



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 الاخوة 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 :

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.

Présenté et soutenu par : *DERDOUR Rahma*

Le : 18/07/2019

Jury d'évaluation :

Président du jury :	BENBELKACEM Abdelkader	Dr. INRAA – UFM1 Constantine.
Encadrant :	KACEM Nadia Sandra	MCB – UFM1 Constantine.
Examinatrice :	HAMMOUDA Dounia	MCA – UFM1 Constantine.

*Année universitaire
2018 - 2019*



Remerciement

Avant tout, je remercie Dieu le tout puissant de m'avoir guidée toutes ces années d'études et de m'avoir donnée la santé, la volonté, la patience à fin de pouvoir accomplir ce modeste travail.

C'est avec sincérité que j'exprime ma gratitude et mon profond respect à mon encadreur Dr. KACEM Nadia Sandra pour avoir proposé ce thème et pour m'avoir formée tout au long de ce travail. Je lui dis merci encore pour sa disponibilité totale, ses conseils, sa confiance, sa gentillesse et sa modestie à mon égard.

Je remercie les membres du jury qui ont accepté de juger ce travail Mr.BENBELKACEM Abdelkader et Mme.HAMMOUDA.BOUSBIA Dounia c'est un grand honneur pour moi que vous ayez accepté de juger mon travail.

Merci à tous les professeurs qui m'ont enseigné durant mon cursus universitaire, en particulier Mme. HAMMOUDA D, Mme. BOUSBAA R, Mr.BENBELKACEM A, Mme .GHIOU k, Mr. Kello k.

Nos vifs remerciements s'adressent également à tout le personnel de la station d'Iben Ziad et du laboratoire de SEACO d'Ain Smara pour leur immense contribution dans la réalisation de ce travail.

Nous tenons également à remercier le personnel technique du laboratoire de Génétique Biochimie et Biotechnologies Végétales (GBBV) : Mr. BELBEKRI N, Mme. BOULDEDJ R et Mlle. ZAHRAOUI C pour leur disponibilité et leur aide.



Dédicaces

A celle qui m'a tout donné sans rien en retour

A celle qui m'a encouragée soutenue nuits et jours,

et durant tout mon parcours très chère mère Bibia je te dis : merci

A vous mes chers parents Achour et Nadia le plus beau cadeau que

Dieu puisse faire à un enfant, pour leur amour et leur support continu

A mes adorables sœurs Yousra et Malak

A mon frère Karim

A ma grand-mère Fatima

A mes tantes Houria, Bouba et Chafia

A mes oncles Khaled, Yacine, Rachid, Reda, Nouredine, Said,

AbdlHak et Azzouz

A toute la famille Derdour et Dekari

A Mes amis Asma, Nadjma, Chahinaize et Amira pour toutes les épreuves et

moments partagés ensemble.

A Toute la promotion de Biotechnologie 2018-2019.

A Tous mes enseignants du primaire jusqu'à la fin de mes études.

Rahma

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.

Résumé :

La plante *Moringa oleifera* est considérée comme l'un des arbres les plus utiles au monde, elle possède de nombreuses propriétés intéressantes qui lui confèrent un grand intérêt scientifique, elle est décrite comme l'arbre miracle, l'arbre aux mille vertus, l'arbre de vie et le don de Dieu à l'homme.

Dans cet étude, différents traitements ont été testés afin d'évaluer le potentiel germinatif du *Moringa* ; graines scarifiées, graines trempées dans de l'eau pendant 24h, 48h et 72h, en plus du témoin qui consiste en des graines non prétraitées.

Des analyses physico-chimiques et bactériologiques ont été effectuées sur quatre types d'eau : des eaux usées brutes arrivant à la station d'épuration de la STEP Iben Ziad de Constantine, des eaux usées épurées, et des eaux usées traitées par les graines *Moringa* et des eaux usées épurées traitées par les graines de *Moringa*.

Les résultats obtenus montrent que la scarification est le meilleur prétraitement, elle influence positivement sur la vitesse et le pourcentage de germination.

Les résultats de l'analyse physico-chimique et bactériologique montrent que les eaux brutes sont fortement polluées. Les eaux épurées révèlent une diminution appréciable des germes totaux, coliformes fécaux et totaux, streptocoques totaux et fécaux, *Escherichia coli* et aucune diminution pour le *Clostridium sulfitor-educteurs*, ces valeurs restent supérieures aux normes Algériennes, de la FAO et de l'OMS, ainsi, cette eau ne peut pas être recommandée pour l'irrigation. Les eaux traitées par le *Moringa* attestent une réduction significative des paramètres physico-chimiques (pH, salinité, conductivité et turbidité), il en est de même pour les paramètres bactériologiques ; la poudre de *Moringa* présente une efficacité supérieure et très intéressante quant à la diminution de la charge bactérienne en : germes totaux, coliformes totaux et fécaux ; ainsi qu'une élimination totale des : streptocoques totaux et fécaux, *Escherichia coli* et *Clostridium sulfitor-educteurs*. Les valeurs répondent aux normes, cette eau pourrait être recommandée pour l'irrigation.

Mots clés : *Moringa oleifera*, germination, eaux usées, station d'épuration, analyses physico-chimiques, analyses bactériologiques.

Production test of *Moringa oleifera* for a possible contribution to the study of the potential of the seed in wastewater treatment in the Constantine region.

Summary:

The *Moringa oleifera* plant is considered one of the most useful trees in the world, it has many interesting properties that give it great scientific interest, it is described as the miracle tree, the tree of life, and God's gift to humanity.

In this study, different types of pretreatments were tested in order to swallow the germinative potential of Moringa; scarified seeds, seeds soaked in water for 24h, 48h and 72h, in addition to the control consisting of unprocessed seeds.

Physico-chemical and bacteriological analyzes were carried out on four types of water: raw sewage arriving at the purification plant of the STEP Iben Ziad of Constantine, sewage treatment, and sewage treated with Moringa de and sewage treated with Moringa seeds

Results show that scarification is the best pretreatment; it positively affects the rate and percentage of germination.

The results of the physico-chemical and bacteriological analyzes show that the raw water is highly polluted. The purified water shows an appreciable diminution of the total germs, total and faecal coliforms, *Escherichia coli*, total and faecal streptococci. However, these values remain higher than the Algerian, FAO and WHO standards. The waters treated by *Moringa oleifera* show a significant reduction in physicochemical parameters: ph , conductivity, salinity and turbidity. The same is true for bacteriological parameters; *Moringa oleifera* powder has a superior and very interesting efficiency in reducing the bacterial load in: total germs, total and faecal coliforms; as well as a total elimination of: streptococci, *Escherichia coli* and *Clostridium* sulphitor-eductors. The values meet the standards and could be recommended for irrigation.

Keywords: *Moringa oleifera*, germination, wastewater, wastewater treatment plant, physico-chemical analyzes, bacteriological analyzes

إختبار إنتاج المورينغا أوليفيرا ودراسة إمكانيات معالجة مياه الصرف الصحي في منطقة قسنطينة بواسطة بذورها.

ملخص:

تعتبر المورينغا أوليفيرا واحدة من أكثر الأشجار فائدة في العالم، ولها العديد من الخصائص المثيرة للاهتمام التي تمنحها اهتماماً علمياً كبيراً، توصف بأنها شجرة المعجزة، شجرة الحياة، وهبة من الله للإنسان.

في هذه الدراسة، تم اختبار أنواع مختلفة من العلاجات من أجل دراسة القدرة الإنباتية للمورينغا؛ البذور المخدوشة، البذور المنقوعة في الماء لمدة 24 ساعة، 48 ساعة و72 ساعة، بالإضافة إلى البذور الغير المعالج.

أجريت التحليل الفيزيوكيميائية والميكروبيولوجية على أربعة أنواع من المياه: مياه الصرف الصحي القادمة لمحطة ابن زياد قسنطينة، مياه الصرف الصحي المعالجة بواسطة هذه المحطة، مياه الصرف الصحي المعالجة بواسطة بذور المورينغا أوليفيرا ومياه الصرف الصحي المعالجة بواسطة بذور المورينغا أوليفيرا.

أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن الخدش هو أفضل علاج حيث أنه يؤثر إيجابيا على سرعة ونسبة الإنبات.

أظهرت نتائج التحاليل الفيزيوكيميائية والميكروبيولوجية أن مياه الصرف الصحي ملوثة للغاية . فيما يُظهر الماء المنقى تناقصاً ملحوظاً في .مجموع الجراثيم والبكتيريا القولونية والعقدية الكلية والعقدية البرازية ، الإشريكية القولونية ولا يلاحظ اي تغير في مخفضات كبريتات كلوستريديوم. مع ذلك، تظل هذه القيم أعلى من المعايير الجزائرية ومنظمة الأغذية والزراعة ومنظمة الصحة العالمية .تظهر المياه المعالجة بواسطة المورينغا أوليفيرا انخفاضاً كبيراً في المعايير الفيزيوكيميائية: الرقم الهيدروجيني والتوصيلية والملوحة والتعكر، وينطبق الشيء نفسه على المعايير الميكروبيولوجية؛ يتمتع مسحوق المورينجا أوليفيرا بكفاءة فائقة للغاية في تقليل الحمل البكتيري في: الجراثيم الكلية، القولونيات الكلية والبرازية؛ وكذلك القضاء التام على: المكورات العقدية، الإشريكية القولونية ومخفضات كبريتات كلوستريديوم ومنه فإن القيم المتحصل عليها مطابقة للمعايير الجزائرية، معايير منظمة الصحة العالمية ومنظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة لإستخدام هذه المياه في الري.

لكلمات المفتاحية: المورينغا أوليفيرا، الإنبات، مياه الصرف، محطة معالجة مياه الصرف، التحاليل الفيزيوكيميائية والتحاليل الميكروبيولوجية

Liste des abréviations et des acronymes

BCPL	Bouillon Lactosé au Pourpre de Bromocrésol
CF	Coliformes fécaux
CSR	Clostridium sulfito-réducteur
CT	Coliformes totaux
EB	Eau brute (l'entrée)
EBM	Eau brute traitée par le Moringa
ES	Eau de la sortie traitée par le Moringa
FAO	Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture
GL	Les glucosinolates
GT	Les germes totaux
HbA1c	Hémoglobine glycosylée
IgA, IgG	Les immunoglobulines A et G
IL-6	Interleukines-6
ITC	Isothiocyanates
JAS	Jour après semis
MO	<i>Moringa oleifera</i>
Mo-CBP 2	<i>Moringa oleifera</i> -Chitin Bending Protein 2
Mo-CBP3	<i>Moringa oleifera</i> -Chitin Bending Protein 3
MO_n	Nano-micelle de l'huile de graines de <i>Moringa oleifera</i>
NPP	Nombre Plus Probable
NTU	Unité de Turbidité Néphélométrique.
OMS	Organisation mondiale de santé
SF	Streptocoques fécaux
ST	Streptocoques totaux
STEP	Station d'épuration des eaux usées
UFC	Unité formant colonies
UI	Unité internationale

Liste des figures

Figure 01	Distribution de <i>Moringa oleifera</i> dans le monde	04
Figure 02	Jeune arbre (A) et arbre mature (B) de <i>Moringa oleifera</i>	05
Figure 03	Racines de Moringa	06
Figure 04	Feuille de <i>Moringa oleifera</i> la nouvelle pépinière de la conservation des forêts de la wilaya d'Adrar	07
Figure 05	Fleurs de <i>Moringa oleifera</i> la nouvelle pépinière de la conservation des forêts de la wilaya d'Adrar	07
Figure 06	Gousses immatures (A), gousses mûres (B)	08
Figure 07	Les graines du <i>Moringa oleifera</i>	09
Figure 08	Coloration du jaune d'œuf des poules pondeuses nourries aux rations contenant respectivement 0% (1R1), 5% (2R3), 10% (3R3) et 20% (4R2) de farine de feuilles de <i>Moringa oleifera</i>	16
Figure 09	Graines de <i>Moringa oleifera</i>	24
Figure 10	Mise en place de l'essai de germination des graines de <i>Moringa oleifera</i> au laboratoire de Biochimie, Génétique et Biotechnologie Végétale de l'université Mentouri Constantine.	25
Figure 11	Localisation de la station Ibn Ziad Constantine	26
Figure 12	Conduite principale des eaux usées qui alimentent la station d'épuration d'Ibn Zaid	27
Figure 13	Dégrilleur de la station d'Iben Ziad.	28
Figure 14	Vue d'ensemble sur la séparation du sable de la station d'Iben Ziad.	28
Figure 15	Vue d'ensemble sur la séparation de la graisse.	29
Figure 16	Bassins d'aération de la station d'Iben Ziad.	30
Figure 17	Décanteurs secondaires de la station d'Iben Ziad.	30
Figure 18	Vue des trois pompes à vis de la station d'Iben Ziad.	31
Figure 19	Bassins d'assainissement des boues activées (à gauche). Lits de séchage (à droite).	32
Figure 20	Récapitulatif du procédé d'épuration de la STEP d'Ibn Ziad de Constantine	33
Figure 21	Schéma représentant les principales étapes d'obtention du lait de <i>Moringa oleifera</i> .	34

Liste des figures

Figure 22	A. Multi-paramètres (Consort C5020), B. Turbidimètre de type 2100N (HACH)	35
Figure 23	Recherche et dénombrement des germes totaux.	36
Figure 24	Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux.	38
Figure 25	Recherche et dénombrement des Streptocoques totaux et fécaux.	40
Figure 26	Recherche et dénombrement des germes anaérobies sulfito-réducteurs.	41
Figure 27	Suivi de la croissance du <i>Moringa oleifera</i> .	45
Figure 28	Mesure du pH de l'eau de la station d'Iben Ziad avant et après ajout de la graine de <i>Moringa Oleifera</i> .	46
Figure 29	Mesure de la conductivité de l'eau de la station d'Iben Ziad avant et après ajout de la graine de <i>Moringa Oleifera</i> .	47
Figure 30	Mesure du taux de salinité de l'eau de la station d'Iben Ziad avant et après ajout de la graine de <i>Moringa Oleifera</i> .	48
Figure 31	Mesure de la turbidité de l'eau de la station d'Iben Ziad avant et après ajout de la graine de <i>Moringa Oleifera</i> .	49
Figure 32	L'eau de la station d'Iben Ziad avant l'ajout de la graine de <i>Moringa Oleifera</i> .	50
Figure 33	L'eau de la station d'Iben Ziad après l'ajout de la graine de <i>Moringa Oleifera</i> .	51
Figure 34	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> .	52
Figure 35	Estimation des coliformes totaux (CT), coliformes fécaux (CF) et <i>Escherichia coli</i> dans l'eau de la station d'Iben Ziad avant et après ajout de la graine de <i>Moringa Oleifera</i> .	55
Figure 36	Estimation des Streptocoques totaux (ST) et Streptocoques fécaux (SF) dans l'eau de la station d'Iben Ziad avant et après ajout de la graine de <i>Moringa Oleifera</i> .	56

