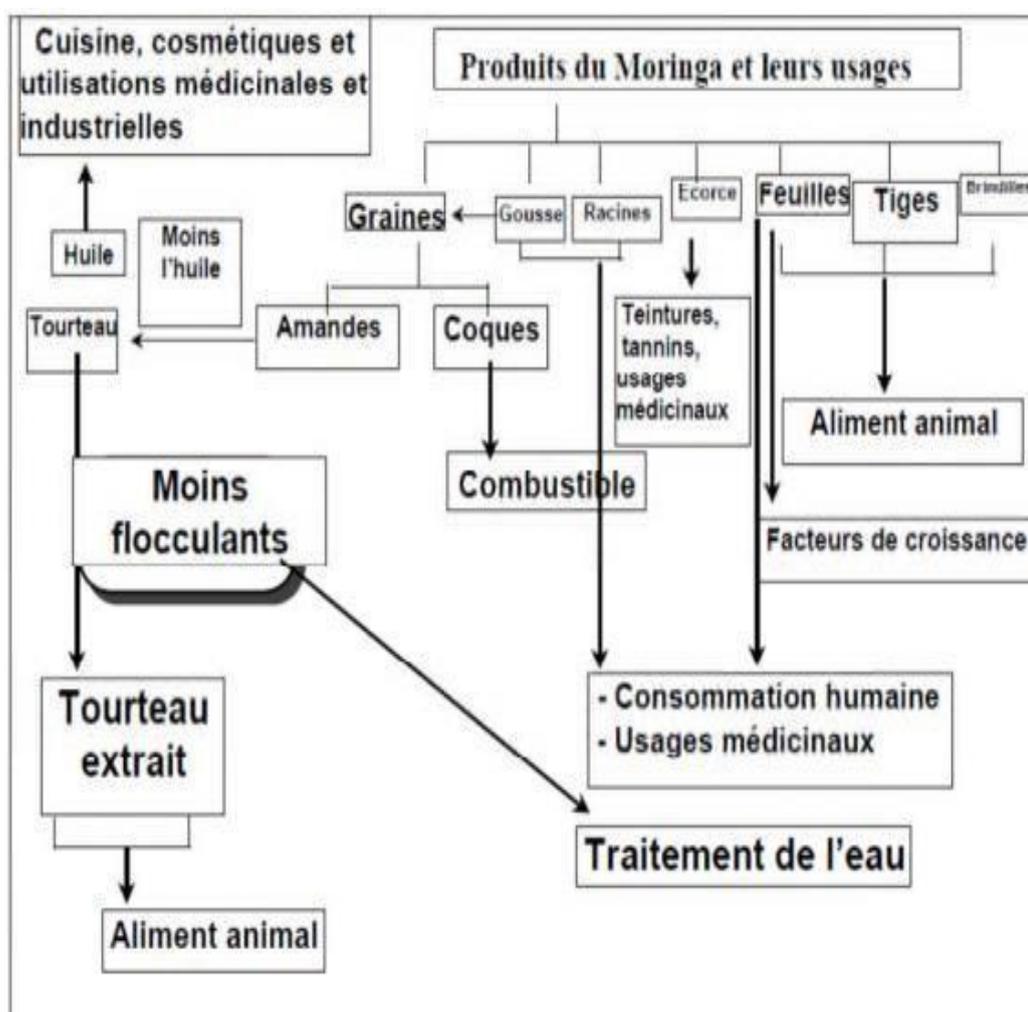


Figure 5: Les principales utilisations des différents organes de *Moringa oleifera* (Foidl et al, 2001).

5-1 Utilisations ayurvédiques de Moringa

En Ayurveda, Shigru ou Moringa est utilisée depuis des temps immémoriaux pour traiter une grande variété de maladies. Ses racines, son écorce, ses feuilles, ses graines et ses fleurs sont utilisées en thérapeutique. Les racines sont amères et âcres. Ils ont des propriétés thermogéniques, digestives, anti-gazeuses, antiparasitaires, constipantes, analgésiques, inflammatoires, emménagogues, sudorifiques, stimulantes de la production d'urine, ophtalmiques, antitussif, hématitiques, anti-pierres, alexiphariques, stimulantes et vésicantes (**Khemar, 2021**)

5-2 Utilisations médicinales de Moringa

Le Moringa a des propriétés réductrices, anti-tumorales, anticancéreuses, antibiotiques et abortives, abaissement de la pression artérielle, anti-spasmodique, anti-tumorale, hypocholestérolémiant, stimulant la production d'urine, abaissement de la glycémie, propriétés anti-cancer.

L'extrait de feuilles est administré pour traiter l'hyperthyroïdie et comme médicament contre le virus de l'herpès simplex. Différents types de produits Moringa sont non toxiques et sûrs à utiliser. Ils sont tous comestibles et utilisés à la fois en interne et en externe.

Il est prouvé pour être bénéfique dans l'arthrite, douleurs articulaires, goutte, abcès, parasites intestinaux, érysipèle, herpès zoster ou zona, ulcères, problèmes respiratoires, hoquet, pierres, amélioration de l'appétit, comme un tonique et bien plus encore. Le Moringa est très bénéfique pour la santé globale et devrait être donné aux enfants en pleine croissance pour des os solides et une croissance optimale. Il purifie également le corps et guérit la malnutrition (**Khemar, 2021**).

Tableau 2 : Usages médicaux communs des différentes parties de Moringa (**Anwar et al, 2017**).

Parties	Usage médical
Racines	Anti fertilité, anti-inflammatoire, utilisé comme un laxatif, traite le rhumatisme, inflammations, douleurs articulaires et constipation, etc.
Feuilles	Un purgatif (laxatif), Appliquée pour les maux de tête, fièvres, mal de gorge, Anémie bronchitique, infections de l'oreille, scorbut et catarrhe ; le jus de la Feuille cru est utilisé pour contrôler la glycémie, hyper-glycémie, etc.
Gomme	Utilisé pour soulager les maux de tête, fièvres, plaintes intestinales...
Tige	Utilisé pour détruire les tumeurs, guérir les ulcères et une activité antituberculeuse, etc.
Fleurs	Guérir les inflammations, maladies du muscle, hystérie, tumeurs, baisser le cholestérol (hypercholestérolémie), activité antibactérienne et antifongique.
Graines	L'extrait de graines exerce son effet protecteur en diminuant la lipoperoxydation hépatique ainsi qu'une activité anti hypertensifs.

5-3 Apiculture :

Plante mellifère, les fleurs de Moringa sont riches en nectar, ce qui constitue une source constante pour les abeilles tout au long de l'année. Le miel obtenu est clair, l'odeur et le goût sont appréciés des consommateurs (**Malo, 2014**).

5-4 Purification de l'eau

Les graines de Moringa contiennent des poly électrolytes cationiques qui ont montré leur efficacité dans le traitement des eaux en remplacement du sulfate d'alumine et des autres flocculant (**Ralezo Maevaland, 2006**). En tant que coagulant, Moringa est non toxique et biodégradable. Il est respectueux de l'environnement et, n'a pas d'effet significatif sur le pH et la conductivité de l'eau après le traitement. Les boues produites par coagulation avec le Moringa sont non seulement inoffensives mais aussi de quatre à cinq fois moins volumineuses que les boues chimiques produites par la coagulation aluminique (**Ndabigengesere et al, 1995**). L'utilisation de *Moringa oleifera* sous certaines conditions, est parmi les moyens les plus efficaces de traitement des eaux usées pour l'élimination du Cuivre et du Nickel (**Benali et al, 2016**).

5-5 Industrie

5-5-1 L'huile de Moringa

L'huile de Moringa est utilisée comme lubrifiant dans la machinerie fine comme l'horlogerie pour sa faible tendance à se détériorer et devenir rance et collante (**Foidl et al, 2001**).

5-5-2 Le Moringa comme source de biogaz

Pour une alimentation moyenne de 5,7 g de matières solides volatiles, la production de gaz s'élève à 580 litres/kg de solides volatils. La teneur moyenne en méthane du gaz produit est de 81%. Le tourteau du Moringa peut remplacer certains tourteaux de graines classiques. Celle-ci pourrait constituer une bonne source d'acides aminés soufrés pour les animaux produisant des fibres (par exemple les lapins Angora, les moutons et les chèvres), dans un régime alimentaire mixte contenant des niveaux suffisants en autres acides aminés essentiels (**Malo, 2014**).

5-6 Cosmétiques et produits de beauté

Selon **Foidl et al, (2001)**, de par sa qualité supérieure, l'huile de Moringa est utilisée dans l'industrie cosmétique et de parfums pour stabiliser les senteurs. La teneur en acide gras libres varie de 0,5 à 3%.

5-7 Alimentation et nutrition humaine

Le Moringa est un légume exceptionnellement nutritif. Il est facile à cultiver et à entretenir, il fournit des aliments nutritifs, en particulier aux communautés pauvres, tout au long de l'année, plutôt que d'être saisonnier comme le sont la plupart des légumes (Ravindra et al, 2016). Il fait maintenant partie des programmes de sécurité nutritionnelle dans le Pacifique et dans d'autres parties du monde (Goebel et al, 2013, Joshi et al, 2016) et est largement répandu en tant que culture vivrière par les organismes d'aide. Les jeunes feuilles sont comestibles et sont couramment consommées cuites, comme des épinards, ou préparées en soupe ou en salade. Les jeunes gousses vertes sont très gouteuses et peuvent être consommées bouillies comme des haricots ; les graines doivent être consommées vertes avant qu'elles ne virent au jaune (Foidl et al, 2001).

Les graines sèches peuvent être réduites en poudre et utilisées pour assaisonner les sauces. Les racines des jeunes plants peuvent également être séchées et réduites en poudre pour relever l'assaisonnement, avec un goût proche de celui du raifort. C'est pour cette raison que Moringa a été appelé « Horseradish tree » en anglais (Delaveau et Boiteau, 1980). Les fleurs peuvent être consommées après avoir été blanchies ou crues comme ingrédient d'une salade. La résine issue du tronc peut encore être utilisée pour épaissir les sauces. Toujours du même auteur, l'huile de Moringa comestible, possède un goût plaisant et sa qualité est comparable à celle de l'huile d'olive, elle est utilisée en assaisonnement et pour la friture. En tant qu'huile alimentaire, elle est intéressante pour sa richesse en acide gras insaturés, en particulier l'acide oléique, et sa grande résistance au rancissement. (Foidl et al, 2001).