Liste des tableaux

Tableau 01	Classification systématique du <i>Moringa oleifera</i>	05
Tableau 02	Conditions environnementales de <i>Moringa oleifera</i>	10
Tableau 03	Teneur en éléments des feuilles de <i>Moringa oleifera</i>	11
Tableau 04	la Composition globale des graines de <i>Moringa oleifera</i> (g / 100 g de poids sec)	13
Tableau 05	La Composition en minéraux dans les graines de <i>Moringa oleifera</i>	13
Tableau 06	La composition en acides aminés dans les graines de <i>Moringa</i>	14
Tableau 07	Quelques usages médicaux communs des différentes parties de <i>Moringa</i>	17
Tableau 08	Délai et taux de germination des graines de <i>Moringa oleifera</i> sous différents prétraitements.	43
Tableau 09	Dénombrement du nombre de <i>Clostridium</i> sulfite-réducteurs.	57

Table des matières

Table des matières

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction 01

Chapitre I Revue bibliographique

1. Origine et distribution	03
2. Dénomination et taxonomie	04
3. Description botanique de la plante	05
3. L'Arbre	05
3.1. Les racines	06
3.2. Les feuilles	06
3.3. Les fleurs	07
3.4. Les fruits	08
3.5. Les graines	08
4. Caractéristiques agro-écologiques et climatiques nécessaires au développement de la plante	09
5. Valeur nutritive et Importance alimentaire du <i>Moringa oleifera</i>	10
5.1. Composition des feuilles	10
5.2. Composition des graines	12
5.3. Les minéraux	13
5.4. Les Protéines	14
5.5. Molécules bioactives	15
5.6. Importance alimentaire	15
6. Quelques champs d'utilisation et usage du <i>Moringa</i>	17
6.1. Fabrication du fromage	17
6.2. Propriétés antibactériennes	18
6.3. Propriétés anti-inflammatoires et antalgiques	18
6.4. Propriétés antifongiques	18
6.5. Activité antidiabétique	19
6.6. Traitement des cancers	19
6.7. Utilisation comme engrais biologique	19
6.8. Utilisations industrielles de l'huile de <i>Moringa</i>	20
6.9. Dépollution des eaux par les graines de <i>Moringa oleifera</i>	20

Table des matières

6.9.1. Pollution de l'eau	20
6.9.2. Traitement des eaux	21
6.9.2.1. Traitement physiques	21
6.9.2.2. Traitements chimique	21
6.9.2.3. Traitement biologique	22
6.9.3. Traitements des eaux par les graines du <i>Moringa oleifera</i>	22
6.9.3.1. Agent coagulant-floculant	23
6.9.3.2. Agent adsorbant	23
6.9.3.3. Agent désinfectant	23

Chapitre II Matériels et Méthodes

1. Matériel végétal	24
2. Méthode	24
2.1. Conduite et organisation des essais	24
2.2. Test germinatif	25
2.3. Sites d'étude et échantillonnage	25
2.3.1. Localisation de la station	25
2.3.2. Capacité de la station d'épuration	26
2.3.3. Etapes du traitement	27
2.3.3.1. Les prétraitements	27
2.3.3.2. Traitement biologique	29
2.3.3.3. Décantation secondaire	30
2.3.3.4. Boues activées de retour	30
2.3.3.5. Traitement tertiaire	31
2.3.3.6. Evacuation des boues	31
2.3.4. Impacte de la station d'épuration	32
2.3.5. Prélèvement de l'eau à analyser	33
2.4. Préparation de la poudre de <i>Moringa oleifera</i>	34
2.5. Analyses physicochimiques	35
2.6. Analyses bactériologiques	35
2.6.1. Dilutions décimales	36
2.6.2. Les germes totaux	36
2.6.3. Coliformes totaux	37
2.6.3.1. Coliformes fécaux et <i>Escherichia coli</i>	37

Table des matières

2.6.4. Streptocoques totaux	38
2.6.4.1. Streptocoques fécaux	39
2.6.5. Germes anaérobies sulfito- réductrices	40
2.7. Analyses statistiques des données	42

Chapitre III Résultats et discussions

1. Germination des graines de <i>Moringa oleifera</i>	43
2. Analyses physicochimiques	46
2.1. Potentiel hydrogène (pH)	46
2.2. Conductivité	47
2.3. La Salinité	48
2.4. Turbidité	49
3. Analyses bactériologiques	52
3.1. Germes totaux	52
3.2. Coliforme totaux	53
3.2.1. Coliforme fécaux	53
3.2.2. <i>Escherichia coli</i>	54
3.3. Streptocoques	56
3.4. <i>Clostridium</i> sulfito-réducteurs	57
Conclusion	59
Références bibliographiques	68
Annexes	69

Introduction

Introduction

L'agriculture, de façon générale, est une grande consommatrice d'eau. La wilaya de Constantine dispose de 6500 ha (5,08%) de terres irrigables pour une surface agricole utile (SAU) de 127.840 ha mais les vicissitudes du climat semi-aride font que la wilaya reçoit bon an, mal an entre 300 et 560 mm de pluie contre balancée par une forte évaporation. Ceci fait que l'eau vient souvent à manquer et que les besoins pour irriguer les 6500 ha demeurent la plupart du temps insuffisants. Pour résoudre ce problème ils font recours à la réutilisation des eaux usées et ont fait de ces dernières une ressource de deuxième main (**Buarroudj et Dhaou-El-Djabine 2015**).

Les eaux usées peuvent contenir de nombreuses substances, sous forme solide ou dissoute, ainsi que de nombreux micro-organismes pathogènes, menacent la qualité de l'environnement dans son ensemble leur traitement s'avère donc indispensable (**Von Sperling 2007**).

Les stations d'épuration ont pour rôle d'éliminer la pollution microbiologique contenue dans les effluents domestiques avant leur rejet dans le milieu naturel. En effet, l'épuration des eaux usées urbaines demeure encore un problème majeur. Cette situation alarmante est essentiellement due à l'insuffisance des procédés efficaces (**OMS 2012**).

Depuis la dernière décennie, il y a une avancée mondiale significative des applications et des technologies pour mettre en place et promouvoir des procédés d'épuration, mettant en œuvre des processus naturels (**Pise et Halkude 2015**), et utilisant des végétaux telle que le *Moringa oleifera* qui suscite un intérêt particulier des chercheurs du monde entier.

Cette plante est originaire d'Asie, est aujourd'hui largement répandu sur le continent africain (**Kokou et al. 2001**), grâce à sa résistance à la sécheresse, sa croissance rapide et son intérêt nutritionnel font du *Moringa* un plant de plus en plus cultivée (**Marie, 2015**) et qui fait également l'objet de recherches scientifiques.

Moringa oleifera était traditionnellement utilisée pour ses vertus médicinales. Chaque partie de cet arbre possède un énorme potentiel et a des propriétés bénéfiques pour l'humanité ainsi que pour les animaux ; elle est très riche en éléments nutritifs (vitamines, minéraux et protéines) (**Marie 2015**).

En Algérie, la culture de *Moringa oleifera* et le procédé de traitement des eaux usées par ces graines malheureusement est peu connu.

Introduction

Dans ce contexte à travers notre étude, nous avons tenté de répondre aux objectifs suivants:

- ❖ Déterminer la méthode de prétraitement la plus efficace pour l'amélioration du potentiel germinatif des graines de *Moringa oleifera* et étudier la possibilité d'adaptation de cette plante dans la région de Constantine.
- ❖ Evaluer l'effet des graines de *Moringa oleifera* dans le domaine de traitement des eaux usées brute et traitées par la STEP.

Des objectifs particuliers :

- ❖ Appréciation des caractéristiques bactériologiques et physicochimiques des eaux usées et épurées de la STEP de la wilaya de Constantine.
- ❖ Valorisation d'une plante locale mais peu connue en Algérie.
- ❖ Contribution à une meilleure connaissance des différentes vertus de *Moringa oleifera*.
- ❖ Adoption des procédés naturels pour la préservation de l'environnement et le développement durable.

Ce mémoire sera donc agencé comme suit :

- ❖ Un premier chapitre qui représente une analyse bibliographique portant des généralités sur *Moringa oleifera* et l'utilisation de ces graines dans la dépollution des eaux.
- ❖ Le deuxième chapitre est consacré à la représentation du milieu physique d'étude, ainsi que les méthodes d'analyses utilisées au laboratoire.
- ❖ Le troisième chapitre sera quant à lui consacré à la discussion des résultats obtenus, en terminant par une conclusion faisant le point sur l'ensemble du travail.

Revue bibliographique

1. Origine et distribution

L'histoire de *Moringa oleifera* remonte à 150 ans avant Jésus Christ, des preuves historiques indiquent que les rois et les reines antiques ont utilisé les feuilles et les fruits de *Moringa oleifera* dans leur régime alimentaire pour maintenir la vigilance mentale et une peau saine (**Khawaja et al.2010**).

Le *Moringa oleifera* est un arbre originaire de l'Inde, dans les vallées au sud de la chaîne de montagne de l'Himalaya, elle été aussi utilisée par les anciens Romains, les Grecs et les Égyptiens (**Fahey 2005**).

Maintenant il est largement distribué un peu partout dans le monde, dans les régions tropicales du sud et central et d'Amérique, d'Afrique, d'Asie, des îles du Pacifique et des Caraïbes (**Messaoudene 2018**), telles que : le Pakistan, le Bangladesh, l'Afghanistan et le Sri Lanka et également la Malaisie, les Philippines, Singapour, la Thaïlande, le Mexique, le Pérou, le Paraguay et le Brésil (**Bourai et Guelmani-Ziani 2015**). Son introduction en Afrique de l'Est a eu lieu au début du 20ème siècle, par le biais du commerce et des échanges maritimes (**Foidl et al. 2001**), Aujourd'hui cette plante est largement répandu sur le continent africain (**Fahey 2005**) (**Figure 01**).

En Algérie le *Moringa oleifera* est un arbre peu connu, actuellement son introduction a réussi dans plusieurs régions à savoir : Ouargla, Bechar, Oran, Alger, Blida, Adrar, etc (**Loukil 2017 ; Kaki et Mimouni 2018 et Messaoud 2019**).

Cet arbre est devenu l'un des plus utiles pour la nutrition humaine, la médecine traditionnelle, la purification des eaux, les utilisations industrielles et à des fins nutraceutiques (**Fahey 2005**).

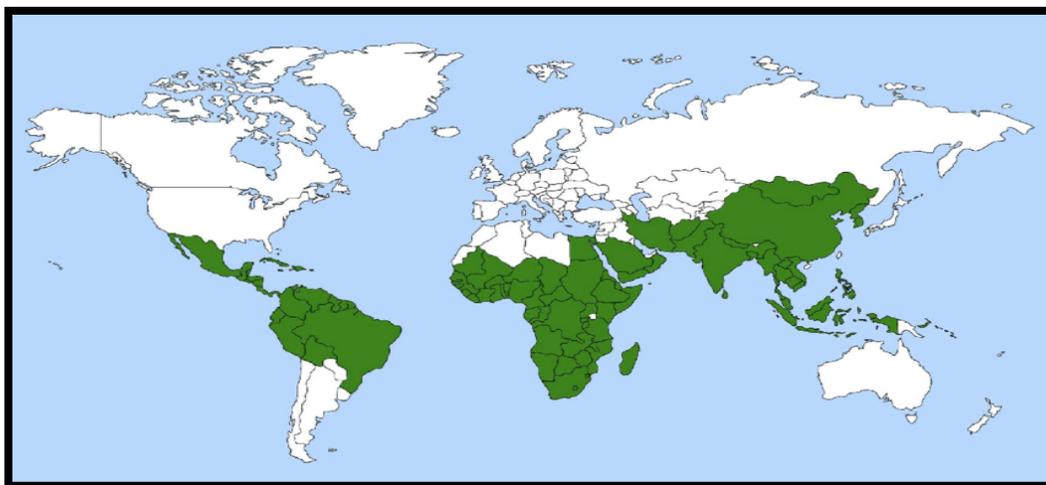


Figure 01 : Distribution de *Moringa oleifera* dans le monde (Saini et al. 2016)

2. Dénomination et taxonomie

Moringa oleifera appartient à une famille d'arbres et d'arbustes : *Moringaceae*, cette famille est dite monogénérique car elle ne possède qu'un seul genre : *Moringa* (Hédji et al. 2014). Elle comprend environ 14 espèces, dont la plus connue et répandue de ces espèces est la *Moringa oleifera* (Ngandjui et al. 2019).

Le terme *Moringa* vient de *Muringa* en Malayalam une langue Indienne, elle est connue sous diverses appellations selon les régions. En Afrique francophone le nom le plus répandu est nébéday, nom dérivé de l'Anglais "Never die" (immortel) (Fuglie 2001). Aux Philippines on l'appelle "Mothers best friend" et "Malunggay" (Price 2007).

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

Tableau 01 : Classification systématique du *Moringa oleifera* (Laleye et al. 2015).

Règne	Végétal
Embranchement	Spermaphytes
Sous embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotylédones
Sous-classe	Dillenida
Ordre	Capparidales
Famille	Moringaceae
Genre	Moringa
Espèce	<i>Moringa Oleifera</i> .

3. Description botanique de la plante

3.1. L'Arbre

Moringa est un arbre pérenne, à croissance rapide, qui peut atteindre 7 à 12 mètres de hauteur (Figure 02) (Foidl et al. 2001).

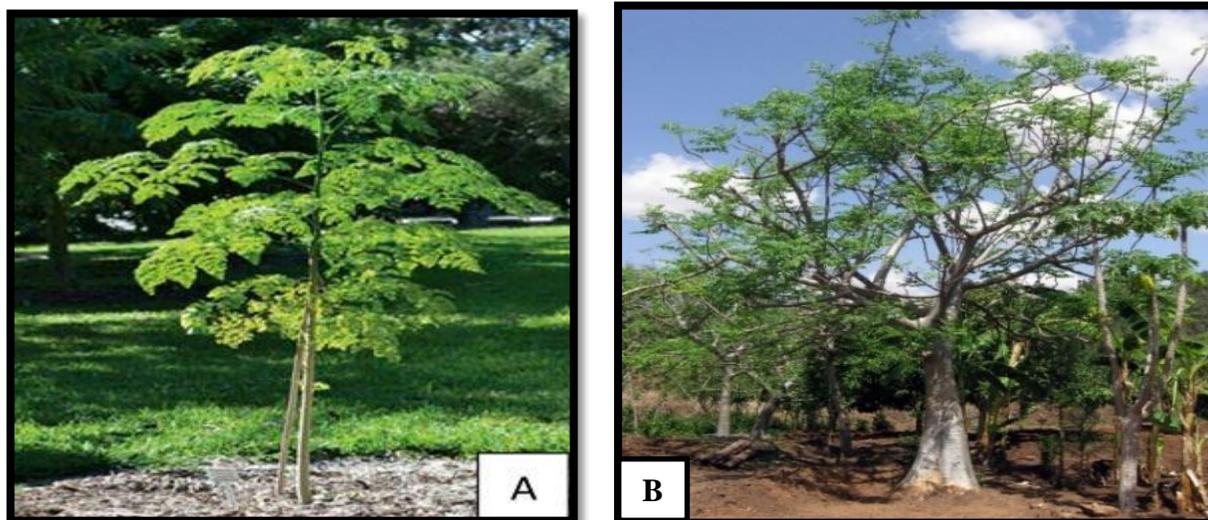


Figure 02 : Jeune arbre de *Moringa oleifera* (A) et arbre mature de *Moringa oleifera* (B) (Roloff et al. 2009 ; Kathryn et al. 2012).