5-8 Alimentation animale

Le Moringa est une excellente ressource fourragère ; selon Foidl et al, (2001), les feuilles de Moringa constituent un fourrage de qualité supérieure permettant un gain de poids considérable sur le bovin ceci est dû d'une part à sa forte teneur en matière azotée apparemment digestible (MAD) s'élevant à plus de 95% et sa bonne qualité de fibres également (FDN: indice de rapidité de la fermentation d'un aliment ou de fibres dans le rumen plus élevé) (Foidl et al, 2001).

Price, (2007) a montré que le gain moyen quotidien (GMQ) des bovins de boucherie et la production de lait ont augmenté respectivement de 30% et 7-10 l/jour en incorporant les feuilles de *M. oleifera* dans leur ration.

5-10 Utilisations industrielles de l'huile de Moringa

La teneur en huile des graines décortiquées, c'est-à-dire des amandes, est d'environ 42%. L'huile est d'un jaune brillant. Elle est utilisée comme lubrifiant dans la machinerie fine, comme l'horlogerie, pour sa faible tendance à se détériorer et devenir rance et collante. Elle est également utilisable comme huile de cuisine. Grâce à sa capacité à absorber et à retenir les substances volatiles, elle est également intéressante dans l'industrie des parfums pour stabiliser les senteurs. La teneur en acides gras libres varie de 0,5 à 3%. L'huile des graines de Moringa contient environ 13% d'acides gras saturés et 82% d'acides gras insaturés. Elle est particulièrement riche en acide oléique (70%). Les huiles végétales classiques contiennent généralement de l'ordre de 40% d'acide oléique (**Ramachandran et al, 1980**).

6- Effets secondaires de Moringa

Il est important de comprendre que comme n'importe quelle plante médicinale, tout excès peut avoir des conséquences négatives

- Une consommation de Moringa le soir peut provoquer des troubles de sommeil et l'insomnie.

- Lors des premières prises, le Moringa provoque comme effet secondaire la diarrhée.
- La consommation excessive de Moringa peut provoquer chez certains patients des brûlures de l'estomac

2- Pollution de l'eau :

La pollution des eaux est définie comme toute modification physique ou chimique de la qualité des eaux, qui a une influence négative sur les organismes vivants ou qui rend l'eau inadéquate aux usages souhaités. Donc on dit que l'eau est polluée, lorsque sa composition ou son état est directement ou indirectement modifié par l'action de l'homme.

2-1- Origines des pollutions des eaux

La pollution des eaux provient essentiellement des activités domestiques et industrielles ainsi que des précipitations, elle perturbe les conditions de vie de la flore et la faune aquatiques, elle compromet également l'utilisation de l'eau et l'équilibre du milieu aquatique.

2-1-1 Pollution physique

Elle résulte de différents éléments solides entraînés par les rejets domestiques et industriels. On distingue :

2-1-1-1 Pollution solide : elle provient des particules solides apportées par les eaux industrielles ainsi que les eaux de ruissellement et issue des décharges de déchets à ciel ouvert.

2-1-1-2 Pollution thermique : causée généralement par les eaux des circuits de refroidissement des usines, en effet tout changement de température de l'eau a des conséquences significatives sur l'équilibre écologique du milieu aquatique naturel et la survie des organismes vivants.

2-1-1-3 Pollution radioactive : liée aux rejets des éléments radioactifs par les installations et les centrales nucléaires ainsi que les usines de traitement de déchets radioactifs. (Kalle K, 1963).

2-1-2 Pollution chimique

Elle est due aux polluants chimiques de nature organique et minérale générés par les

différentes activités anthropiques. Ce type de pollution regroupe les solvants, les métaux (Zn, Pb, Cd,.....), les hydrocarbures aromatiques polycycliques(HAP), les polychlorobiphényles (PCB), les produits pharmaceutiques, les pesticides, les sels, etc...

2-1-3 Pollution microbiologique

Elle provient de plusieurs sources comme les rejets des hôpitaux, l'agriculture ainsi que les rejets d'eaux usées. L'eau se charge alors de microorganismes pathogènes (bactéries, virus, parasites) qui peuvent être dangereux pour l'environnement et pour la santé humaine (**Parlanti E et al, 2000**)

2-2 Les eaux usées

Une eau usée ou résiduaire est une eau issue des activités anthropiques (domestiques, industrielles, agricoles) qui a été dégradée après usage. Le rejet direct de ces eaux dans le milieu naturel représente la forme de pollution la plus dommageable pour l'ensemble des écosystèmes. Ces eaux transportent des concentrations élevées en matières polluantes (azote, phosphore, matière organique, métaux lourds, bactéries pathogènes...), ce qui détériore la qualité des eaux pour les milieux récepteurs (rivières, lac,...) (**Hudson N et al, 2008**). Suivant l'origine des substances polluantes, on peut classer ces eaux usées en 3 catégories :

2-1-1 Les eaux usées domestiques : comme leur nom l'indique, elles résultent des activités humaines (les excréments humains, les eaux ménagères, etc...). Ces eaux sont généralement chargées en matière organique, azote et phosphore.

2-1-2 Les eaux usées industrielles : Elles proviennent essentiellement des usines et des installations industrielles ; ces eaux peuvent contenir des éléments traces métalliques (As, Pb, Cr, etc ...), des solvants, des colorants, etc...

2-2-3 Les eaux usées agricoles : Elles proviennent du lessivage des terres cultivées et traitées avec des engrais et des pesticides, l'utilisation extensive de ces produits sont à l'origine de la présence des nitrates et des éléments traces métalliques (Zn, Cu, Pb,...) dans ces eaux (**Patel-Sorrentino N, 2002**).

2-3-Situation actuelle des eaux usées et leur réutilisation en Algérie

A travers sa mission principale, soit le traitement des eaux usées, l'ONA a atteint plusieurs objectifs dont principalement la protection de la ressource hydrique (protection de la nappe phréatique, des barrages, des oueds, de la mer, de l'environnement et de la santé publique en éliminant les maladies à transmission hydrique).

Durant l'année 2019, un volume de 12.325.269 m³ d'eaux épurées a servi à l'irrigation de 11.045 hectares de terres agricoles, soit un taux de la réutilisation des eaux usées épurées en agriculture (REUE) de 31 % du volume épuré (ONA, 2019).

Cependant, face aux changements climatiques, l'Office propose une solution alternative qu'est la réutilisation des eaux épurées. En effet, l'assainissement des eaux usées est devenu une exigence qui accompagne le développement des activités humaines car elles engendrent automatiquement une production croissante de rejets polluants évacués dans les cours d'eaux. (ONA, 2019)

2-3-1 Réutilisation des eaux usées pour l'irrigation

La réutilisation des eaux usées en agriculture est une pratique qui date des temps anciens. Le ratio entre la réutilisation des eaux usées et l'affectation des ressources permet d'estimer la contribution de la réutilisation des eaux usées en irrigation. Cette contribution est de 13.37% dans le cas de la région hydrographique Chelif Zahrez, de 21.4% dans la région hydrographique Constantine- Seybousse-Mellegue, et de 34.92 % dans la région hydrographique Oranie-Chott-Chergui. (Hartani, 2005).

Par ailleurs, la réutilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation doit concerner en priorité les zones déficitaires en eau conventionnelle. Parmi les stations d'épurations exploitées par l'ONA à travers les 43 wilayas, quelques stations sont concernées par la réutilisation des eaux usées épurées en agriculture. En 2011, le volume réutilisé est estimé à 17 millions de m³/an, afin d'irriguer plus de 10 000 hectares de superficie agricoles. En effet, ce potentiel de réutilisation des eaux usées épurées à des fins agricoles a connu une évolution significative où environ 17 millions de m³ ont été enregistrés en 2011, environ 45 millions de m³ en 2012 300 millions de m³ en 2014 (MRE, 2012).

2-3-2 Réutilisation municipale

Les réutilisations d'eaux épurées en zone urbaine sont extrêmement nombreuses. En Algérie, les eaux usées épurées sont réutilisées principalement par la protection civile qui récupère un volume de 18763 m³ /mois d'eau usée épurée de la STEP de Tipaza, par exemple, pour lutter contre les incendies, et les collectivités locales qui récupèrent 12 m³/mois des eaux épurées pour le nettoyage de la ville à partir de la STEP de Boumerdès.

2-3-3 Réutilisation industrielle

Pour certains pays, l'eau recyclée fournit 85% des besoins globaux en eau pour l'industrie. La REUE industrielle peut se faire dans le secteur de l'énergie, dans les circuits de refroidissement fermés ou ouverts. Outre, cette réutilisation est possible dans les laveries industrielles, les stations de lavage de voiture, l'industrie du papier, la production d'acier, de textiles, les industries d'électroniques et de semi-conducteurs, etc. (**Baumont et al, 2004**). En Algérie, le seul exemple à citer est celui de la STEP de Jijel, qui cède un volume de 15000 m³ /mois d'eau usée au profit de la tannerie de Jijel.

2-4- Traitement des eaux usées

2-4-1 Traitement préliminaire

Consiste à enlever des solides grossiers et d'autres grands fragments de l'eau usée brute (**FAO, 2003**). En tête d'une station d'épuration, ces procédés permettent de retenir les matières volumineuses grâce à des grilles (dégrillage), les sables (dessablage), les matières flottantes grossières (écumage) et les liquides moins denses que l'eau (désuilage). Les déchets solides peuvent être déchiquetés (dilacération) par des « pompes dilacératrices », cette opération facilitant leur dispersion (**Des jardins, 1997**).

2-4-2 Traitement primaire

Enlèvement des solides organiques et inorganiques sédimentables ainsi que les matériaux flottants (**FAO, 2003**).

La décantabilité des matières dans un bassin est déterminée par l'indice de Mohlman. Cet indice est déterminé chaque jour dans les stations d'épuration importantes afin de vérifier le bon fonctionnement du système.

À la fin de ce traitement, la décantation de l'eau a permis de supprimer environ 60 % des matières en suspension, environ 30 % de la demande biologique en oxygène (DBO) et 30% de la demande chimique en oxygène (DCO). Cette part de DBO5 supprimée était

induite par les matières en suspension. La charge organique restant à traiter est allégée d'autant. Les matières supprimées forment au fond du décanteur un lit de boues appelé boues primaires (**Bontaux, 1994**).

2-4-3 Traitement secondaire (Traitement biologique)

Enlèvement des matières organiques solubles et des matières en suspension des eaux usées traitées primaires (**FAO, 2003**).