Le tronc est généralement droit, mais il est parfois très peu développé. En général, il se ramifie lorsque la hauteur atteint 1,5 à 2m et les branches poussent de manière désorganisée et la canopée est en forme de parasol (Foidl et al. 2001).

3.2. Les racines

Les graines de Moringa, une fois en terre, développent une racine blanche gonflée, tubéreuse qui a une odeur piquante caractéristique dotée de racines latérales plutôt clairsemées (Figure 03). Les arbres cultivés à partir de graines développent une profonde racine pivotante robuste avec un système à large diffusion composée d'épaisses racines latérales tubéreuses (Parrotta 2009).



Figure 03 : Racines de Moringa (Kaki et Mimouni 2018).

3.3. Les feuilles

Ses feuilles (Figure 04) sont duveteuses, alternes, bi ou tripennées et se développent principalement dans la partie terminale des branches (Foidl et al. 2001). Elles comptent 2 à 6 paires de pinnules comprenant chacune 2 à 5 paires de pinnules secondaires, divisées elles-mêmes en une à deux paires de folioles plus une foliole terminale plus grande que les autres (Anwar et al. 2007).



Figure 04 : Feuille de *Moringa oleifera* la nouvelle pépinière de la conservation des forêts de la wilaya d'Adrar (Benkaddour 2016).

3.4. Les fleurs

Après 8 à 12 mois, l'arbre commence à fleurir sur une base continue tout au long de l'année (Price 2007). Le Moringa est considéré comme une plante ornementale à cause de sa floraison exubérante. Ses fleurs (Figure 05) mesurent 2,5 cm de large et se présentent sous forme de panicules axillaires de 10 à 25 cm. Elles sont blanches ou couleur crème, avec des points jaunes à la base et dégagent une odeur agréable (Foidl et al. 2001). Elles se composent de 5 sépales, 5 pétales inégaux, 5 étamines et 5 staminodes (Paikra 2017).



Figure 05 : Fleurs de *Moringa oleifera* la nouvelle pépinière de la conservation des forêts de la wilaya d'Adrar (Benkaddour 2016).

3.5. Les fruits

La production de fruits commence 6 à 8 mois après la transplantation des plantules (Besse 1996). Les fruits forment des gousses à trois lobes, mesurant 20 à 60 cm de long, chaque gousse contient entre 12 et 35 graines. Les gousses immatures sont de couleur verte (Figure 06, A), elles virent au brun à maturité (Figure 06, B) (Verma et Nigam 2013).

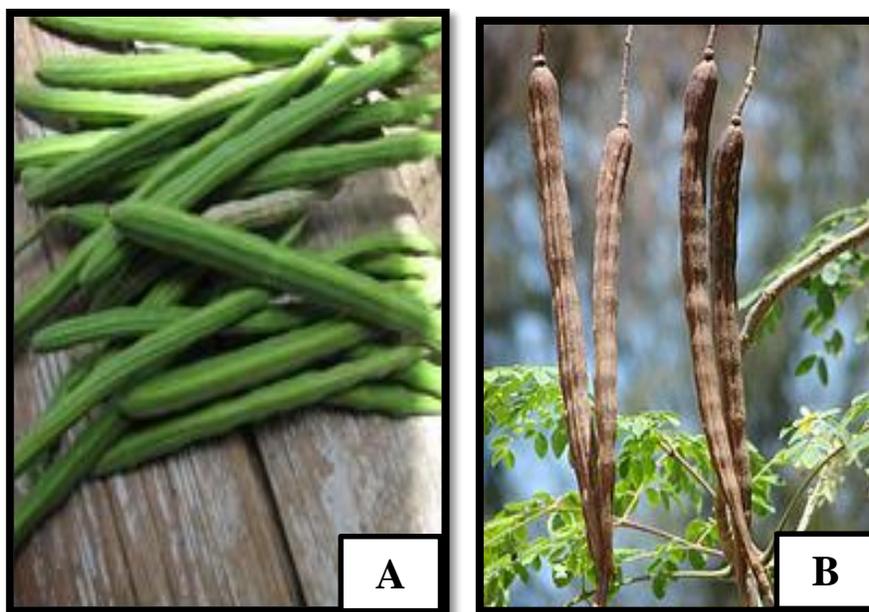


Figure 06 : Gousses immatures (A), gousses mûres (B) (Anwar et al. 2007 ; Bourai et Guelmani –Ziani 2015).

3.6. Les graines

Les graines (Figure 07) ont un diamètre d'environ 1 cm et une coque semi-perméable. La coque de la graine est brune à noire, mais elle peut être blanche si les grains sont peu viables. Les graines viables germent en 2 semaines, chaque arbre peut produire environ 15 000 à 25 000 graines/an (Paikra 2017).



Figure 07 : Les graines du *Moringa oleifera* (Photo prise le : 03/04/2019).

4. Caractéristiques agro-écologiques et climatiques nécessaires au développement de la plante

Le Moringa peut être planté par semis et/ou par repiquage, en plein champ ou par bouture. Il peut être cultivé d'une façon extensive pour la production des graines (semence ou production d'huile) ou d'une façon intensive irriguée pour une production optimale des feuilles avec une récolte toutes les six semaines (**Louni 2009**).

C'est un arbre peu exigeant en eau et en matières minérales. Ainsi, son introduction dans un environnement riche en biodiversité est bénéfique à la fois pour l'exploitant et pour l'écosystème environnant (**Foidl et al. 2001**).

Le *Moringa oleifera* s'adapte à des milieux différents ; il se plaît en milieu aride ou semi-aride mais il peut se trouver aussi dans les zones très arides comme le Sahara (**Millogo-Koné et al.2008**). Il peut tolérer des températures jusqu'à 48°C pendant de courtes périodes de temps et supporter 6mois de sécheresse.

L'environnement venteux peut assécher les feuilles de Moringa. Les forts vents peuvent casser les branches et même le tronc de l'arbre (**Price 2007**). Le tableau 02 résume les principales exigences écologiques de *Moringa oleifera*.

Tableau 02 : Conditions environnementales de *Moringa oleifera* (Saint Sauveur et Broin 2010).

Paramètres	Valeur /Fourchette
Climat	Tropical ou subtropical
Altitude	0-2000 m
Temperature	25-35°C
Pluviométrie	250 mm-2000 mm. Irrigation nécessaire pour la production de feuilles si pluviométrie < 800 mm
Type de sol	Limoneux, sableux ou sablo-limoneux
pH de sol	Légèrement acide à légèrement alcalin (pH : 5 à 9)

5. Valeur nutritive et importance alimentaire du *Moringa oleifera*

Chaque partie de la plante *Moringa*, y compris la feuille, la racine, l'écorce, la graine, la fleur et la gousse est comestible et contient des composés importants pour le bien-être de l'homme et du bétail (Kadhim et Al-Shammaa 2014).

5.1. Composition des feuilles

La valeur nutritive des feuilles de *Moringa* est d'une richesse rarement observée. En effet, les feuilles contiennent une très grande concentration de vitamines, de protéines, de certains minéraux et phénomène assez rare pour une plante, elle possède les 10 acides aminés et les acides gras essentiels (tableau 03) (Broin 2005).

Tableau 03 : Teneur en éléments des feuilles de *Moringa oleifera* (Broin 2005).

Données pour 100 grammes de matière sèche			
Composition globale		Acides aminés (mg)	
Calories (kcal)	300	Arginine	1600
Protéines (g)	25	Histidine	530
Glucides (g)	40	Isoleucine	1140
Lipides(g)	8	Leucine	2050
Minéraux (g)	12	Lysine	1200
Fibres (g)	15	Méthionine	370
Teneur en eau	75%	Phénylalanine	1400
		Thréonine	1080
Minéraux (mg)		Tryptophane	580
Calcium	2100	Valine	1400
Cuivre	1	Acide aspartique	1670
Fer	27	Acide glutamique	2470
Potassium	1300	S érine	840
Manganèse	405	Glycine	960
Phosphore	310	Alanine	1260
Manganèse	8	Proline	1230
Soufre	740	Tyrosine	910
Sélénium	2,6	Cystéine	360
Zinc	2,6	Acides gras	
Molibdène	0,5	C 16 :0	530
Sodium	100	C 18 :0	70
Vitamines		C 18 :1	60
Vitamine A (UI)	14300	C 18:2	170
Vitamine C (mg)	850	C 18:3	1140

Aussi les feuilles contiennent des antioxydants connus tels que le β -carotène, l'acide ascorbique et les flavonoïdes (**Mbikay 2012**).

La comparaison entre le contenu nutritionnel du Moringa et celui d'autres aliments montre que les feuilles séchées de Moringa contiennent par gramme : 3 fois plus de potassium que la banane, 2 fois plus de protéine et 4 fois plus de calcium que le lait, 4 fois plus de vitamines A que les carottes, 7 fois plus de vitamines C que les oranges, 3 fois plus de vitamines E que l'épinard et 3 fois plus de fer que l'amandes (**Ramachandran 1980 ; Jideani et Diedericks 2014**).

La grande teneur en fer, protéines, cuivre et diverses vitamines et acides aminés essentiels font donc des feuilles de *Moringa* un complément nutritionnel idéal.

Ainsi, la consommation de 100 grammes de feuilles de *Moringa oleifera* fraîches peut fournir :

- ❖ Entre 30 et 100% des apports journaliers recommandés en calcium (30% à 50% pour les adolescents, 40% à 60% pour les adultes, les enfants, les femmes enceintes ou allaitantes, 80 à 100% pour les enfants en dessous de 3 ans).
- ❖ Entre 25 et 80% des apports journaliers recommandés en fer (25% pour les femmes enceintes, 40 à 60% pour les adolescents et les femmes, 50 à 100% pour les hommes et les enfants).
- ❖ 100% des apports journaliers recommandent l'utilisation des feuilles (**Saint Sauveur et Broin, 2010**).

5.2. Composition des graines

Les graines de *Moringa Oleifera* contiennent des éléments nutritionnels importants, y compris les protéines, les huiles, les fibres, les Carbohydrates. Le tableau 04 montre les différents composés isolés des graines de *Moringa oleifera*.

Tableau 04 : la Composition globale des graines de *Moringa oleifera* (g / 100 g de poids sec) (Leone 2016).

Les composés	Intervalle
Graisses	(24,7–30,4)
Protéines	(29,4–33,3)
huiles	(34,7–40,4)
Fibre	(6,8–8,0)
Carbohydrate	(16,5–19,8)

5.2.1. Les minéraux

Les minéraux occupent une part importante dans les graines de *Moringa oleifera*. Des analyses réalisées par **Abiodun (2012) et James (2017)** ont montré les minéraux contenus dans ces graines comme indiqué dans le tableau 05.

Tableau 05 : La Composition en minéraux dans les graines de *Moringa oleifera* (**Abiodun et al. 2012 ; James et Zikankuba 2017**).

Les minéraux	La quantité en mg / kg
Sodium	155
Potassium	479
Magnesium	220,10
Calcium	203,85
Fer	31,03
Zinc	8,08
Manganèse	3

5.2.2. Les Protéines

Les graines de *Moringa oleifera* représentent une source importante de protéines en moyenne de 31,4% (**Leone 2016**). La qualité nutritionnelle dépend des teneurs en acides aminés essentiels et de sa biodisponibilité après digestion et absorption. Le profil protéique de ces graines a révélé des taux de 3,1% d'albumine, 0,3% de globulines, 2,2% de prolamine, 3,5% de glutéline et 70,1% de protéines insolubles (**Foidl et Makkar 2001**).

Tableau 06 : La composition en acides aminés dans les graines de *Moringa oleifera* (**James et Zikankuba 2017**).

Acides amines	mg/100g
Lysine*	312
Histidine*	1930
Valine*	1080
Leucine	3830
Isoleucine*	4230
Threonine*	3020
Alanine	5160
Aspartic acid	1570
Serine	3060
Proline	2180
Acide Glutamique	17870
Glycine	2370
Arginine*	8280
Cysteine	1680
Tyrosine	1970
Methionine*	310
Phenylalanine*	3270

(*) Acide aminé essentiel

5.2.3. Molécules bioactives

La graine de *Moringa oleifera* contient également des composés bioactifs importants, y compris les alcaloïdes, les glucosinolates, les isothiocyanates et les thiocarbamates, ces composés pourraient être responsables des propriétés pharmacologiques attribuées aux graines de *Moringa oleifera*.

5.3. Importance alimentaire

Moringa oleifera est un extraordinaire aliment pour l'être humain il est utilisé pour lutter contre la malnutrition (**Saini et al. 2016**), il représente un excellent complément alimentaire pour la femme enceinte et favorise l'allaitement (**Yang et al. 2006**). Les feuilles peuvent se consommer fraîches ou en poudre (**Broin 2005**) et même associées aux épices comme le piment, elles peuvent également être préparées en soupe ou en salade. Les jeunes gousses vertes peuvent être consommées bouillies comme des haricots.

Les graines sèches peuvent être réduites en poudre et utilisées pour assaisonner les sauces, et les fleurs peuvent également être consommées comme crudités (salade) (**Foidl et al. 2001**).

De nombreuses études ont été faites sur l'efficacité de l'incorporation de *Moringa oleifera* dans l'alimentation animale. Les feuilles fraîches de *Moringa* contiennent des quantités négligeables de tannins (1,4%), tandis que les tannins condensés sont indétectables. A de telles concentrations, ces phénols simples ne produisent pas d'effets négatifs lorsqu'ils sont consommés par les animaux contrairement aux autres plantes (**Foidl et al. 2001**).

Salem et Makkar (2009) ont montré l'effet positif de farine de feuilles de *Moringa* sur la croissance des chèvres et sur la productivité du lait de vaches. Aussi l'incorporation de cette farine dans les rations des poulets a montré une amélioration significative de la coloration du jaune d'œuf (**Figure08**) et de la productivité chez les poules pondeuses (**Bello 2010**).

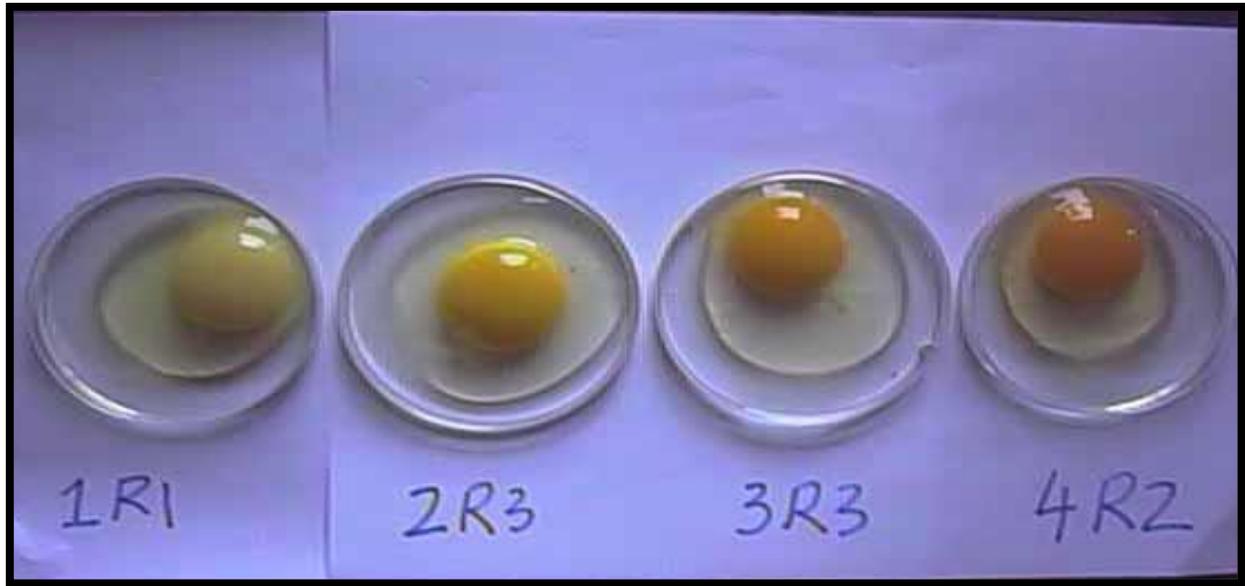


Figure 08 : Coloration du jaune d'œuf des poules pondeuses nourries aux rations contenant respectivement 0% (1R1), 5% (2R3), 10% (3R3) et 20% (4R2) de farine de feuilles de *Moringa oleifera* (Bello 2010).