Les procédés d'épuration secondaire (ou biologique) comprennent des procédés biologiques, naturels ou artificiels, faisant intervenir des microorganismes aérobies pour décomposer les matières organiques dissoutes ou finement dispersées (**Desjardins, 1997**). La dégradation peut se réaliser par voie aérobie (en présence d'oxygène) ou anaérobie (en l'absence d'oxygène).

2-4-3-1 La voie anaérobie

Si les réactions s'effectuent à l'abri de l'air, en milieu réducteur. Le carbone organique, après dégradation, se retrouve sous forme de CO₂, méthane et biomasse. Ce type de traitement appelé « digestion anaérobie » n'est utilisé que pour des effluents très concentrés en pollution carbonées, de type industriel (basserie, sucrerie, conserverie ...).

2-4-3-2 La voie aérobie :

Si l'oxygène est associé aux réactions. Cette voie est celle qui s'instaure spontanément dans les eaux suffisamment aérées. Le carbone organique se retrouve sous forme de CO₂ et de biomasse (**Dégrémont, 1972**).

2-4-4 Traitement tertiaire

A l'issue des procédés décrits précédemment, les eaux sont normalement rejetées dans le milieu naturel. Dans le cadre d'une réutilisation des eaux usées épurées (REUE), les eaux usées nécessitent des traitements supplémentaires, essentiellement pour éliminer les microorganismes qui pourraient poser des problèmes sanitaires. Ce ne sont pas des traitements d'épuration « classiques » (mis à part le lagunage) ; par contre ils sont fréquemment utilisés dans les usines de production d'eau potable (**Edline, 1996**).

2-4-4-1 Traitement bactériologique par rayonnement UV :

Le traitement par rayons ultraviolets utilise des lampes à mercure disposées parallèlement ou perpendiculairement au flux d'eau. Leur rayonnement s'attaque directement aux microorganismes. Ce traitement est très simple à mettre en œuvre, car il n'y a ni stockage, ni manipulation de substances chimiques et les caractéristiques chimiques de l'effluent ne sont pas modifiées. La durée d'exposition nécessaire est très courte (20 à 30 s).

2-4-4-2 Traitement par voie physico-chimique :

Le traitement tertiaire inclut un ou plusieurs des processus suivants:

- ✓ Désinfection par le chlore ou l'ozone (pour éliminer les germes pathogènes).
- ✓ Neutralisation des métaux en solution dans l'eau : en faisant varier le pH de l'eau dans certaines plages, on obtient une décantation de ces polluants.

2-4-4-3 Traitement des odeurs :

Les premières phases du traitement, le dégrillage, le dessablage/déshuilage et la phase anaérobie du traitement biologique sont généralement confinées dans des bâtiments plus ou moins étanches afin que les mauvaises odeurs ne se répandent pas dans l'environnement de la station. Ce qui provoquerait des nuisances olfactives inacceptables par les riverains. Cet air nauséabond est collecté et traité. Il passe par trois tours de lavage : une d'acide sulfurique (H₂SO₄), une de Javel et une de soude. (ALLOUCHE F, 1990).

2-5- Traitement des eaux usées par *Moringa Oleifera*

Moringa oleifera été utilisé pour le traitement domestique de l'eau par des femmes au Soudan, qui ont placé des graines en poudre dans un petit sac en tissu qui a ensuite été tourbillonné dans de l'eau trouble (Firth et al, 2010). Cela a inspiré le développement d'un nouveau traitement révolutionnaire de l'eau d'assainissement naturel, respectueux de l'environnement (Idris et al, 2016). Une littérature scientifique a révélé l'énorme utilité des extraits de graines de *Moringa Oleifera* pour le traitement des eaux usées, en tant que adsorbant, coagulant et désinfectant :

2-5-1 Agent adsorbant

Plusieurs études ont montré que les graines de *Moringa oleifera* ont d'excellentes propriétés adsorbantes. L'étude de la capacité d'adsorption de la graine est due à la présence de protéines, la capacité de la graine à éliminer les métaux lourds a mis en évidence des interactions acides aminés-métal responsable du phénomène d'adsorption (Sotheeswaran et al, 2012) par le mécanisme de charge du patch électrostatique. Ce mécanisme de la coagulation avec les graines de *Moringa oleifera* consiste en l'adsorption et la neutralisation des protéines chargées positivement issues de celles-ci, qui attirent les impuretés chargées négativement dans l'eau (colloïdales) (Ravikumar et Sheeja, 2013).

2-5-2 Agent coagulant-floculant

La coagulation-floculation est une méthode permettant d'éliminer la turbidité constituée, d'une part, de matières en suspension (minérales et organiques), et d'autre part de matières organiques dissoutes (Kabore et al, 2013)

Il a été prouvé que *Moringa oleifera* est le meilleur coagulant naturel encore découvert, qui peut en effet, remplacer les floculants minéraux, tels que le sulfate d'alumine, qui est largement utilisé dans le monde entier (Vilaseca et al, 2014), une propriété qui permet de traiter l'eau de boisson, les eaux usées et les effluents d'usines. (Aruna et Srilatha, 2012). En effet les graines contiennent des polyélectrolytes cationiques actifs, utilisés comme polypeptide naturel, ces protéines cationiques chargées positivement s'attachent à des surfaces de particules minérales et organiques chargées négativement par des interactions électrostatiques (Milind et al, 2012). Cela conduit à la formation de zones chargées négativement et positivement de la surface de la particule. En raison de la collision de particules et de la neutralisation, il se produit des floccs (Amagloh et Benang, 2009) qui se déposent par sédimentation sous l'effet de la gravité, laissant l'eau trouble plus ou moins claire (Mangale et al, 2012).

2-5-3 Agent désinfectant

L'utilisation de la graine de *Moringa oleifera* comme désinfectant pour l'eau suscite un intérêt considérable. De nombreuses revues de la littérature ont révélé sa propriété antimicrobienne contre les bactéries à Gram négatif et à Gram positif pour traiter des eaux usées (Aruna et Srilatha, 2012) Ces graines agissent également comme agent antimicrobien contre les champignons (Firth et al, 2010).

Chapitre II : Matériel et méthodes

L'intégralité de ce travail a été réalisée au niveau du laboratoire de microbiologie du laboratoire d'analyse de SEACO à Ain Smara Constantine

1- Matériel

1-1 Les eaux usées

Les analyses sont effectuées sur deux types d'eaux : eau usée brute et eau usée épurée provenant de la station d'épuration des eaux usées de la STEP d'Ibn Ziad.

1-2 Présentation de la station d'épuration d'Ibn Ziad

La station d'épuration d'Ibn Ziad s'étale sur une superficie d'environ 24 hectares, cette station est chargée de traiter les eaux usées urbaines, industrielles (rares) et pluviales. La station d'épuration de la wilaya de Constantine a été réalisée et mise en fonctionnement le 12 mai 1997, avec un débit nominal de 800 l/s, elle se situe 3 km à l'Ouest de Hamma Bouziane, sur le chemin de wilaya n°2 reliant la ville de Mila à, non loin de la population de la ville mais également elle ne le fait pas en juxtaposition.



Figure 7 : Station d'épuration d'Ibn Ziad de la commune de Constantine

1-3 Matériel végétal

Les graines de *Moringa oleifera* (**Figure 8**) proviennent du sud de l'Algérie (pépinière de Ghardaïa) et ont été récoltées durant la période allant du mois de juillet au mois d'août 2020.



Figure 8 : les graines de *Moringa Oleifera* utilisées

2- Méthodes

1-2 Milieux de cultures utilisés

1-2-4 Gélose nutritive :

Milieu de dénombrement des Germes totaux (**Annexe 1**).

1-2-1 Milieu CCA :

Gélose chromogène pour bactéries coliformes : permet le dénombrement des des coliformes totaux et les coliformes fécaux (**Annexe 2**).

1-2-2 Gélose Slanetz :

Milieu de dénombrement des Streptocoques (**Annexe 3**)

1-2-3 Milieu de confirmation BEA :

Gélose à la bile, à l'esculine et à l'azide de sodium est un milieu sélectif qu'on a utilisé comme un milieu de confirmation de la présence des streptocoques (**Annexe 4**).

1-2-5 Gélose Viande foie :

Principalement utilisé en tube profond pour la détermination du type respiratoire des micro-organismes, mais aussi pour la culture de germes anaérobies stricts telle que les *Clostridium* (**annexe 5**).

2- Échantillonnage et prélèvement

Les échantillons d'eau ont été collectés à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration d'Ibn Ziad. Ils sont recueillis dans des flacons en verre stériles de 200 ml munis de bouchons à vis, tout en respectant les conditions aseptiques selon les recommandations internationales concernant l'analyse microbiologique de l'eau usée (**ISO 5667-1 2006**).

3- Préparation de lait de Moringa

La poudre a été préparée à partir des graines sèches de *Moringa oleifera*, selon la technique décrite par **Fatombi (2013)** comme suite :

1- Décortiquer et écraser les graines dans un mortier en porcelaine afin d'obtenir une poudre (**Figure 9**)

2- Dans un bécher mettre 5g de cette poudre avec 10 à 15 ml d'eau distillée stérile jusqu'à l'obtention d'un liquide homogène.

3- Agiter pendant 10 min par un agitateur magnétique pour favoriser l'extraction des protéines coagulantes.

-Verser le lait de Moringa dans l'eau à traiter dans les flacons en verres stériles de 200 ml

-Remuer rapidement pendant quelques minutes.

- Laisser reposer 24h dans un réfrigérateur.

-Le lendemain filtrer la solution par un papier filtre.



Figure 9 : Les différentes étapes de la préparation du lait de Moringa

4 Analyses bactériologiques

Les analyses bactériologiques des eaux usées brutes, épurées et traitées par *Moringa oleifera* ont pour but de mettre en évidence la présence de germes, basés sur la recherche et la numération de celles ci dans les échantillons à analyser. L'analyse n'est pas seulement qualitative mais aussi quantitative (**Hamdi W, 2011**)

4-1 Dilutions décimales :

La solution mère est diluée successivement dans l'eau distillée stérile.

La dilution décimale est effectuée en transférant 1 ml de solution mère à diluer dans un tube contenant 9 ml d'eau distillé ou bien 10 ml de solution mère dans un flacon contenant 90 ml d'eau distillée.

Le nombre de dilutions nécessaires est choisi en fonction de la concentration attendue en microorganismes dans la solution mère (LARCHER C, 2007).

4-2 Recherche de germes totaux :

La recherche et le dénombrement des germes revivifiables se réalisent à deux températures différentes afin de cibler les micro-organismes psychrophiles (22°C) et les microorganismes mésophiles (37°C) (Lebres et Mouffok, 2008).

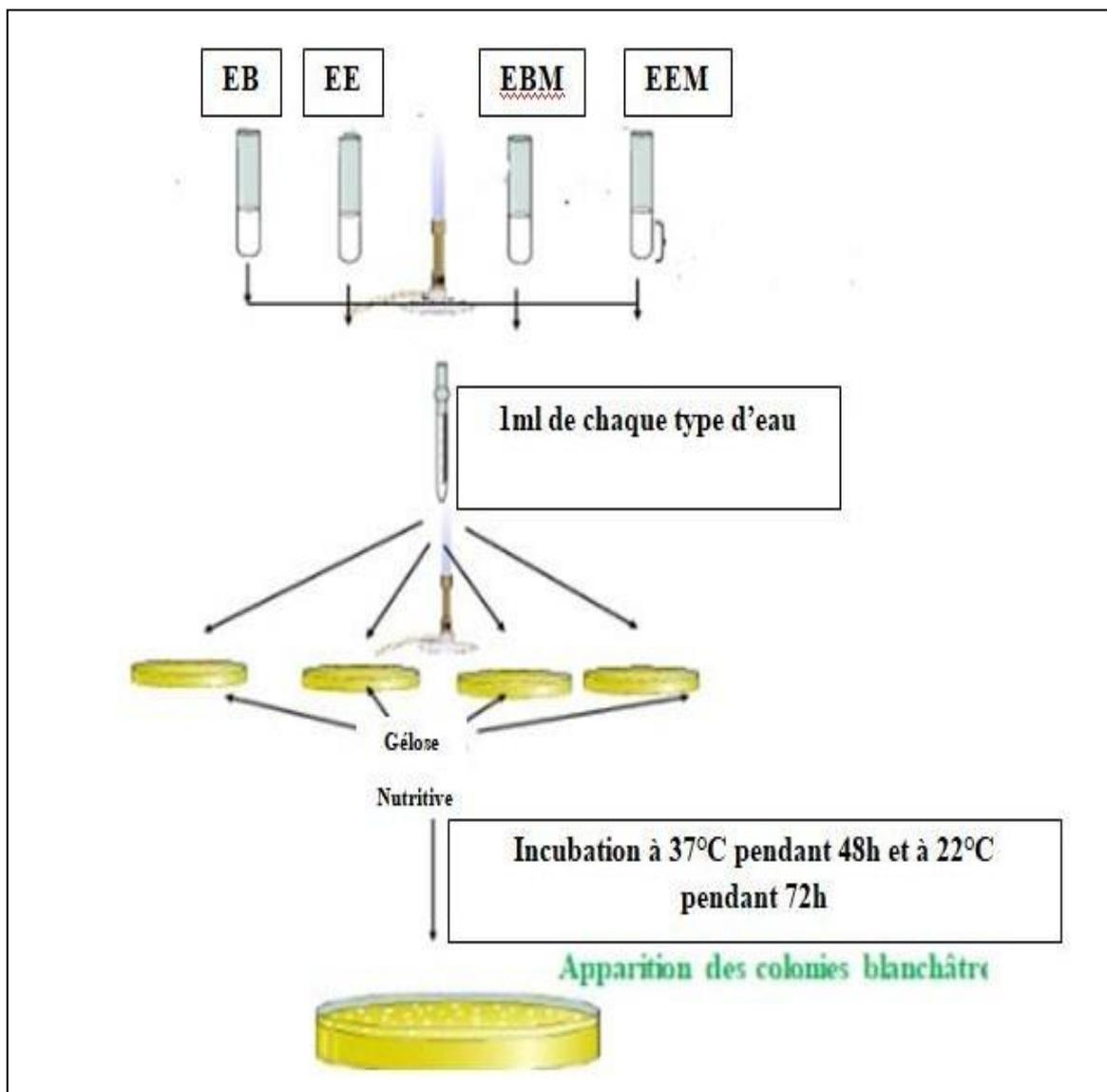


Figure10 : recherche des germes totaux

Les germes totaux sont dénombrés selon la norme ISO 6222(1999) comme suit :
(figure10)

-Mettre 1 ml de la solution à analyser dans deux boîtes de Pétri vides préparées à cet usage.

-Remplir ensuite chacune des boîtes avec la gélose nutritive et mélanger en faisant des mouvements sous forme de 8. Laisser solidifier.

-Incuber ces boîtes, une à 37 °C pendant 24 h et l'autre à 22 °C pendant 72 h

-Les résultats sont exprimés en nombre de germes par ml (Germe/1ml).

4-3 Recherche de coliformes totaux et fécaux

Les coliformes totaux sont dénombrés par la méthode de filtration sur membrane qui consiste à recueillir, identifier et dénombrer à la surface d'une membrane filtrante stérile, les bactéries coliformes d'origine fécale dans un échantillon d'eau (**Lebres Et Mouffok, 2008**).

La colimétrie par filtration est une méthode rapide, simple, normalisée nécessitant la disponibilité d'une rampe de filtration. Pour la recherche des bactéries coliformes par filtration sur membrane, il faut au préalable un essai standard; qui débute par une stérilisation de l'entonnoir en acier inoxydable ainsi que la membrane poreuse à l'aide d'un bec bunsen.

- Mettre en place de façon aseptique, une membrane de porosité minimale de 0,45 µ entre la membrane poreuse et l'entonnoir à l'aide d'une pince stérile. Fixer ce dispositif avec la pince correspondante. Déposer ensuite aseptiquement 100ml d'eau à analyser, devant un bec bunsen. (**Figure11**).

- Actionner ensuite la pompe à vide pour absorber l'eau à travers la membrane. Retirer l'entonnoir puis transférer immédiatement et aseptiquement la membrane à l'aide d'une pince à bouts arrondis stérile, sur la surface d'une plaque de gélose CCA, et de l'incuber pendant 24h à 37°C. Dans ces conditions, les coliformes totaux forment des colonies bleues, et les coliformes fécaux forment des colonies roses.

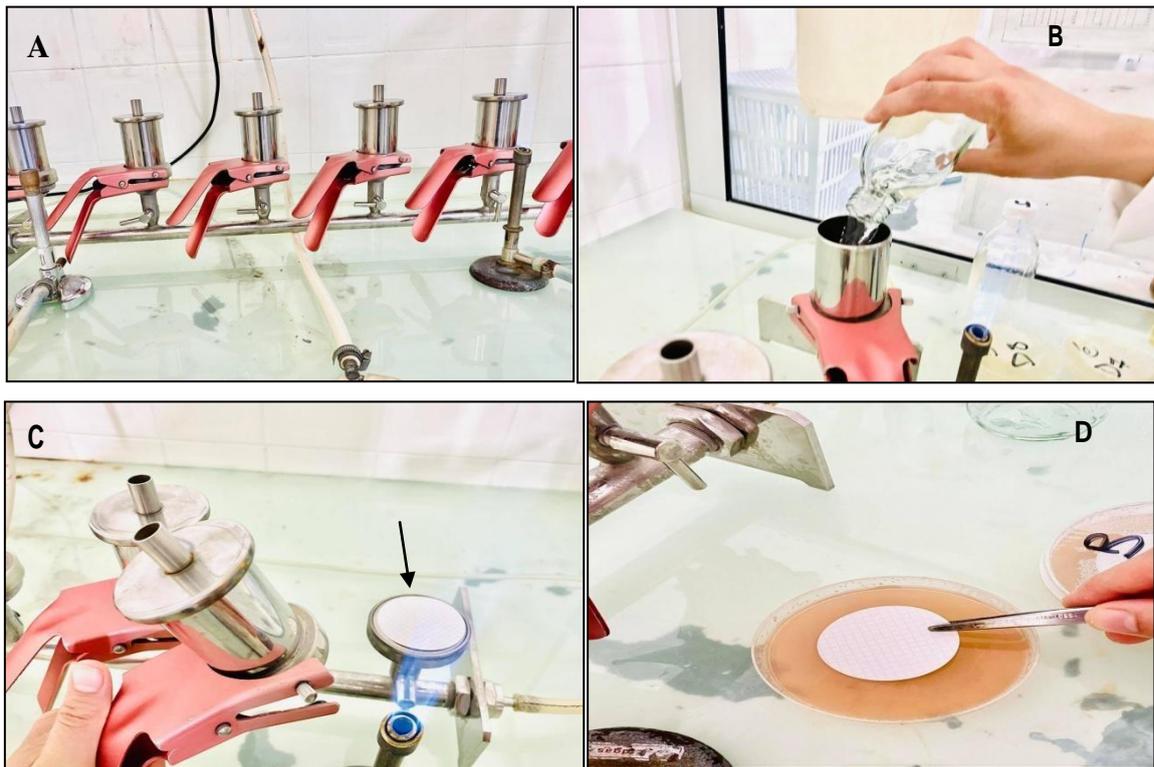


Figure 11 : Analyses des coliformes totaux et fécaux. A : Rampe de filtration , B : verser la solution à analyser dans la rampe, C : Membrane, D : Mettre la membrane sur le milieu de culture

4-4 Recherche de streptocoques fécaux

Les streptocoques sont dénombrés par la méthode de filtration sur membrane. La méthode de recherche se fait selon la méthode de **Lebres et Mouffok (2008)**, qui est la streptométrie par filtration. Tout comme la colimétrie par filtration (**Figure11**), c'est aussi une méthode rapide, simple, et normalisée. Elle nécessite la disponibilité d'une rampe de filtration.

- Tout d'abord, il faudrait stériliser l'entonnoir à l'aide d'un bec bunsen.
- Mettre en place de façon aseptique une membrane de $0,45 \mu$ entre la membrane poreuse et l'entonnoir à l'aide d'une pince stérile. Fixer ce dernier avec la pince correspondante.
- Remplir de façon aseptique l'entonnoir avec 100 ml d'eau à analyser.
- Actionner la pompe à vide pour permettre le passage de l'eau à travers la membrane.

- Retirer ensuite la membrane à l'aide d'une pince stérile et la placer dans une boîte de Pétri de 45 mm de diamètre contenant de la gélose SLANETZ. Cette membrane sera incubée à 37°C pendant 48 heures.

Après incubation, les streptocoques fécaux apparaissent sous forme de petites colonies noires.



Figure 12 : Transfert de la membrane du milieu Slanetz au milieu de confirmation de la présence des streptocoques BEA.