Les différentes parties de *Moringa oleifera* sont utilisées pour traiter plusieurs maladies (tableau 08) (Gopalakrishnan et al. 2016).

Tableau 07 : 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 cataracte ; le jus de la feuille cru est utilisé pour contrôler la glycémie, hyper-glycémie, anti-hyperglycémie, 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.

6. Quelques champs d'utilisation et usage du Moringa

6.1. Fabrication du fromage

L'utilisation potentielle de *Moringa oleifera* comme agent de coagulation de différents types de lait (lait entier, écrémé et lait de soja) a été étudiée par **Sánchez-Muñoz et al. (2017)**. L'extrait de graines de *Moringa oleifera* a montré une forte activité de coagulation du lait ; cet extrait de graines est composé de substances protéiques, il génère une activité de coagulation du lait appropriée pour la fabrication du fromage, il peut être utilisé comme source potentielle d'un substitut de présure, puisque cet extrait de la graine a démontré une forte activité de coagulation du

lait sur les laits entiers, écrémés et de soja. Cette étude a conclu que l'extrait de graines de *Moringa oleifera* peut être utilisé avec succès pour la fabrication du fromage avec des avantages nutritionnels (Sánchez-Muñoz 2017).

6.2. Propriétés antibactériennes

Les graines de *Moringa oleifera* peuvent fournir une thérapie alternative pour les maladies causées par des bactéries multirésistantes. Une étude réalisée par Albuquerque et al. (2017), visait à évaluer la bioactivité *in vitro* des extraits de graines de *Moringa oleifera* contre des vibrions isolés de la crevette marine *Litopenaeus vannamei*. Les bactéries du genre *Vibrio* sont omniprésentes dans le milieu marin et font partie du microbiote des invertébrés marins. Certaines espèces sont reconnues comme des pathogènes humains présentant un profil antimicrobien virulent et multirésistant, souvent associés à des maladies telles que le choléra et la gastro-entérite aiguë. Les extraits de graines de *Moringa oleifera* sont bioactifs contre 92% des souches.

6.3. Propriétés anti-inflammatoires et antalgiques

Les graines de *Moringa* ont été décrites comme possédant des propriétés anti-inflammatoires, les composés phytochimiques dérivés des graines associés à ces bioactivités comprennent les glucosinolates (GL), isothiocyanates (ITC), nitriles, carbamates et thiocarbamates. Les GLs stockés dans les graines, subissent une conversion enzymatique par l'enzyme myrosinase (une β -thioglycosidase), formant des ITC, ces ITC sont connus pour leurs effets anti-inflammatoires (Jaja-Chimedza et al. 2017).

6.4. Propriétés antifongiques

La *Moringa oleifera*-Chiting Bending Protein 3(Mo-CBP3), est une protéine produite par les graines de *Moringa oleifera* qui se lie à la chitine et inhibe la germination et la croissance mycélienne de champignons phytopathogènes. Cette protéine est hautement thermostable et résistante aux changements de pH, et peut donc être utile dans le développement de nouveaux médicaments antifongiques (Freire et al. 2015). Une autre *Moringa oleifera*-Chiting Bending Protein supplémentaire, appelée Mo-CBP2, qui présente une activité antifongique contre les espèces de *Candida*, par sa capacité à augmenter la perméabilité de la membrane cellulaire et à induire la production endogène d'espèces réactives de l'oxygène chez *Candida albicans* (Neto et al. 2017).

6.5. Activité antidiabétique

Une étude réalisée par **Al-Malki et El Rabey (2015)**, visait à tester l'effet améliorateur de poudre de graines de Moringa sur le diabète de type I et le traitement de la néphropathie diabétique de rats mâles diabétiques induits par la streptozotocine.

Le traitement des rats diabétiques avec 50 ou 100 mg de poudre de Moringa par kg de poids corporel a amélioré les niveaux de tous les paramètres approchant les valeurs témoins négatives et a rétabli l'histologie normale du rein et du pancréas par rapport au groupe témoin diabétique positif qui a montré une augmentation du peroxyde de lipide et de l'IL-6. Ce groupe a révélé également que les immunoglobulines (IgA, IgG), la glycémie à jeun et l'hémoglobine glycosylée (HbA1c) ont également augmenté à la suite du diabète chez les rats. En outre, les fonctions rénales et les niveaux de potassium et de sodium ont été augmentés en signe de néphropathie diabétique. L'analyse de l'urine a également montré une glycosurie et une augmentation des taux de potassium, de sodium, de créatinine, d'acide urique et d'albumine. Les tissus du rein et du pancréas présentaient également une altération pathologique par rapport au groupe témoin négatif et le groupe traité par la poudre des graines de Moringa.

6.6. Traitement des cancers

Une étude réalisée par **Abd-Rabou et al. (2016)**, visait à explorer les impacts anticancéreux de la nano-micelle de l'huile de graine de *Moringa oleifera* en étudiant si elle favorise la mort cellulaire médiée par l'apoptose mitochondriale sur différentes lignées cellulaires cancéreuses *in vitro*. L'étude a montré que la nano-micelle de l'huile de graines de *Moringa oleifera* (MOn) a déclenché la cytotoxicité du cancer colorectal par un dysfonctionnement et l'apoptose mitochondriale, tout en épargnant les cellules normales avec un effet cytotoxique minime. Cette étude a conclu que la nano-micelle de l'huile de graines de *Moringa oleifera* (MOn) peut fournir une nouvelle approche thérapeutique pour les cancers colorectaux et mammaires via l'apoptose mitochondriale, tout en épargnant les cellules normales.

6.7. Utilisation comme engrais biologique

Une étude portant sur l'utilisation et la bio-décomposition du tourteau de *Moringa oleifera* comme engrais biologique a été effectuée par **Emmanuel et al.(2011)** sur une ferme de maïs pendant trois saisons de culture, Cette étude a montré que les engrais organiques dérivés de la graine de

Moringa Oleifera peuvent augmenter l'aération du sol et la richesse des invertébrés indigènes, des arthropodes bénéfiques, des vers de terre, symbiotes et microbes et jouent un rôle important pour la fertilisation du sol en améliorant significativement les éléments nutritifs de celui-ci et conduit à une amélioration de la croissance des plantes dans un court laps de temps, en comparaison avec l'utilisation des matières organiques provenant des déjections animales et du compost végétal qui nécessitent de longues périodes de décomposition.

6.8. Utilisations industrielles de l'huile de Moringa

Les graines de *Moringa oleifera* sont du type oléagineuse elles renferment 42% d'huile dont le profil d'acides gras comporte 70% d'acide oléique proche de l'huile d'olive 72%. La teneur en acides gras saturés et insaturés est respectivement de 13% et 82% et celle en acides gras libres varie de 0,5 à 3% (Foidl et al. 2001).

L'huile 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 (Foidl et al. 2001).

6.9. Dépollution des eaux par les graines de *Moringa oleifera*

6.9.1. Pollution de l'eau

La pollution comprend toute nuisance apportée à un écosystème qu'elle soit une modification chimique, physique ou biologique de la qualité de l'eau. C'est la contamination de l'eau par les corps et substances étrangers tels que des micro-organismes, des produits chimiques, des déchets industriels ou autres ; dues à des déversements, écoulements, rejets, dépôts directs ou indirects de matières de toute nature et, plus généralement, tout à fait susceptible de provoquer ou d'accroître la dégradation des eaux en modifiant leurs caractéristiques, chimiques, biologiques ou bactériologiques (Manceur et Djaballah 2016).

6.9.2. Traitement des eaux

6.9.2.1. Traitements physiques

Les traitements physiques sont nombreux par la filtration, la décantation, la coagulation, et la floculation.

❖ La Filtration

On distingue deux types de filtration :

- ✓ **Filtration de surface** : est une filtration dans laquelle la maille du réseau poreux est de taille inférieure à la taille des particules à retenir, il y a donc accumulation de déchets en surface (**Rodier et al. 1996**).
- ✓ **Filtration en profondeur** : fait appel à des phénomènes physiques plus subtils. Sans ce procédé, la dimension de la maille de la substance poreuse est supérieure à celle des particules qui s'y trouvent retenues. Il y a donc encrassement interne de la substance poreuse (**Rodier et al.1996**).

❖ La décantation

Elle a pour principe d'éliminer les particules en suspension par le phénomène de gravité. La vitesse de décantation est fonction de la vitesse de chute des particules, elle-même dépend de divers paramètres dans la taille et la diversité des particules (**Manceur et Djaballah 2016**).

❖ La coagulation

Le principe consiste à annuler les charges électriques des particules qui maintiennent la suspension à l'état colloïdal par addition de sels minéraux cationiques ou de poly-électrolytes organiques. Les particules perdent leurs charges électriques. Il en résulte une coagulation des particules qui s'agrègent, c'est la floculation suivie de la décantation (**Rodier et al. 1996**).

6.9.2.2. Traitements chimique

Les traitements chimiques ont pour objectifs de transformer certains produits réputés polluants en d'autres produits moins polluants, ou encore en d'autres produits tout aussi polluants mais d'élimination plus facile (**Mouffok 2008**).

❖ La neutralisation

C'est l'ajustement du pH à la neutralité. Ceci peut se faire par addition de substances acides ou basiques, ainsi que par un mélange effluent acide-effluent alcalin dans la mesure où ce type de mélange ne provoque pas de réaction secondaire nuisibles (**Abdellatif 2006**).

❖ L'oxydoréduction

Les réactions d'oxydoréduction sont intéressantes dans la mesure où elles permettent la formation de composés non toxiques ou facilement séparables sous forme de gaz de précipitation. Exemple : par oxydation des cyanures en cyanates et même en CO₂ (**Mouffok 2008**).

6.9.2.3. Traitement biologique

Ces traitements consistent à une consommation de la matière organique contenue dans les eaux usées et d'une partie des matières nutritives (azote et phosphore) par des microorganismes, on trouve entre autres :

❖ L'épuration sur lit bactérien

C'est le plus ancien procédé biologique utilisé. Des bactéries cultivées sur un substrat neutre ; de la pierre concassée, de la pouzzolane, ou du plastique, sur lequel on fait passer l'effluent (**Belgiorno et al. 2007**).

❖ Traitement anaérobie

Dans ce genre de traitement on utilise essentiellement la fosse imhoff ou la fosse à double étage, qui consiste en une consommation des matières organiques par les microorganismes présents dans l'eau en absence d'air (**Belhamadi 2011**).

❖ Le traitement par boues activées

6.9.3. Traitements des eaux par les graines du *Moringa oleifera*

Une littérature scientifique a révélé l'énorme utilité des extraits de graines de *Moringa oleifera* pour le traitement des eaux, en tant que adsorbant, coagulant et désinfectant (**Frah et Bouzad 2018**).

Cette méthode est connue depuis des siècles en Chine. Lors de la colonisation de l'Inde par les britanniques, ces connaissances ont été disséminées ailleurs dans le monde. Elles ont été mises à profit très efficacement en Egypte et au Soudan, notamment, pour purifier l'eau du Nil pour la consommation humaine (**Froid et al. 2001**).

6.9.3.1. Agent coagulant-floculant

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**).

6.9.3.2. Agent adsorbant

Les métaux lourds sont les polluants chimiques les plus nocifs et sont particulièrement préoccupants en raison de leur toxicité pour l'homme (**Nand et al. 2012**).

Des études ont prouvé que les graines de *Moringa oleifera* peuvent être utilisées pour réduire les concentrations des eaux brutes en métaux tels que : le fer, le cuivre, le zinc, l'aluminium, le plomb et le magnésium (**Jacques et al. 2007**).

Des études réalisées par **Nand et al. (2012)** montrent que les graines de *Moringa* permettent de diminuer les métaux lourds par le mécanisme de 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).

6.9.3.3. Agent désinfectant

La poudre du graine de *Moringa oleifera* a montré une forte activité antibactérienne contre les souches bactériennes telles que : *Staphylococcus*, coliformes et *Escherichia coli* (**Ngandjui 2019**) et aussi contre les champignons et les cyanobactéries (**Frah et Bouzad 2018**).

Matériels et Méthodes

1. Matériel végétal

Les graines de *Moringa oleifera* (**Figure 09**) proviennent du sud de l'Algérie (pépinière d'Oued Souf) et ont été récoltées durant la période allant du mois de juillet au mois d'août 2018.



Figure 09 : Graines de *Moringa oleifera* (Photo prise le : 03/04/2019).

2. Méthode

2.1. Conduite et organisation des essais

La première partie de ce travail, consacrée à la culture du Moringa, a été réalisée au niveau du laboratoire de Génétique, Biochimie et Biotechnologie Végétale (GBBV) (Université des Frères Mentouri Constantine1).

La seconde partie, consacrée à l'étude de l'efficacité des graines de *Moringa oleifera* dans la purification de l'eau, a été réalisée au niveau de la station d'épuration de l'eau d'Ibn Ziad et au laboratoire de SEACO de Ain Smara.

2.2. Test germinatif

Les graines de *Moringa oleifera* ont été soumises à 4 différents types de prétraitements. Le premier lot a été la scarification, le second, le troisième et le quatrième ; le trempage dans de l'eau froide à 24, 48, 72 h respectivement. Un cinquième groupe de graines n'a subi aucun prétraitement, considéré comme témoin.

Les graines ont été semées dans un mélange de sable et de terreau fumier organique (1 :2) à 2 cm maximum de profondeur, les pots sont ensuite placés dans la chambre de culture sous une photopériode de 16 heures et à une température de $25 \pm 1^\circ\text{C}$ (**Figure 10**).



Figure 10 : Mise en place de l'essai de germination des graines de *Moringa oleifera* au laboratoire de Biochimie, Génétique et Biotechnologie Végétale de l'université Mentouri Constantine.

2.3. Sites d'étude et échantillonnage

2.3.1. Localisation de la station

La station d'épuration des eaux usées d'Ibn Ziad est située à 12 km de la ville de Constantine, dans la daïra de Hamma Bouziane, sur la route de Mila (**Figure 11**). Elle s'étend sur une superficie de 12 Hectares. Elle se localise entre $6^\circ 30'$ et $6^\circ 45'$ Nord et entre $36^\circ 15'$ et $36^\circ 30'$

Est. Elle se trouve au nord de la Mechtat Ouldjet el Cadi, en bas de la route nationale N°2 (A.N.P.E 1996).