-Transférer aseptiquement la membrane du milieu Slanetz sur une plaque de gélose bile esculine azoture (BEA) (milieu de confirmation de la présence des streptocoques). (Figure11).

- Cette dernière sera incubée à son tour à 37°C pendant 24h. Les colonies caractéristiques prennent une coloration noire traduisant ainsi l'hydrolyse de l'esculine présente dans le milieu. Le nombre de colonies trouvées sera exprimé dans 100 ml d'eau à analyser.

4-5 Recherche de *Clostridium* sulfite réducteur

Le genre *Clostridium* appartient à la famille Bacillaceae. Ce sont des bactéries telluriques, rencontrées dans le sol, l'environnement et les intestins des animaux et des humains. Elles sont Gram positif, de grande taille, groupées en chainettes, généralement mobiles et capables de sporuler. Elles possèdent une catalase négative et sont anaérobies stricts, mésophytes et supportent des variations importantes de pH et de température.

- Ces spores sont de grandes tailles et sont parfois plus grandes que les bactéries. Très résistantes à la chaleur, jusqu'à 100°C pendant plusieurs minutes (**Le Gall et le Fou, 2001**).
- D'abord on introduit dans 4 tubes à essai 20 ml d'eau à analyser (5 ml dans chaque tube) et on les place dans un bain marie à 80 °C pendant 10 minutes.
- On refroidit à 45 °C, un refroidissement brutal sous l'eau du robinet (choc thermique -qui a pour but d'éliminer la forme végétative et garder seulement la forme sporulée des bactéries Sulfite Réducteurs).
- On complète ensuite chacun des tubes avec environ 15 ml de gélose viande de foie et mélanger avec précaution.
- On laisse solidifier 30 min, puis on incube à 37 °C pendant 48 heures.

La lecture a lieu après la période d'incubation, les tubes contenant de grosses colonies noires sont considérés comme positifs et correspondent au *Clostridium* Sulfite-Réducteur.

Chapitre III : Résultats et discussion

1- Analyses bactériologiques

L'analyse bactériologique a pour but de mettre en évidence la présence de germes, basés sur la recherche et la numération de celles ci dans les échantillons à analyser. L'analyse n'est pas seulement qualitative mais aussi quantitative.

1-1- Les germes totaux :

Les germes totaux à 22°C sont des bactéries d'origine résiduaire (environnementale), alors que les germes totaux à 37°C sont des bactéries d'origine intestinale (humaine ou animale).

Le résultat final des germes totaux dénombrés à 37°C et à 22°C par ml d'eau est exprimé par un nombre compris entre 1,0 et 9,9 multiplié par 10^X où X est la puissance appropriée de 10 (**Lebres et Mouffok, 2008**).

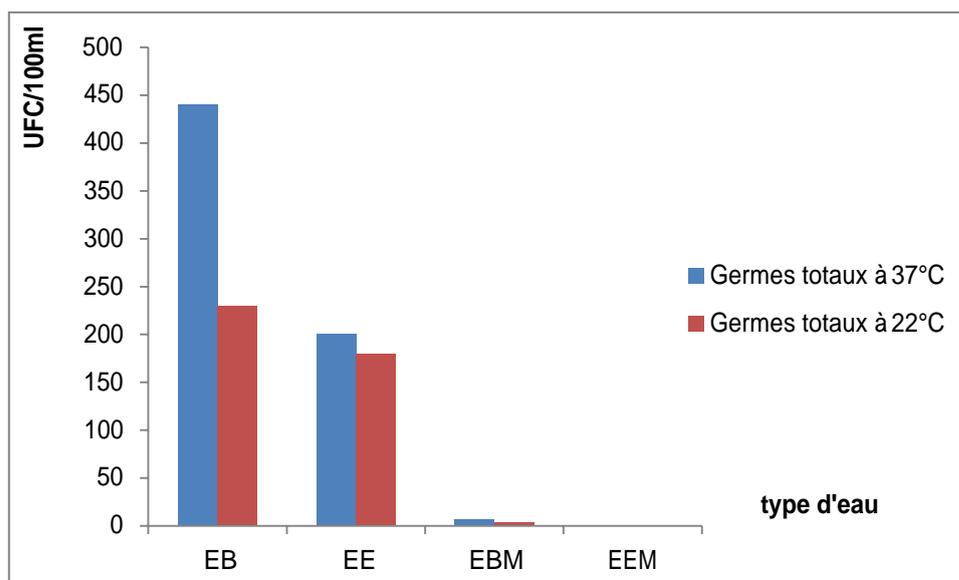


Figure 12 : Estimation des germes totaux à 22°C et 37°C dans l'eau de la station d'Iben Ziad avant et après ajout de la graine de *Moringa Oleifera*. **EB** : Eau Brute, **EE** : Eau de Sortie, **EBM** : Eau Brute traitée avec le Moringa, **EEM** : Eau Sortie traitée avec le Moringa.

Les résultats obtenus indiquent que la teneur en germes totaux dans l'eau usée et épurée de la station avant l'ajout de Moringa est très élevée dans les deux conditions ; on enregistre un taux d'abattement de 50% à 37°C et de 21.7% à 22°C.

Les concentrations très élevées résultent de l'abondance en nutriments, en oxygène dissous, en pH alcalin et à la température modérée. Ces derniers constituent des conditions de milieu idéal pour la prolifération des bactéries (**Hamaidi-Chergui et al., 2016**).

Après l'addition des graines de *Moringa oleifera*, on a observé une réduction importante dans le nombre des germes; en effet, on enregistre un taux d'abattement de 98.4% à 37°C et de 98.26% à 22°C. Les résultats obtenus sont en accord avec les travaux de **Debchi, (2018)**

Les résultats du traitement des eaux usées par la STEP présentent une contamination supérieure à celle acceptée par les normes prescrites par l'OMS qui sont de l'ordre de $200 > 10\text{UFC/ml}$ et de $180 > 100\text{UFC/ml}$ à 37°C et 22°C, respectivement, pour le cas d'une réutilisation en irrigation, une étape de désinfection est nécessaire (**annexe 2**). Cependant les eaux traitées par les graines de Moringa sont en dessous de la limite préconisée par l'OMS et la réglementation algérienne ; en effet, on enregistre $7 < 10\text{UFC/ml}$ à 37°C et $4 < 100\text{UFC/ml}$ à 22°C, pour l'eau brute et 0UFC/ml pour l'eau épurée dans les deux conditions, ainsi la réutilisation de ces eaux est possible en irrigation (**annexe 2**).

1-2- Les Coliformes totaux et fécaux

Les coliformes totaux sont étudiés depuis très longtemps comme indicateurs de la qualité microbienne de l'eau parce qu'ils peuvent être indirectement associés à une pollution d'origine fécale et sont cependant très utiles comme indicateurs de l'efficacité du traitement. **Chevalier, (2003)** rapporte que la recherche et le dénombrement des coliformes à 37°C, sont intéressants pour juger de l'efficacité de la désinfection d'une eau. Ils sont d'un intérêt moindre pour détecter une contamination d'origine fécale, du fait que certains de ces coliformes peuvent faire partie de la flore naturelle des eaux et des sols non pollués.

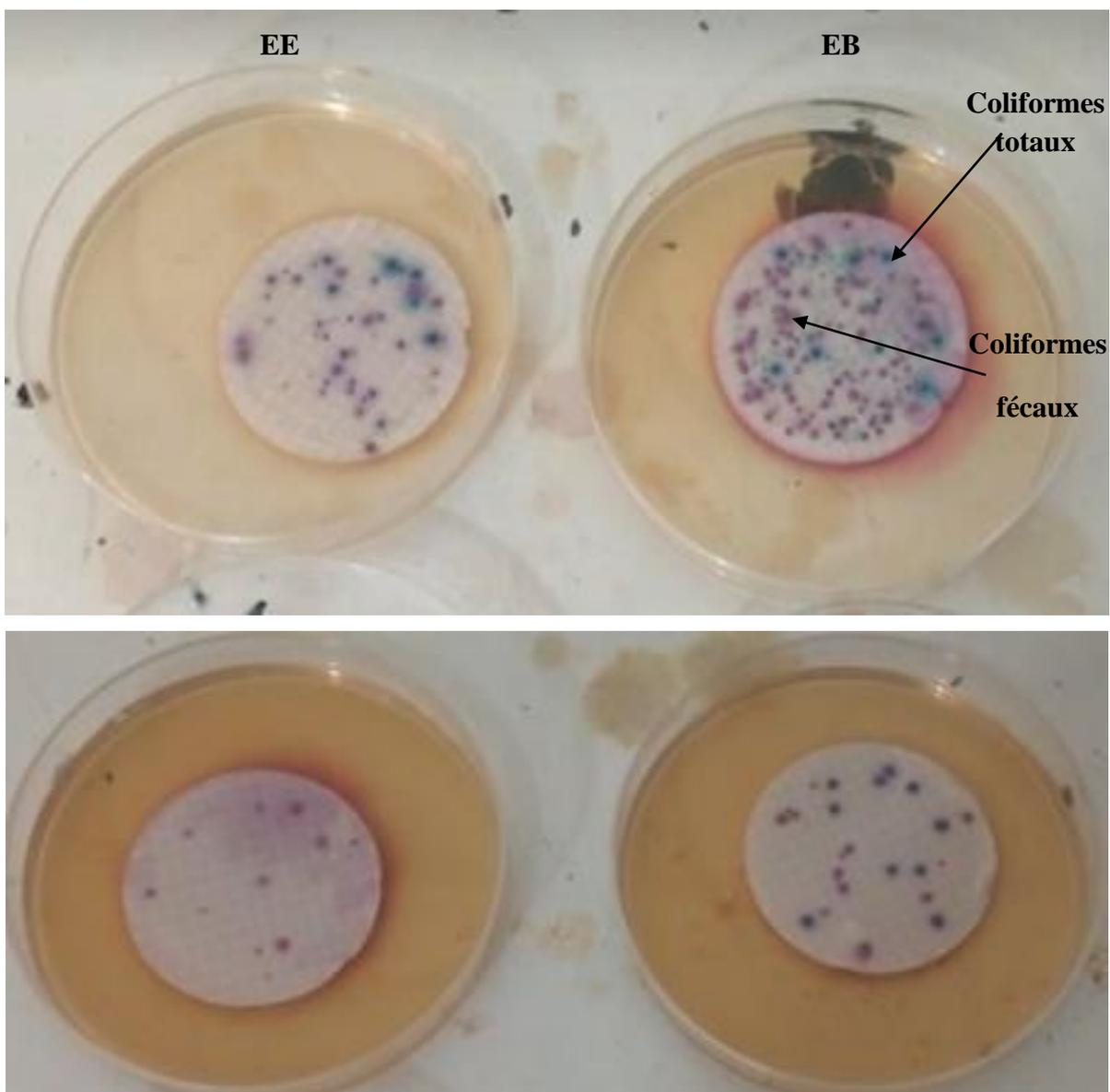


Figure 13: Recherche et dénombrement des Coliformes totaux et fécaux dans le milieu CCA pour les 4 types d'eaux. **EB** : Eau Brute, **EE** : Eau de Sortie, **EBM** : Eau Brute traitée avec le Moringa, **EEM** : Eau Sortie traitée avec le Moringa.

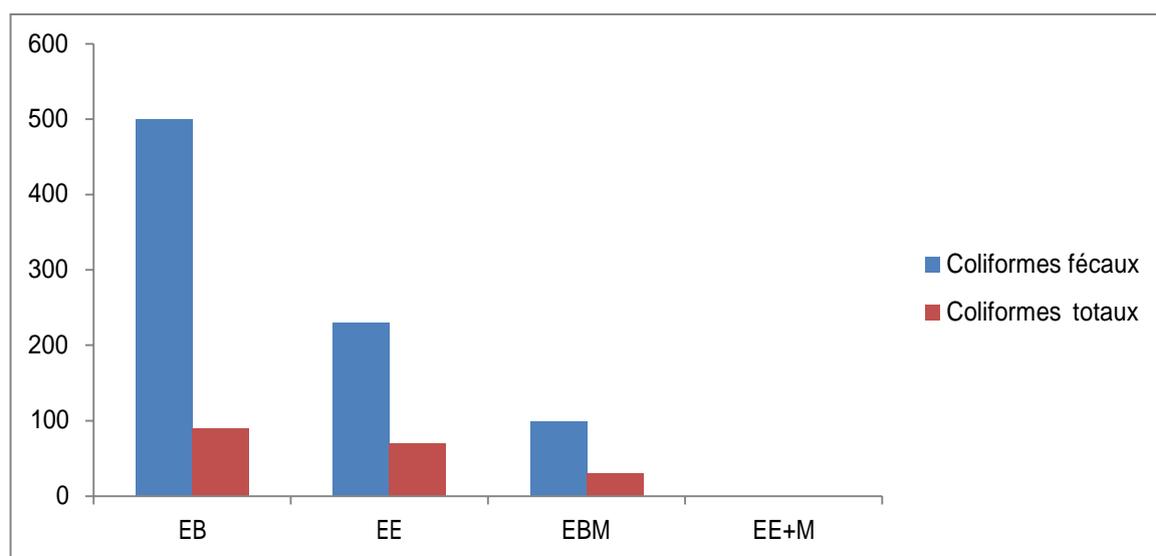


Figure 14 : Estimation des Coliformes totaux et fécaux dans l'eau de la station d'Iben Ziad avant et après ajout de la graine de *Moringa Oleifera*. **EB** : Eau Brute, **EE** : Eau de Sortie, **EBM** : Eau Brute traitée avec le Moringa, **EE+M** : Eau Sortie traitée avec le Moringa.

1-2-1 Les coliformes totaux

D'après la figure 14, on observe que l'eau usée brute est chargée en coliformes totaux avec un taux de 90 UFC/100ml, ce qui indique une dense contamination de cette eau. Cette concentration diminue dans l'eau épurée, jusqu'à 70 UFC/100ml mais qui dépasse encore les normes préconisées par l'OMS <10 UFC/100ml.

L'abondance en coliformes totaux dans les eaux épurées, dépend de la qualité microbiologique des eaux brutes d'une part et d'autre part de l'efficacité de la filière de traitement à éliminer les bactéries (Cabral et al, 2010).

Cependant, dans l'eau brute traitée par les graines de *Moringa oleifera*, les résultats montrent que le taux des coliformes totaux a beaucoup diminué dans l'eau brute, on enregistre un taux d'abattement de 66.66%, ainsi qu'une absence totale des coliformes totaux dans l'eau épurée ; le taux d'abattement est de l'ordre de 100% et cela répond aux normes préconisées par l'OMS <10 UFC/100ml.

1-2-2 Les coliformes fécaux :

Les coliformes fécaux ou coliformes thermotolérants, forment un sous-groupe de coliformes totaux. L'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe bactérien est *Escherichia coli* et, dans une moindre mesure, certaines espèces des genres *Citrobacter*, *Enterobacter* et *Klebsiella*. *E. coli* représente toutefois 80 à 90% des coliformes thermotolérants détectés (**Chevalier, 2003**).

Les résultats des analyses bactériologiques de l'eau usée (**figure14**) révèlent la présence de germes indicateurs de contamination fécale dans les eaux brutes soit 500UFC/100ml. Le nombre de ces germes a régressé après épuration à la station où on a dénombré dans 100 ml d'eau épurée, une valeur de 230UFC /100ml dépassant la limite préconisée par l'OMS pour les normes de rejet fixées à 10UFC/100 ml. Nos résultats sont en accord avec ceux d'**Asrafuzzaman et al, (2011)**.

Ces valeurs encore un peu élevées sont probablement dues à la capacité de ces germes à résister aux conditions environnementales difficiles (**Gleeson et Gray, 1997**).

Toutefois, l'eau brute traitée par Moringa, enregistre une forte diminution du taux des coliformes fécaux, le taux d'abattement est de l'ordre de 98%.

Il en est de même pour l'eau épurée traitée, les coliformes sont totalement absents ; le taux d'abattement est de 100%, ce qui prouve l'efficacité des graines de Moringa dans la purification d'eau. Ces résultats sont en accord avec ceux de **Kabore et al, (2013)** et **Derdour (2019)**.

1-3- Les Streptocoque fécaux :

La présence de streptocoques fécaux doit s'accompagner de la présence de coliformes fécaux pour être certain d'une contamination fécale d'une eau (**Figarella et Leyral, 2002**)

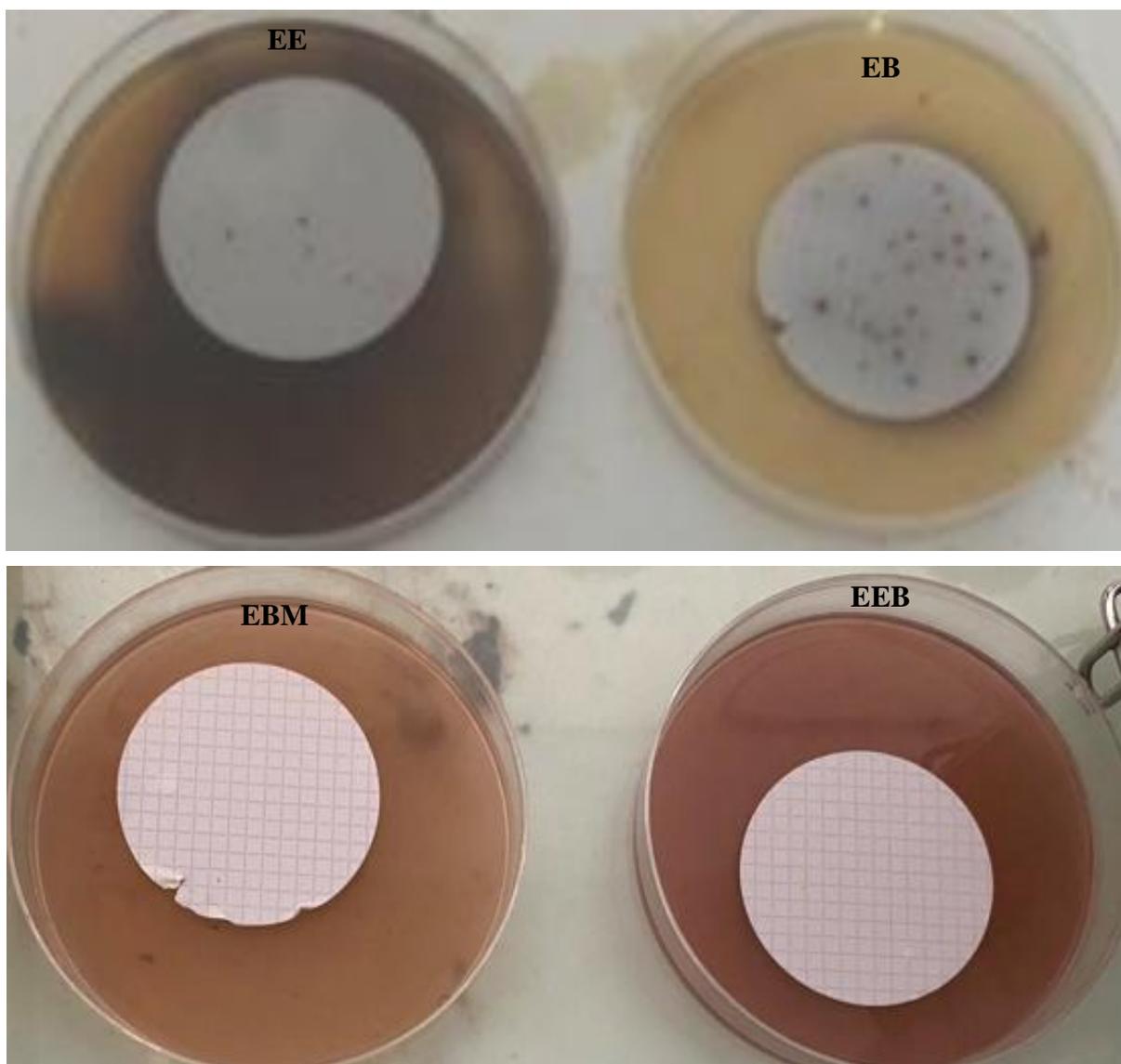


Figure 15: Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux sur milieu de confirmation BEA pour les 4 types d'eaux. **EB** : Eau Brute, **EE** : Eau de Sortie, **EBM** : Eau Brute traitée avec le Moringa, **EEB** : Eau Sortie traitée avec le Moringa.