Figure 11 : Localisation de la station Ibn Ziad Constantine (Boufercha et Benmalek 2017).

2.3.2. Capacité de la station d'épuration

La station d'épuration d'Ibn Ziad a été conçue en 1978 par des Yougoslaves, pour traiter un débit moyen de 150 l/s avec une capacité maximum de 800 à 1000 l/s. C'est une station d'épuration à boues Activées, prévue pour 450.000 habitants. Elle a été mise à l'essai le 15/05/1997, et mis en service réel le 15/09/1997 ; elle traite aujourd'hui une partie des rejets d'eaux usées déversées par la ville de Constantine (Boufercha et Benmalek 2017).

2.3.3. Etapes du traitement

La station d'épuration Ibn Ziad traite les eaux usées d'origine domestiques et industrielles. Ces dernières sont acheminées à la station par une conduite principale (**Figure 12**).



Figure 12 : Conduite principale des eaux usées qui alimentent la station d'épuration d'Ibn Zaid.

2.3.3.1. Les prétraitements

Ils permettent d'éliminer la fraction la plus grossière, afin de ne pas gêner les opérations ultérieures. Il s'agit de : dégrillage, dessablage, dégraissage également appelé déshuilage.

a. Dégrillage

Il s'agit d'éliminer les éléments de grandes dimensions qui se trouvent dans l'eau d'égout brute (chiffons, matières plastiques, etc.) et qui pourraient perturber le fonctionnement hydraulique de la STEP (**Belhamadi 2011**). Pour ce faire, on intercale des grilles avec un râteau manuel (**Figure 13**).



Figure 13 : Dégrilleur de la station d'Iben Ziad.

b. Dessablage

Après le dégrillage, il reste encore dans l'eau des fragments qui peuvent décanter facilement, mais dont la dureté et la taille sont relativement importantes, supérieure à 0,2 mm de diamètre, et qui pourraient conduire l'abrasion de certains éléments de la station et particulièrement les pompes, on élimine ces matériaux facilement décantables dans de petits bassins (**Belgiorno et al. 2007**) (**Figure 14**).



Figure 14 : Vue d'ensemble sur la séparation du sable de la station d'Iben Ziad.

c. Déshuilage

Les eaux usées urbaines contiennent souvent des matières flottantes qui passent à travers les grilles (huiles, hydrocarbures, débris de graisse, etc.). Les huiles et hydrocarbures forment une couche mince en surface et gênent ainsi le processus d'aération, il est donc nécessaire de piéger ces substances au niveau du prétraitement par un dispositif d'écumage (**Belhamadi 2011**) (**Figure 15**).



Figure 15 : Vue d'ensemble sur la séparation de la graisse.

2.3.3.2. Traitement biologique

Le traitement effectué est un traitement par boues activées dans des Bassins d'aération (**Figure 16**), C'est un traitement très largement utilisé. Il s'agit d'un réacteur qui contient les eaux à traiter, dans lequel est injectée une boue chargée de bactéries. Les bactéries consomment la matière organique et contribuent à l'élimination de l'azote et du phosphate (**Belhamadi 2011**).



Figure 16 : Bassins d'aération de la station d'Iben Ziad.

2.3.3.3. Décantation secondaire

Appelée également clarification, elle intervient après le traitement biologique, afin d'éliminer les floccs issus de ces derniers, effectuer dans des décanteurs secondaires, circulaires à racleur (Figure 17) (Belgiorno et al. 2007).



Figure 17 : Décanteurs secondaires de la station d'Iben Ziad.

2.3.3.4. Boues activées de retour

Des pompes à vis sont utilisées pour renvoyer les boues activées vers les bassins d'aération pour traiter une nouvelle quantité des eaux usées (**Figure 18**).



Figure 18 : Vue des trois pompes à vis de la station d'Iben Ziad.

2.3.3.5. Traitement tertiaire

Le traitement tertiaire représente un poste de chloration (mais non équipé), il est normalement destiné à un traitement poussé des eaux usées traitées pour des fins d'irrigation.

2.3.3.6. Evacuation des boues

Les boues excédentaires provenant du procédé d'épuration subissent le traitement suivant :

- ❖ Epaissement dans des épaisseurs à grille racleuse (**Figure 19**).
- ❖ Séchage par évaporation naturelle dans des lits de séchage des boues (**Figure 19**).

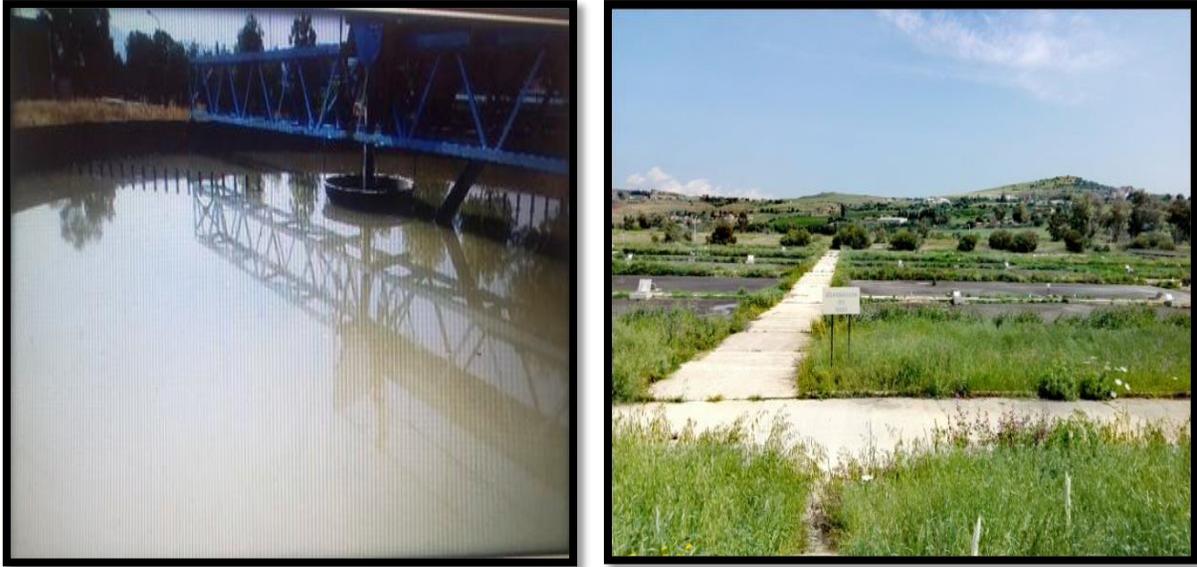


Figure 19 : Bassins d’assainissement des boues activées (à gauche). Lits de séchage (à droite).

2.3.4. Impacte de la station d’épuration

- ❖ Protection de l’environnement.
- ❖ Protection d’oued El Rhumel et barrage Beni Haroun.
- ❖ Lutte contre les maladies hydriques.
- ❖ Utilisation des boues déshydratées en agriculture (**Boufercha et Benmalek 2017**).

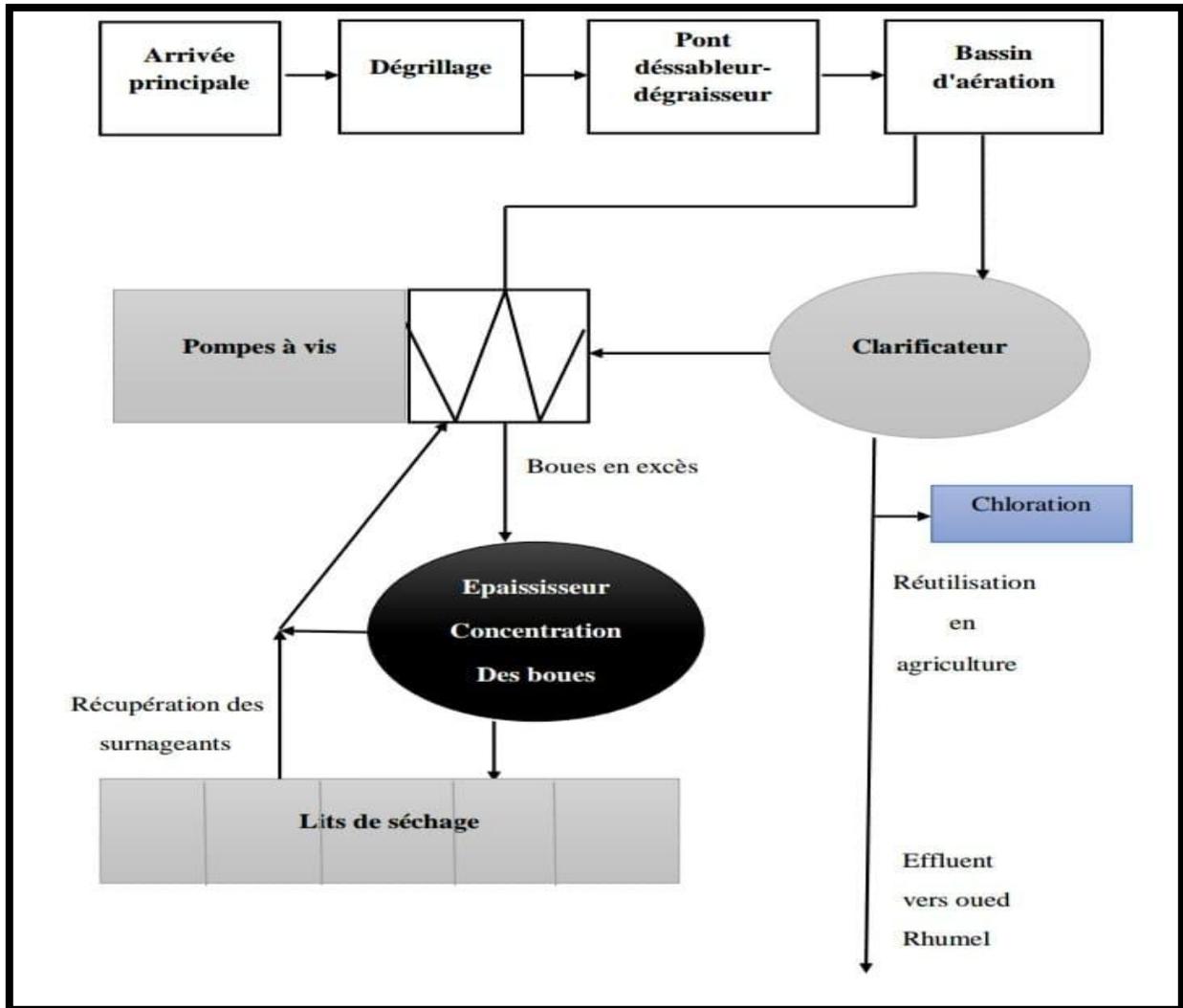


Figure 20 : Récapitulatif du procédé d'épuration de la STEP d'Ibn Ziad de Constantine (Boufercha et Benmalek 2017).

2.3.5. Prélèvement de l'eau à analyser

Au cours de notre étude, le prélèvement a été fait le 08 avril 2019 en deux points différents de la STEP, le premier est à l'entrée (eau brute), et l'autre à la sortie (eau traitée), dans des flacons en verre stériles de 1L munis de bouchons à vis, tout en respectant les conditions aseptiques les plus rigoureuses selon les recommandations internationales concernant l'analyse microbiologique de l'eau usée (ISO 5667-1 2006).

2.4. Préparation de la poudre de *Moringa oleifera*

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

- ❖ Décortiquer et écraser les graines par un pilon en porcelaine jusqu'à obtenir une farine.
- ❖ Mettre 5g de cette farine avec 10 ml d'eau distillée dans un bicher.
- ❖ Agiter fortement pendant 5 min à 10 min en utilisant un agitateur magnétique pour favoriser l'extraction par l'eau des protéines coagulantes (**Figure 21**).
- ❖ Verser le lait de Moringa dans l'eau à traiter selon la turbidité de l'eau.
- ❖ Remuer rapidement pendant 2min puis lentement pendant 10 min.
- ❖ Laisser reposer pendant 1 à 2 heures.

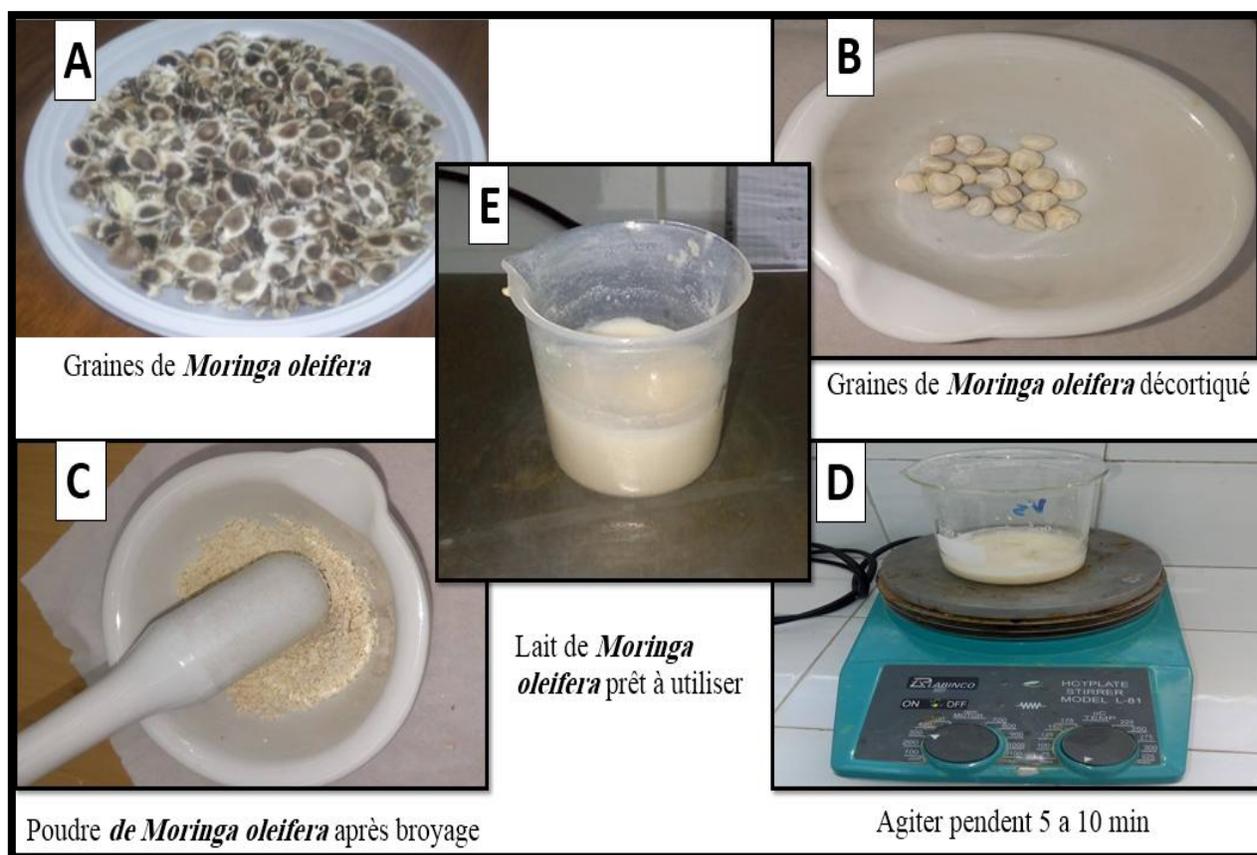


Figure 21 : Schéma représentant les principales étapes d'obtention du lait de *Moringa oleifera*.