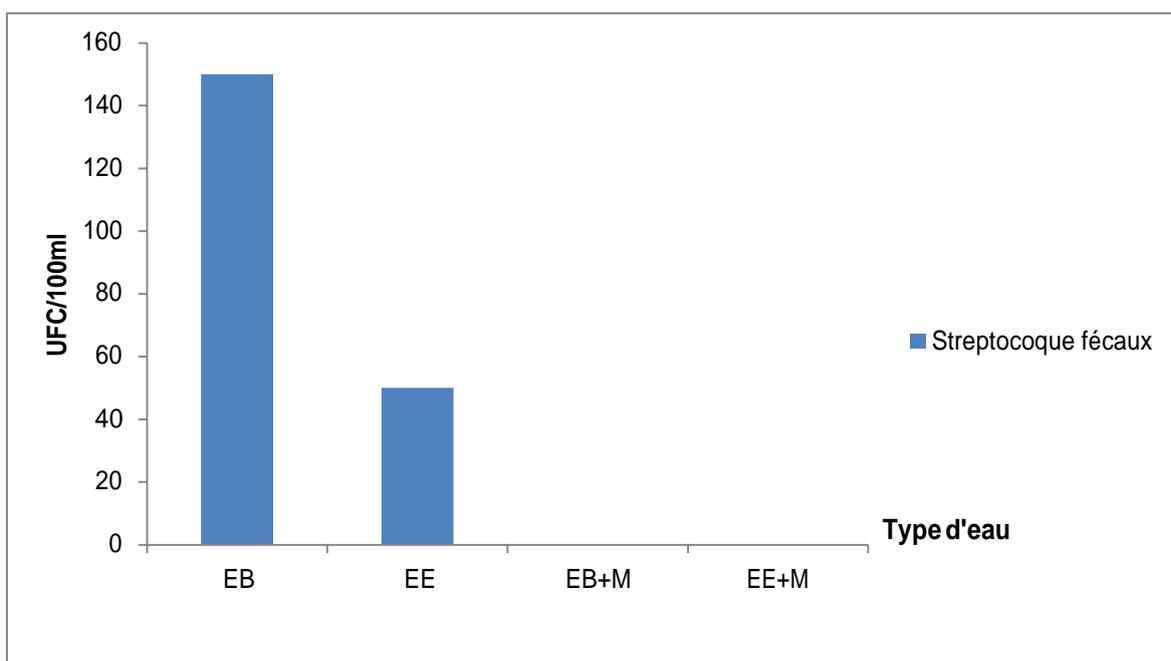


Figure 17 : Estimation des Streptocoques fécaux dans l'eau de la station d'Iben Ziad avant et après ajout de la graine de *Moringa Oleifera*. **EB** : Eau Brute, **EE** : Eau de Sortie, **EBM** : Eau Brute traitée avec le Moringa, **EEM** : Eau Sortie traitée avec le Moringa.

D'après la (**Figure17**) nous constatons que la concentration des streptocoques fécaux dans l'eau brute est assez élevée (150UFC /100 ml), on enregistre un taux d'abattement de 66.66 % à la sortie de station, cependant, cette valeurs ne répond pas aux recommandations de l'OMS fixés à 10UFC/100ml, ceci est due probablement à la résistance notoire des streptocoques aux agents désinfectants (**Haslay et Leclerc, 1993**). Nos résultats sont en accord avec les travaux de **Boufercha et Benmalek (2017)**.

Par ailleurs, l'eau brute et épurée traitée par les graines de Moringa enregistre une absence totale des streptocoques fécaux avec un taux d'abattement de 100%. Donc les taux des bactéries des eaux traitées par les graines de *Moringa oleifera* sont conformes aux normes prescrites par l'OMS <10UFC/100ml, on peut donc les réutiliser en irrigation. Nos résultats sont en accord avec **Derdour, (2019)**.

1-4- Les *Clostridium* sulfite réducteur

Les *Clostridium* sulfite réducteur ne sont pas seulement d'origine fécale, mais sont des germes ubiquistes, dont la présence dans l'eau est souvent révélatrice d'infiltration telluriques ou de matières organiques en putréfaction. Elles se rencontrent normalement dans les matières fécales humaines et animales; leurs spores peuvent survivre dans l'eau et l'environnement pendant plusieurs mois.

Malheureusement, pour ces bactéries nous n'avons pas obtenus de résultats pour les quatre types d'eaux analysées c'est probablement dû à une erreur de manipulation et par manque de temps on n'a pas pu refaire l'analyse.

Conclusion

La réutilisation des eaux usées traitées, constitue une forme de valorisation d'un potentiel hydrique important, qui vise la production des quantités complémentaires en eau pour différents usages afin de combler des déficits hydriques. Actuellement, les eaux usées épurées constituent une ressource alternative renouvelable, fortement sollicitée par les agriculteurs, les industriels et les collectivités locales. L'utilisation de *Moringa oleifera* pourra constituer un moyen simple et efficace pour l'épuration de ces eaux usées.

L'objectif principal de cette étude était d'évaluer l'activité antibactérienne des graines de *Moringa oleifera* dans le traitement des eaux usées arrivant à la station d'épuration de d'Ibn Ziad à travers l'évaluation de différents paramètres bactériologiques.

Les analyses bactériologiques effectuées sur les eaux brutes épurées ainsi que les eaux traitées par les *Morigna oleifera* étaient : les germes totaux, les coliformes totaux, les coliformes fécaux, les streptocoques fécaux ainsi que les *Clostridium* sulfitor-educteurs.

Les résultats obtenus indiquent clairement que la poudre de graines de *Moringa Oleifera* a une influence sur plusieurs groupes de bactéries (les germes totaux, les coliformes totaux, les coliformes fécaux et les streptocoque fécaux) en comparant avec l'eau épurée de la STEP qui révèle une diminution appréciable de la charge microbienne mais qui reste supérieurs aux limites recommandées par l'OMS pour la réutilisation. Ainsi, les graines de Moringa ont montré leurs efficacités globales sur les différents paramètres étudiés.

Pour les *Clostridium* sulfitor-educteurs ont n'a pas obtenus de résultats pour les eaux analysées, ceci est probablement du à une erreur de manipulation et par manque de temps on pas pu refaire l'analyse.

Ce travail reste à approfondir pour connaître l'efficacité de cette plante pour l'épuration des eaux usées à travers des analyses complémentaires afin de mieux valoriser cette technique de traitement à base des graines de *Moringa Oleifera* dans l'épuration des eaux.

Références bibliographiques

Allouche F et al, (1999) Surveillance de la qualité bactériologique et physico-chimique des eaux de contamination niveau des trois communes : Ali boussid, Saby, Ben Badis, wilaya de Sidi Bel Abbas », mémoire de fin d'étude d'ingénieur d'état en biologie, Université de sidi bel Abbas.

Amade F (2002) Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement. Paris Dunod .

Anwar (2017) Ant proliferative effect on breast cancer (MCF7) of Moringa oleifera seed extracts. Afr J Tradit Complement Altern Med., 14: 282–287.

Aruna, M. and Srilatha, N (2012) Water clarification using Moringa oleifera Lam. seed as a natural coagulant. Curr. Biot. 5: 472–486.

Baumont S, Camard J-P, Lefranc A, Franconi A(2004) Réutilisation des eaux usées: risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France : Rapport ORS

Benblidia M(2011) L'efficience d'utilisation de l'eau et approche Economique Etude nationale Algérie : Plan Bleu, Centre d'Activités Régionales PNUE/PAM, Sophia Antipolis, France.

Bontoux L (1997) Municipal wastewater, public health and environment.

Bouchedja A, (2012) La politique nationale de l'eau en Algérie : Euro-RIOB, 10ème Conférence Internationale, Istanbul.

Cabral J et al, (2010) Effects of wastewater from a cassava industry on soil chemistry and crop yield of lopsided oats (*Avena strigosa* Schreb.),Braz. Arch. Biol. Technol., 53 (1): 19-26

Derdour R (2019) Essai de production de Moringa oleifera pour une éventuelle contribution à l'étude des potentialités de la graine dans l'épuration des eaux usées de la région de Constantine. Mémoire de Master. Université des Frères Mentouri. Constantine.86pp

Desjardins R (1997) Le traitement des eaux, Presse inter Polytechnique : 255300643, 978255006432.

Edline F (1996) L'épuration physico-chimique des eaux.3eme édition. Ed. CEBEDOC.

Khemar F (2021) Les remèdes ayurvédique

Faby J et al, (1997). L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation. Office International de l'Eau, 1997, 76 pages.

Figarella J et al, (2002) Analyse des eaux: Aspects réglementaires et techniques.Ed. Scérén CRDP d'Aquitaine, Paris.

Foidl N et al, (2001) Potentiel de *Moringa oleifera* en agriculture et dans l'industrie. Potentiel de développement des produits de *Moringa*, Dar es-Salaam, Tanzanie, du 29 octobre au 2 Novembre 2001.

Frah H et al, (2018) Evaluation de l'effet antibactérien et antiparasitaire des graines de *Moringa oleifera* dans le domaine de traitement des eaux usées. Mémoire de Magister. Université Djilali Bounaama Khemis Miliana.

Gherib A et al.,(2016) Applications of phytoremediation in wastewater treatment in Algeria. Larhyss Journal, 26: 99-112.

Gleeson et al, (1997) the Coliform Index and Waterborne Disease. Chapman Hall, London.

Hamdi W (2011) Kinetics and mechanisms of congo-red dye removal from aqueous solution using activated *Moringa oleifera* seed coat as adsorbent.

Hartani T(2005) La réutilisation des eaux usées en irrigation: cas de la Mitidja en AliHammani, Marcel Kuper, Abdelhafid Debbarh. Séminaire sur la modernisation de l'agriculture irriguée, IAV Hassan II, Rabat, Maroc.

Haslay C et al, (1993)Microbiologie des eaux d'alimentation. Ed. Technique et documentation-Lavoisier, Paris: 70-72.

Hudson N et al, (2008) Can fluorescence spectrometry as a surrogate for the biochemical oxygen demand (BOD) test in water quality assessment. An example from South West England. Science of the total environment: 391:149–158.

Kabore A (2011) Etude du pouvoir flocculant et des qualités épuratoires des graines de *Moringa oleifera* dans le traitement des eaux brutes de consommation en Afrique subsaharienne: CAS des eaux du Burkina Faso. Mémoire de DEA, Université de Ouagadougou, Ouagadougou Burkina Faso.

Kalle K (2002)Deutsche Hydrografische Zeitschrift volume 16.

Kettab A(2001) Les ressources en eau en Algérie: Stratégies, enjeux et vision. Desalination, 136 (1): 25-33.