2.5. Analyses physicochimiques

L'analyse physico-chimiques des eaux usées brutes (EB), épurées (ES) et traitées par *Moringa Oleifera* (EBM et ESM), consiste en la mesure du pH, la conductivité, la salinité et de la turbidité.

La mesure de la conductivité, salinité et le pH ont été déterminées par un appareil multi-paramètres (Consort C5020). Pour la turbidité nous avons utilisés un Turbidimètre de type 2100N (HACH) (**Figure 22**).

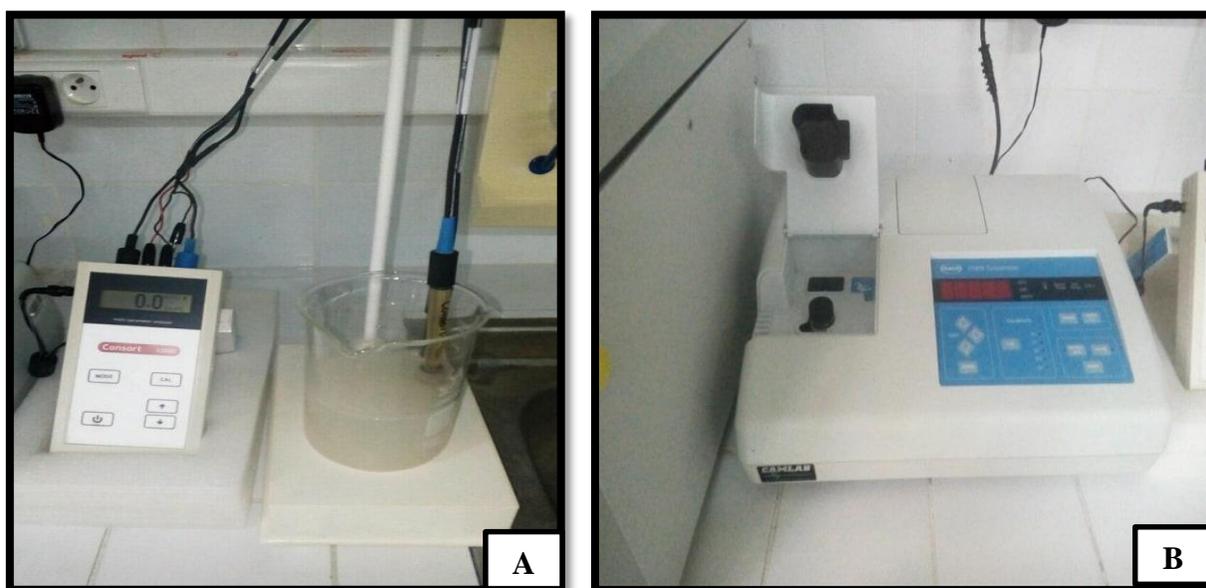


Figure 22 : A. Multi-paramètres (Consort C5020), **B.** Turbidimètre de type 2100N (HACH).

2.6. Analyses bactériologiques

Les analyses bactériologiques des eaux usées brutes, épurées et traitées par *Moringa oleifera* ont été réalisés suivant la méthode de détermination du nombre le plus probable (NPP), qui vise à la recherche et le dénombrement des germes suivants : les germes totaux (GT), les coliformes totaux (CT) et fécaux (CF), *Escherichia coli* (*E. coli*), les streptocoques totaux (ST), fécaux (SF) et les *Clostridium* sulfitoréducteurs (CSR).

2.6.1. Dilutions décimales

D'après **Dellaras (2010)** le choix du nombre de dilution est basé essentiellement sur la charge microbienne de l'eau à analyser, procéder comme suit :

- ❖ Introduire aseptiquement 10 ml de l'échantillon de l'eau à analyser à l'aide d'une pipette graduée dans un flacon en verre contenant 90 ml d'eau distillée stérile
- ❖ Fermer et agite le flacon, cette dilution est alors 1/10.
- ❖ Prélever 10 ml de la dilution 10^{-1} et on le transférer dans un deuxième flacon afin d'obtenir la dilution 10^{-2} .
- ❖ Répéter la même procédure jusqu'à l'obtention de la dilution idéale).

2.6.2. Les germes totaux

Solen la norme **ISO 6222 (1999)** les germes totaux sont dénombrés comme suit :

- ❖ A partir de l'eau à analyser (solution mère ou les dilutions), porter 1 ml dans deux boites de pétri vides préparées à cet usage et numérotées.
- ❖ Compléter ensuite chacune des boites avec environ 15 ml de gélose nutritive (**annexe 01**) et mélanger avec précaution en mouvement rotatoire puis laisser solidifier.
- ❖ L'ensemble des boites ainsi préparés est incubés, une à 37 °C pendant 24 h à 48 h et l'autre à 22 °C pendant 72 h (**Figure 23**).
- ❖ Les résultats sont exprimés en nombre de germes par ml (Germe/1ml).

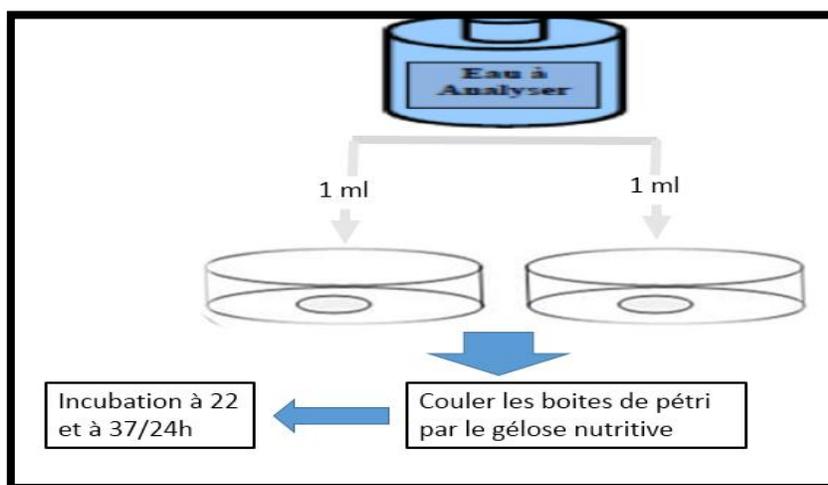


Figure 23 : Recherche et dénombrement des germes totaux.

2.6.3. Coliformes totaux

Selon la norme **ISO 9308 (2012)** les coliformes totaux sont dénombrés comme suit :

- ❖ A partir de l'eau à analyser (solution mère ou les trois dilutions successives), porter aseptiquement :
 - 3 fois 10ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL D/C (**annexe 01**).
 - 3 fois 1ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL S/C (**annexe 01**).
 - 3 fois 0.1 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL S/C.
- ❖ Agiter pour homogénéiser, sans faire pénétrer l'air dans la cloche de Durham.
- ❖ L'ensemble des tubes ainsi préparés sont incubés à 37° C pendant 24 à 48 h.
- ❖ Après l'incubation, les tubes considérés comme positifs présentent un trouble avec virage du violet au jaune et un dégagement de gaz dans la cloche (**annexe 05**).
- ❖ Le nombre des coliformes totaux par 100 ml est obtenu en comptant le nombre des tubes positifs en se référant à la table de Mac Grady (NPP) (**annexe 04**) (**Figure 24**).

2.6.3.1. Coliformes fécaux et *Escherichia coli*

Selon la norme **ISO 9308-2 (2012)** les coliformes fécaux et *Escherichia coli* sont dénombrés comme suit :

- ❖ Les tubes de BCPL trouvés positifs lors du dénombrement des coliformes (**annexe 05**), feront l'objet d'un repiquage à l'aide d'un ose bouclé dans tube contenant le milieu Schubert muni d'une cloche de Durham.
- ❖ Chasser le gaz présent éventuellement dans les cloches et mélanger bien le milieu.
- ❖ Incuber à 44°C pendant 24h à 48 h. »r
- ❖ Considérer comme positif, les tubes où se manifestent une croissance bactérienne et un dégagement de gaz.
- ❖ Le nombre est calculé selon la table de Mac Grady (**annexe 03**).

La présence d'*Escherichia coli* est confirmée par la formation d'un anneau rouge à la surface des tubes, après addition de 2 à 3 gouttes du réactif de Kovacs (**annexe 01**) (**Figure 24**).

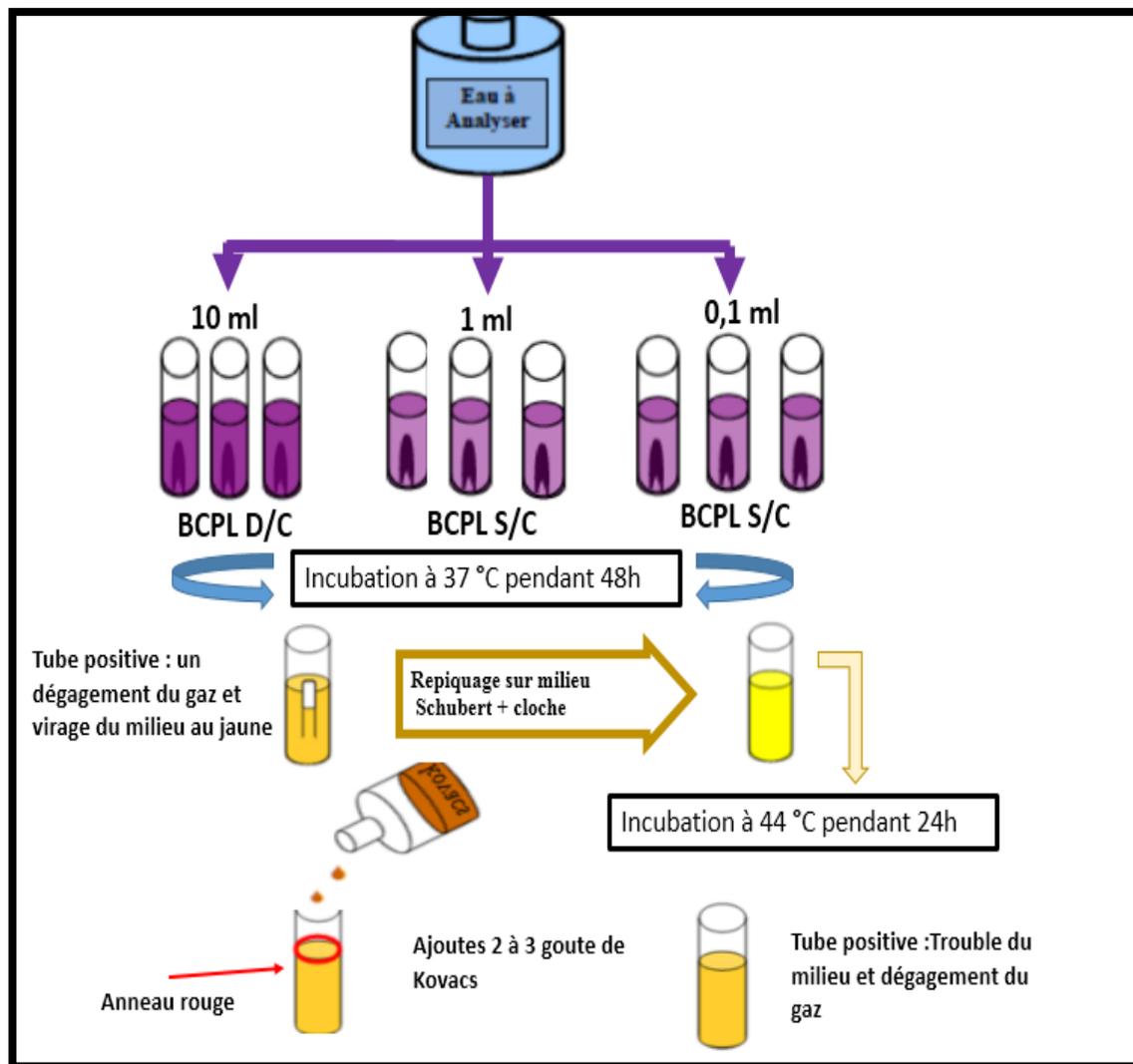


Figure 24 : Recherche et dénombrement des coliformes totaux, fécaux et *Escherichia coli*

2.6.4. Streptocoques totaux

Selon la norme **ISO 7899-2 (2012)** les Streptocoques totaux sont dénombrés comme suit :

- ❖ A partir de l'eau à analyser (solution mère ou les trois dilutions successives), porter aseptiquement :
 - 3 fois 10ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu Rothe D/C (**annexe 01**).
 - 3 fois 1ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu Rothe S/C (**annexe 01**).

- 3 fois 0.1 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu Rothe S/C.
- ❖ Agiter pour homogénéiser, sans faire pénétrer l'air dans la cloche de Durham.
- ❖ L'ensemble des tubes ainsi préparés sont incubés à 37° C pendant 24 à 48 h.
- ❖ Après l'incubation, les tubes considérés comme positifs (**annexe 05**) présentent un trouble microbien.
- ❖ Le nombre des coliformes totaux par 100 ml est obtenu en comptant le nombre des tubes positifs en se référant à la table de Mac Grady (NPP) (**annexe 03**) (**Figure 25**).

2.6.4.1. Streptocoques fécaux

Selon la norme **ISO 7899 (2012)** les Streptocoques fécaux sont dénombrés comme suit :

- ❖ Les tubes de Rothe trouvés positifs (**annexe 05**) lors du dénombrement des Streptocoques feront l'objet d'un repiquage à l'aide d'un ose bouclé dans tube contenant le milieu LITSKY EVA (**annexe 01**).
- ❖ Chasser le gaz présent éventuellement dans les cloches et mélanger bien le milieu.
- ❖ Incuber à 37°C pendant 24h.
- ❖ Considérer comme positif, les tubes présentant à la fois un trouble microbien et une pastille violette ou blanchâtre au fond des tubes (**annexe 05**) (**Figure 25**).
- ❖ Le nombre est calculé selon la table de Mac Grady (**annexe 03**).