Laleye (2015)Etude bibliographique de trois plantes antidiabétiques de la flore béninoise: *Khaya senegalensis* (Desr) A. Juss (Meliaceae), *Momordica charantia* Linn (Cucurbitaceae) et *Moringa oleifera* Lam (Moringaceae).

Larcher C (2007) *Moringa oleifera* (Horseradish Tree) Leaf Adaptation to Temperature Regimes

Lebres et Mouffok (2008) Le cours national d'hygiène et de microbiologie des eaux.

- Magloh, F.K and Benang, A(2009)** Effectiveness of Moringa oleifera Seed as Coagulant for Water Purification. African Journal of Agricultural Research, 4, 119-123.
- Malo (2014)** Effet de la fertilisation sur la croissance et la production de Moringa oleifera local et Moringa oleifera PKM-1 dans la Région des Cascades (Burkina Faso)
- Mangale SM, Chonde SG, Jadhav AS et al(2012)** Study of *Moringa oleifera* (drumstick) seed as natural absorbent and antimicrobial agent for river water treatment. J Nat Prod Plant Resour 2:89–100
- Memento (2002)** Review of characteristics and uses of the plant Moringa oleifera.
- Morton (1991)** Moringa oleifera: a food plant with multiple medicinal uses.
- MRE (2003)** Synthèse sur la situation de l'assainissement et évaluation des besoins en station de traitement et d'épuration en vue de protéger les ressources en eau. Séminaire sur le secteur de l'eau en Algérie, Ministère de ressources en eau, Ministère des Ressources en eau, Algérie,
- MRE (2007)** Ressource superficielles. Ed. Ministère de ressources en eau, Algérie. http://www.mer.gov.dz/eau/ress_superf.htm. Consultation le 01/06/2021.
- MRE (2012)** Document interne. Ministère des Ressources en Eau, Algérie.
- Ndabigengesere A et al, (1995)** Active agents and mechanism of coagulation of turbid waters using Moringa oleifera. Wat. Res. 29:703-710.
- Nichane M(2014)** Changements climatiques et ressources en eau en Algérie: vulnérabilité, impact et stratégie d'adaptation. Revue des BioRessources, vol. 4 N° 2: 1-7.
- Hartani T (2005)** La réutilisation des eaux usées en irrigation: cas de la Mitidja en AliHammani, Marcel Kuper, Abdelhafid Debbarh. Séminaire sur la modernisation de l'agriculture irriguée, IAV Hassan II, Rabat, Maroc.
- Nichane M(2014)** Changements climatiques et ressources en eau en Algérie: vulnérabilité, impact et stratégie d'adaptation. Revue des BioRessources, vol. 4 N° 2: 1-7.
- OMS (1989)** L'utilisation des eaux usées en agriculture et en aquiculture: recommandation avisées sanitaires. Organisation Mondiale de la Santé, Genève .
- ONA (2014)** Documentation interne du service d'exploitation ONA. Office nationale d'assainissement, Algérie, paris.
- Parlanti E et al, (2002)** Combined 3D-spectrofluorometry, high performance liquid chromatography and capillary electrophoresis for the characterization of dissolved organic matter in natural waters. Organic Geochemistry, 33(3), 221-236.

Patel-Sorrentino N et al, (2002) Excitation–emission fluorescence matrix to study pH influence on organic matter fluorescence in the Amazon Basin Rivers. *Water Research*.36:2571–2581. Prospective Technologic Report, octobre, 18.

Ralezo, Maevalandy A (2006) Moringaoleifera, AntanarioMadagascar. Juillet,2006

Ramananjahary M.L, (2016) Valorisation scientifique du tourteau de grain de moringa Oleifera en alimentation animal.

Ravikumar K et al, (2013) Heavy metal removal from water using Moringa oleifera seed coagulant and double filtration. *International Journal of Scientific & Engineering Research* 4(5):10-13

Rodier J (1996) Analyse De L'eau, Eaux Naturelles, Eaux Résiduares, 8ème Edition. Dunod,

Roloff (2009) Morphological variation, cultivation techniques and management practices of Moringa oleifera in Southern Benin (West Africa)A Iger.

Sotheeswaran S, Nand V, Matakite M, Kanayathu K (2011) *Moringa oleifera* and other local seeds in water purification in developing countries. *Res J Chem Environ* 15(2):135–138

Vilaseca M, López-Grimau V & Gutiérrez-Bouzán C (2014) Valorization of waste obtained from oil extraction in Moringa oleifera seeds: coagulation of reactive dyes in textile effluents *Materials*7, 6569 -6584.

Annexes

Annexe 1

Gélose nutritive: (Bouillon Lactosé au Pourpre de Bromocrésol) (g/l).

Peptone	10.0g
Extrait de viande	3.0g
Extrait de levure	3.0g
Chlorure de sodium	5.0g
Agar	18g
PH	7.3

Annexe 2**Composition du milieu CCA : (Gélose chromogène pour bactéries coliformes)**

	(g/l)
Digestat enzymatique de caséine:	1,0
Extrait autolytique de levure:	2,0
Chlorure de sodium:	5,0
Dihydrogénophosphate de sodium x 2 H ₂ O:	2,2
Hydrogénophosphate disodique:	2,7
Pyruvate de sodium:	1,0
Sorbitol:	1,0
Tryptophane:	1,0
Tensioactif à l'éthoxylate d'alcool secondaire:	0,15
6-Chloro-3-indoxyl-β-D-galactopyranoside:	0,2
Acide 5-Bromo-4-chloro-3-indoxyl- β-D-glucuronique:	0,1
Isopropyl-β-D-thiogalactopyranoside (IPTG):	0,1
Agar agar:	16,0
pH du milieu prêt-à-l'emploi à 25 °C :	6,8 ± 0,2

Annexe 3**Composition du milieu gélose Slanetz :**

Tryptone	20 g/L
Extrait de levures	5,0 g/L
Glucose	2 g/L
Phosphate dipotassique	4,0 g/L
Sodium azoture (azide)	0,4 g/L
2-3-5-triphényltétrazolium chlorure (TTC)	1 mg/L
Agar pour bactériologie	10,0 g/L
PH	7,2 ± 0,2

Annexe 4

Composition du milieu de confirmation BEA : (Gélose à la bile, à l'esculine et à l'azide de sodium)

Peptone :	17,0 g
Peptone pepsique de viande:	3,0 g
Extrait de levure:	5,0 g
Esculine :	1,0 g
Citrate de sodium:	1,0 g
Citrate de fer ammoniacal:	0,5 g
Bile de bœuf déshydratée:	10,0 g
Azoture de sodium :	0,25 g
Chlorure de sodium:	5,0 g
Agar:	13,0 g

Annexe 5

Composition du milieu de gélose viande foie

Peptone viande-foie :	30,0. g/l
Glucose :	2,0. g/l
Amidon soluble :	2,0. g/l
Sulfite de sodium :	2,5. g/l
Citrate ferrique ammoniacal :	0,5. g/l
Agar agar :	11,0. g/l
pH du milieu prêt à l'emploi à 25°C :	7,6 ± 0,2. g/l

Annexe 6 :**Normes OMS des paramètres bactériologiques pour l'eau potable**

Variable	Concentration maximale admissible (eau désinfecté)
Germes totaux	Inferieur a 10 UFC ml
Coliforme totaux 100ml	Inferieur a 10 UFC 100 ml
Coliformes fécaux 100 ml	Inferieur a 10 UFC 100 ml
Streptocoques fécaux 100 ml	0 UFC 100 ML

Annexes 7

Matériel de laboratoire :

Petit matériel

- Béchers de 500 ml.
- Eprouvette 10/100 ml
- Flacon en verre stériles 200 ml
- Tubes à essai
- Papier filtre
- Mortier en porcelaine
- Boites pétri
- Pipettes Graduées

Appareillage :

- Balances électronique
- Agitateur magnétique
- Bain marie
- Etuve
- Rampe de filtration

Année universitaire : 2020/2021

Présenté par :

BENABDELKADER Safia

BEHNAS Sabrine

Evaluation de l'activité antibactérienne des graines de *Moringa Oleifera* dans la dépollution des eaux usées

Mémoire de fin de cycle pour l'obtention du diplôme de Master en Biotechnologie et Génomique Végétale

Résumé :

La purification artificielle des eaux usées favorisent les maladies à transmission hydriques ainsi que la dégradation de la qualité des eaux de surface et souterraine. De ce fait, l'intégration de procédés biologiques de traitement des eaux usées pourrait être une alternative durable dans l'amélioration de la qualité des eaux épurées des stations d'épuration.

La présente étude porte sur l'optimisation de l'efficacité des graines de *Moringa oleifera* dans la purification des eaux usées arrivant à la station d'épuration d'Ibn Ziad Constantine. Des analyses bactériologiques ont été effectuées sur quatre type d'eau : des eaux usées, des eaux usées épurées, et des eaux usées traitées par les graines *Moringa* de et des eaux usées épurées traitées par les graines de *Moringa*. Les résultats montrent que les eaux usées brutes sont fortement polluées (Germe totaux : 440UFC/ml à 37°C et 230UFC/ml à 22°C, coliformes Totaux : 90 UFC/100ml, coliformes fécaux : 500UFC/100ml, streptocoques fécaux : 150UFC/100ml), pour les eaux usées épurées on a remarqué une diminution appréciable mais qui ne répond pas aux normes Algériennes, de la FAO et de l'OMS.

Les eaux brutes et épurées traitées par les graines de *Moringa oleifera* attestent une réduction supérieur, les taux d'abattement été de 98.4% à 37°C et de 98.26% à 22°C pour les germes totaux, 100% pour les coliformes totaux et 100% pour les coliformes fécaux, avec une élimination totale des : streptocoques fécaux. De plus, les valeurs répondent aux normes, cette eau pourrait être recommandée pour l'irrigation. L'utilisation de la poudre de *Moringa Oleifera* constitue un avantage et offre beaucoup de bénéfices pour la purification de l'eau.

Mots clés : *Moringa Oleifera*, eaux usées, station d'épuration, analyses bactériologiques.

Laboratoire de recherche : Génétique, Biochimie et Biotechnologies Végétales (GBBV),
Laboratoire de SEACO de Ain Smara, Constantine

Jury d'évaluation :

Président(e) Dr. BOUSBAA Ratiba (MCA - UFM Constantine1),
Encadrant Dr. KACEM Nadia Sandra (MCB - UFM Constantine1),
Examineur(rice) : Dr. BOUCHEMAL Karima (MCB - UFM Constantine1).

Date de soutenance : 07 /07/2021