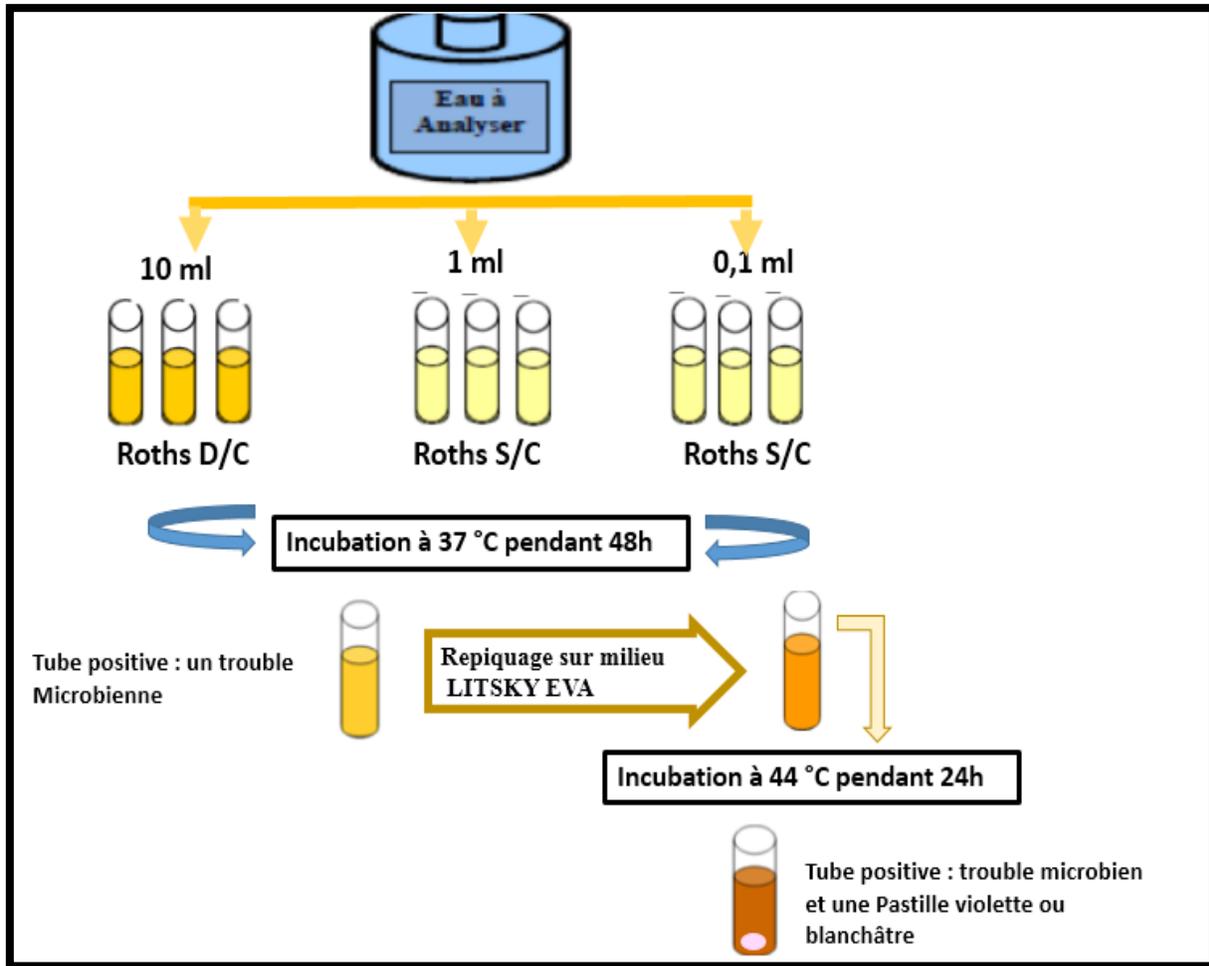


Figure 25 : Recherche et dénombrement des Streptocoques totaux et fécaux.

2.6.5. Germes anaérobies sulfito- réductrices

Selon la norme **NFT 90-415 (1985)**, les germes anaérobies sulfito- réductrices dénombrés comme suit :

- ❖ A partir de l'eau à analyser (solution mère ou les trois dilutions successives) transférer environ 250 ml dans un tube stérile, qui sera par la suite soumis à un chauffage de l'ordre de 75 °C pendant 15 min dans le but de détruire toutes les formes végétatives des bactéries anaérobies sulfito-réductrices éventuellement présentes.

- ❖ Après chauffage, refroidir immédiatement le flacon destiné à l'analyse, sous l'eau de robinet.
- ❖ Répartir ensuite le contenu de ce tube, dans 4 tubes différents et stériles, à raison de 5ml par tube.
- ❖ Ajouter environ 18 à 24 ml de gélose Viande foie (**annexe 01**).
- ❖ Mélanger doucement en évitant d'introduire des bulles d'air et de l'oxygéné.
- ❖ Laisser solidifier sur paillasse pendant 30min, puis incuber à 37°C pendant 48h.
- ❖ La première lecture doit absolument se fera à 24h et la dernière à 48h.
- ❖ Dénombrer toute colonie noire et rapporter le nombre total des colonies dans les quatre tubes à 20ml d'eau à analyser (**Figure 26**).

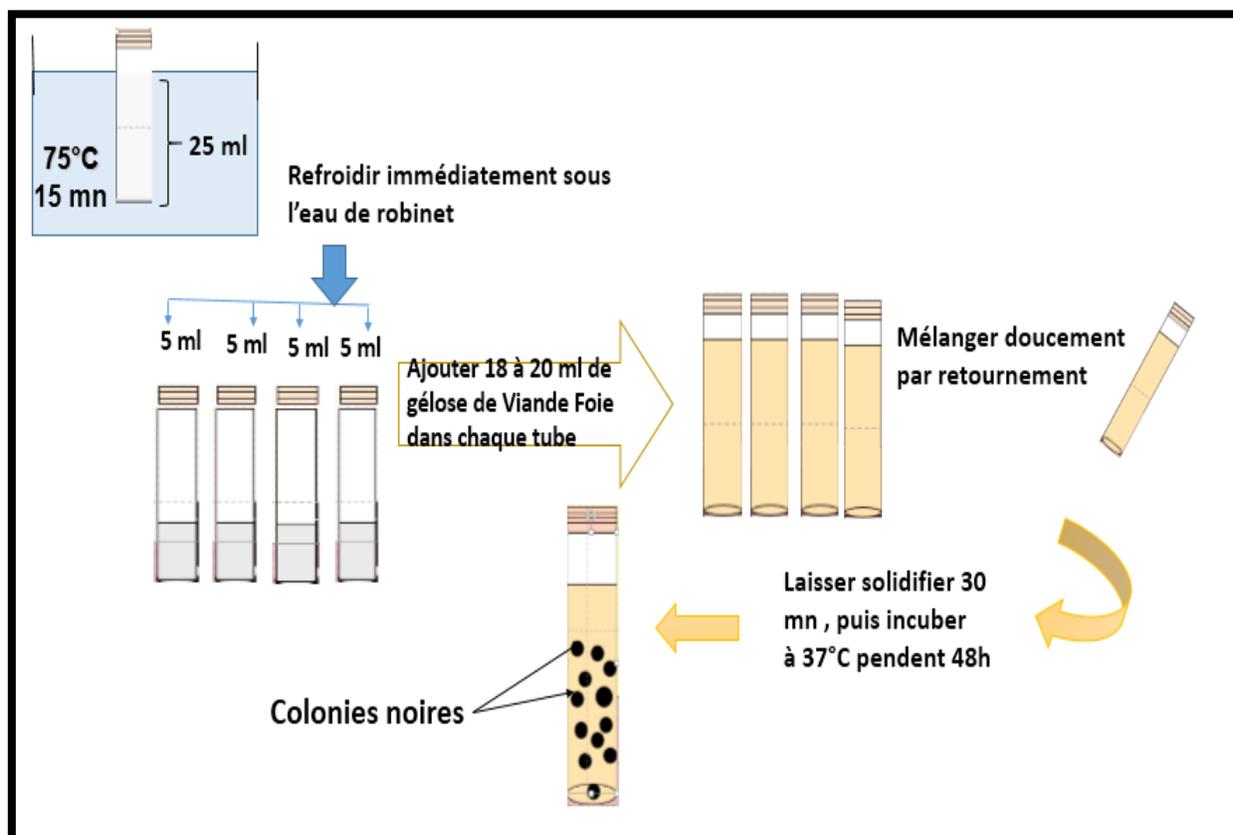


Figure 26 : Recherche et dénombrement des germes anaérobies sulfito-réducteurs.

2.7. Analyses statistiques des données

Les résultats obtenus ont été soumis à une analyse de variance (ANOVA) avec le logiciel statistique MINITAB18, les moyennes ont été comparées en utilisant le test de NEWMAN-KEULS au seuil de probabilité 5 %. Tous les tests ont été effectués en triple.

Résultats et discussions

1. Germination des graines de *Moringa oleifera*

Les résultats de cet essai sont présentés dans ci-dessous ; le tableau 08 illustre les délais de levée et le taux de germination par traitement.

Tableau 08 : Délai et taux de germination des graines de *Moringa oleifera* sous différents prétraitements.

Délai de germination (jours)	Mode de traitement des graines				
	Taux de germination des graines %				
	Témoins	Scarifiées	Pré-trempées (72h)	Pré-trempées (48h)	Pré-trempées (24h)
5J	0 ±0.0b	36.6±2.8a	0±0.0b	0±0.0b	0±0.0b
8J	0±0.0c	46.66±2.8a	26.66±2.8ab	6.66±0.57bc	0±0.0c
10J	3.33±0.57d	70±1.0a	40±1.0b	20±1.0c	6.66±0.57cd
12J	16.66±0.57c	83.33±0.57a	73.33±0...57a	43.33±1.5b	43.33±2.8b
15J	53.33±0.57d	96.66±0.57a	83.33±0.57b	70±1.0c	63.33±0.57cd

Les moyennes suivies par la même lettre ne sont pas statistiquement différentes au seuil de 5%.

D’après les résultats observés (**tableau08**) il ressort que les graines germées commencent à être disponibles à partir du 5^{ème} jour après semis (JAS). Comme on peut le constater les graines germées sont celles du prétraitement des graines à scarification qui enregistrent le taux le plus élevé : 36.6%. La séparation des groupes homogènes confirme qu’il n’y a aucune différence significative entre les graines pré-germées.

A partir du 8^{ème} JAS, les graines pré-trempées pendant 72h et 48h enregistrent des taux respectifs de 26.66% et de 6.66%. A ce délai aucune germination n'a été observée pour le prétraitement de 24h et les témoins, mais à partir du 10^{ème} JAS ont détecté un taux de 6.66% pour les 24h et 3.33% pour les témoins.

Au 12^{ème} JAS, les graines scarifiées enregistrent un taux de : 83.33% suivi par les pré-trempées 72h avec 73.33%, pour les graines pré-trempées 48h et 24h un taux de germination identique a été enregistré (43.33%) et enfin les témoins enregistre un taux de : 16.66%.

Au 15^{ème} JAS, les graines scarifiées restent en tête pour un taux très élevé 96.66% suivi des pré-trempées 72h pour un taux de 80%, puis les pré-trempées 48h et 24h avec des taux respectifs de 70% et 63.33%, en dernière position viennent les graines témoins avec un taux de 53.33%.

Au bout de 20 jours l'ensemble des graines a fini par germer. Ces résultats dans l'ensemble concordent avec ceux de **Fuglie et Sreeja (2001)** qui estiment que la germination devrait avoir lieu entre 5 et 12 jour, mais le taux de germination des graines est supérieur à l'intervalle proposé par **Besse (1986)** qui observait un taux de l'ordre de 60% à 70%. Ces résultats pourraient s'expliquer par le fait que ces graines ont subi un traitement préalable ce qui a permis aux graines de s'imbiber avant la mise en place et d'améliorer leur taux de germination.

Nos résultats sont en accord également avec les travaux de **Njehoya et al. (2013)** qui rapportent que la germination rapide des graines scarifiées par rapport à celles des autres traitements s'expliquerait par le fait que la graine a été directement exposée à la température et a accru son niveau d'absorption d'eau par ses téguments. Dans ce sens **Crosaz (1995)** ont trouvés que l'amélioration de la germination était due à la fragilisation des téguments en les rendant ainsi perméables.

La figure ci-dessous présente le suivi de la croissance du *Moringa oleifera* durant quatre mois :

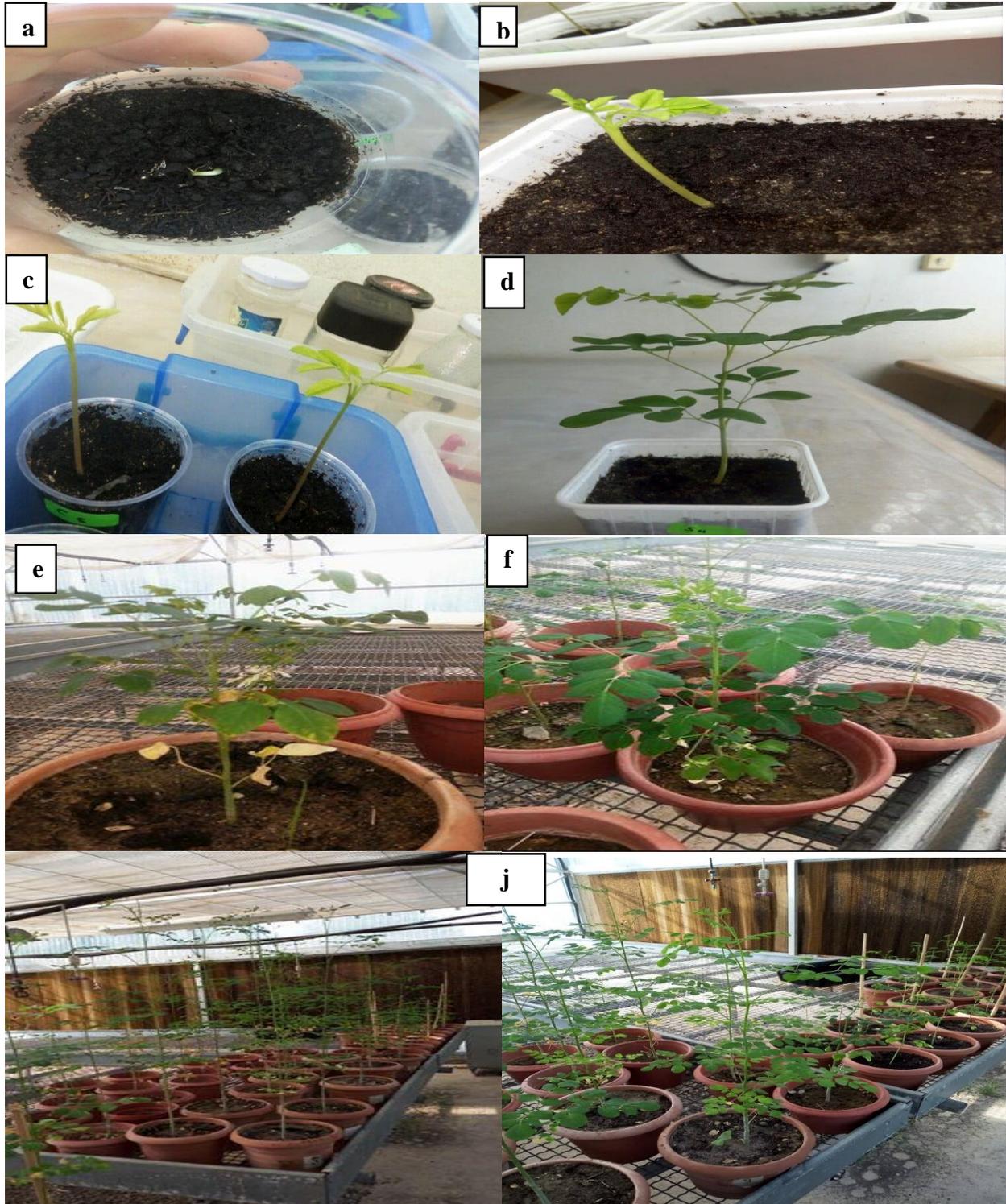


Figure 27 : Suivi de la croissance du *Moringa oleifera*. **a**. Germination, **b** : Après une semaine, **c** : Après 15 jours, **d** : Après un mois, **e** : Après deux mois, **f** : Après trois mois, **j** : Après quatre mois (2 mètres de hauteur).

2. Analyses physicochimiques

2.1. Potentiel hydrogène (pH)

Le potentiel hydrogène caractérise un grand nombre d'équilibre physicochimique et dépend de facteurs multiples, dont l'origine de l'eau (Rodjer 2009).

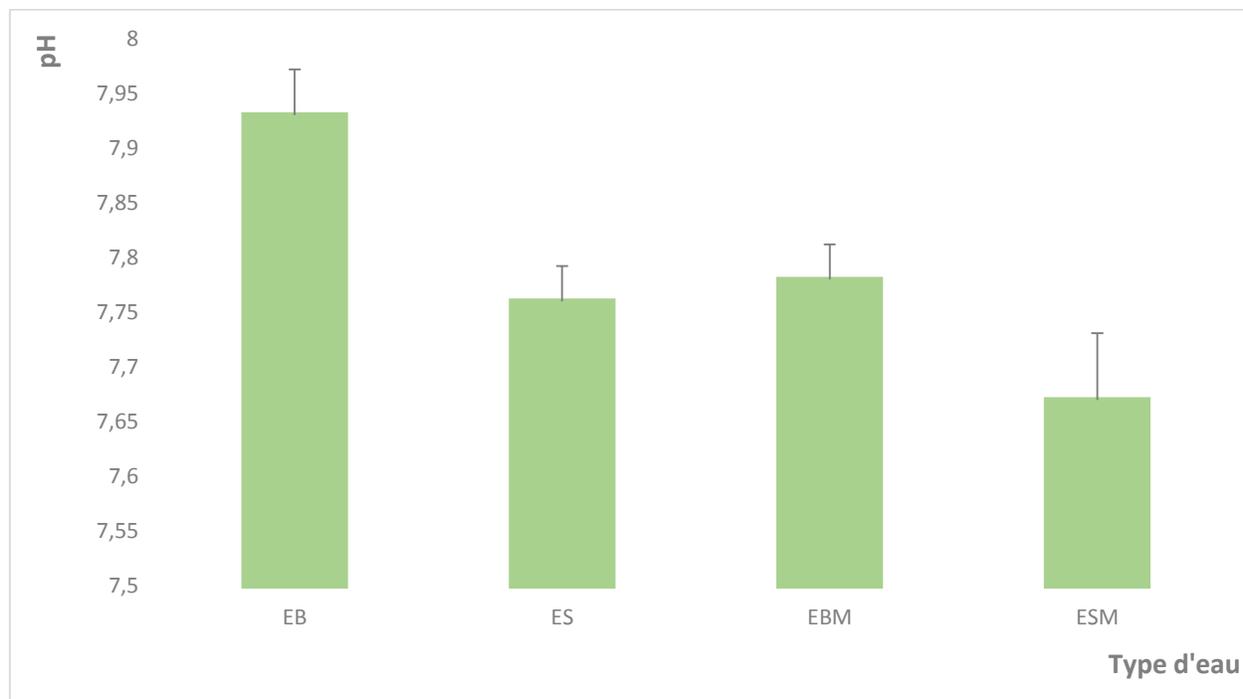


Figure 28 : Mesure du pH de l'eau de la station d'Iben Ziad avant et après ajout de la graine de *Moringa Oleifera*. EB : Eau Brute, ES : Eau de Sortie, EBM : Eau Brute traitée avec le Moringa, ESM : Eau Sortie traitée avec le Moringa. Les valeurs constituent les moyennes ± écarts types (n=3).

Les valeurs de pH enregistrés pour cette étude sont comprises entre $7.93 \pm 0.04a$ et $7.67 \pm 0.06c$ avant et après traitement, respectivement (**Figure 28**). Une différence significative a été notée entre les données recueillies ($p < 0.05$, **annexe 05**). L'alcalinité est plus prononcée dans l'eau de l'entrée de la station ; toutefois il semble que la composition chimique des eaux évolue après traitement au *Moringa oleifera* vu que le pH a diminué à $7.67 \pm 0.06c$.

Les résultats obtenus restent dans l'intervalle de la norme exigée par l'organisation Mondiale de la Santé OMS, la FAO et de la réglementation algérienne qui fixent des valeurs de pH entre 6.5 et 8.5 (annexe 04).

2.2. Conductivité

La pluparts des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité des sels dissous dans l'eau (Eddabra 2011).

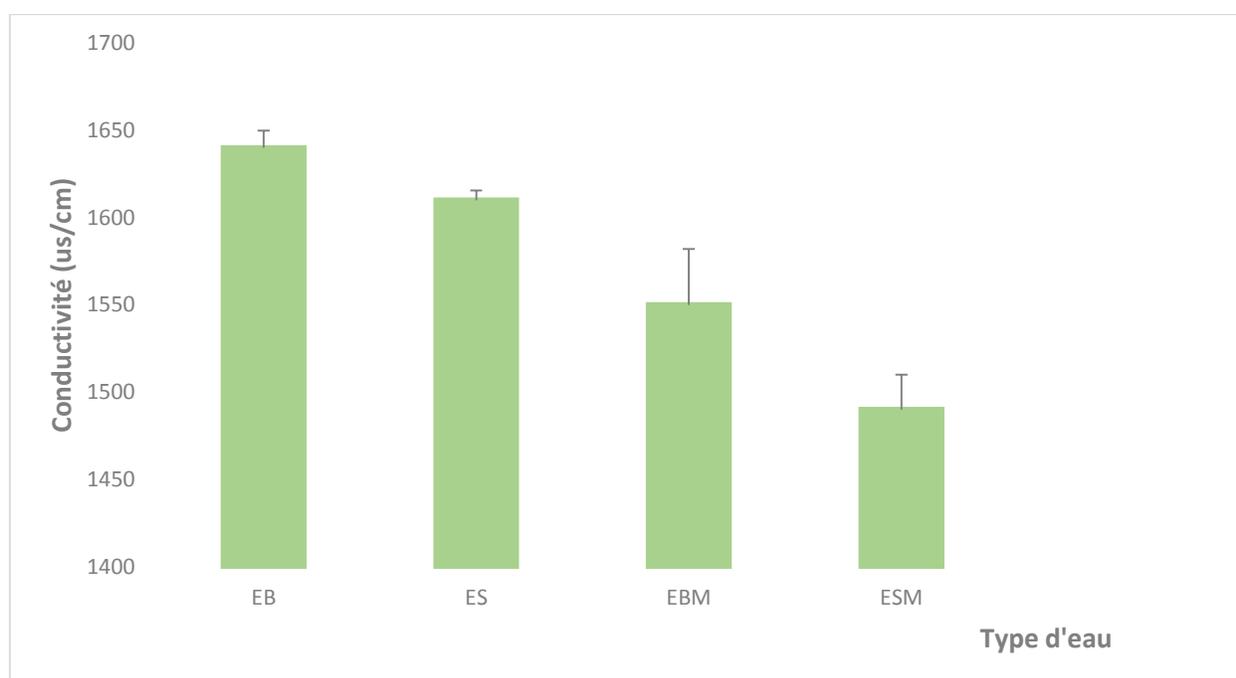


Figure 29 : Mesure de la conductivité de l'eau de la station d'Iben Ziad avant et après ajout de la graine de *Moringa Oleifera*. EB : Eau Brute, ES : Eau de Sortie, EBM : Eau Brute traitée avec le Moringa, ESM : Eau Sortie traitée avec le Moringa. Les valeurs constituent les moyennes \pm écarts types (n=3).

Nous remarquons d'après les résultats illustrés sur la figure 29 qu'il n'y a aucune différence significative entre les valeurs de la conductivité électrique enregistrées à l'entrée et à la sortie de la station ($p > 0.05$, annexe 06). Cependant, on note une diminution très hautement significative

après traitement par la graine de Moringa ($p < 0.001$, annexe 06). Ces résultats sont similaires à ceux trouvés par **Boufercha et Benmalek (2017)** et **Dalichaouche et Bouchama (2018)** pour la même station, ainsi que ceux de **Benkaddour (2016)** après traitement avec le Moringa.

Les valeurs obtenues se situent dans la plage des valeurs limites fixées à $3000 \mu\text{S}/\text{cm}$ recommandées par l'OMS, la FAO et par la réglementation algérienne des eaux destinées à l'irrigation (annexe 04).

2.3. La Salinité

Le principal critère d'évaluation de la qualité d'une eau naturelle dans la perspective d'un projet d'irrigation est sa concentration totale en sels solubles. Les principaux sels responsables de la salinité de l'eau sont : le calcium, le magnésium, les chlorures, les sulfates et les bicarbonates. Une valeur élevée de la salinité signifie une grande quantité d'ions en solution, ce qui rend plus difficile l'absorption de l'eau et des éléments minéraux par les plantes et peut causer des brûlures racinaires (**Boussa et Mermat 2017**).

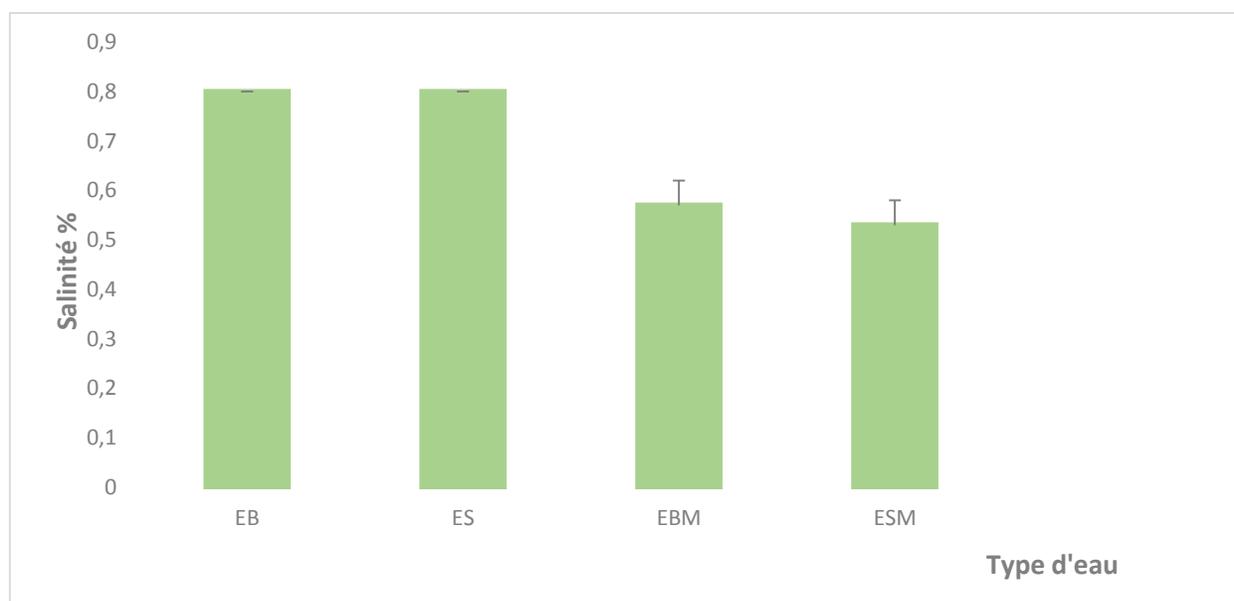


Figure 30 : Mesure du taux de salinité de l'eau de la station d'Iben Ziad avant et après ajout de la graine de *Moringa Oleifera*. EB : Eau Brute, ES : Eau de Sortie, EBM : Eau Brute traitée avec le Moringa, ESM : Eau Sortie traitée avec le Moringa. Les valeurs constituent les moyennes \pm écarts types ($n=3$).

Nous remarquons d'après les résultats que les valeurs de la salinité restent stable à l'entrée (EB et ES) et/ou à la sortie (EBM et ESM) de la station (**Figure 30**). Ces valeurs sont en accord avec celles trouvées par **Boufercha et Benmalek (2017)** à la même STEP.

Par ailleurs, la comparaison entre l'eau de la sortie de la station et l'eau traitée par les graines de *Moringa* révèle une diminution très hautement significative ($p < 0.001$, **annexe 07**). Cette diminution peut être en rapport avec la présence de protéines positives dans les graines qui attirent les sels minéraux négatives qui se trouvent dans l'eau pollué (**Foild et al. 2002**). Nos résultats sont en relation avec ceux réalisée par **Benkaddour (2016)**.

2.4. Turbidité

La turbidité d'une eau est due à la présence des matières en suspension finement divisées telles que : argile, limons, grains de silice, matières organiques (**Rodier 2005**). Elle peut fournir de la nourriture et un abri aux agents pathogènes favorisant ainsi leurs proliférations et des flambées de maladies d'origine hydrique, d'où l'importance de ce paramètre dans le traitement et la stabilité des eaux (**Kabore et al. 2013**).

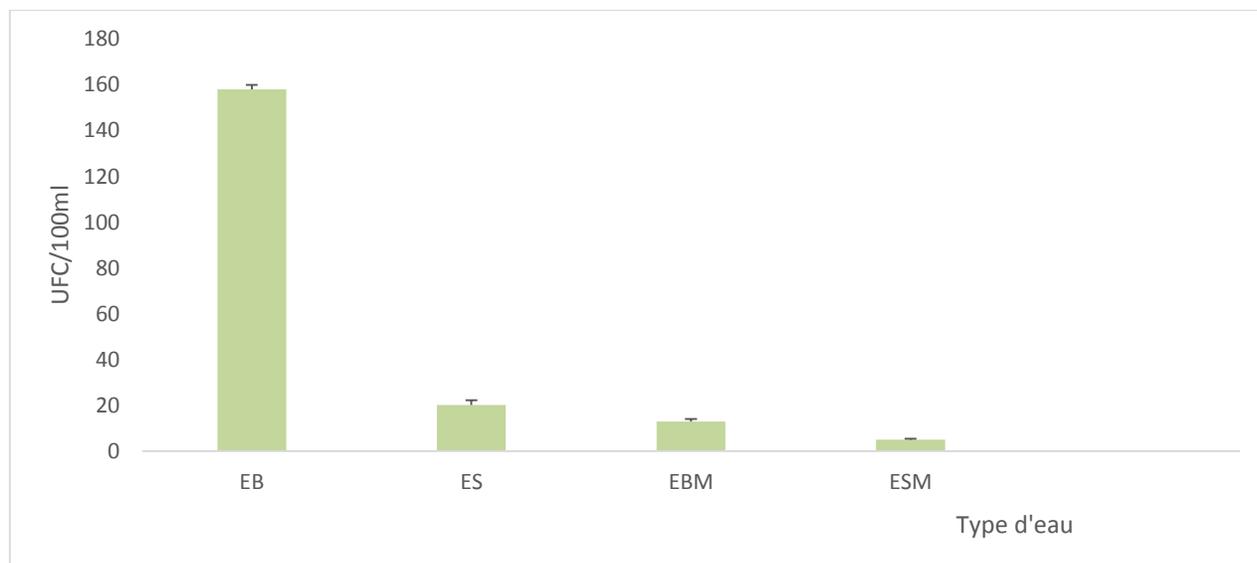


Figure 31 : Mesure de la turbidité de l'eau de la station d'Iben Ziad avant et après ajout de la graine de *Moringa Oleifera*. EB : Eau Brute, ES : Eau de Sortie, EBM : Eau Brute traitée avec le *Moringa*, ESM : Eau Sortie traitée avec le *Moringa*. Les valeurs constituent les moyennes \pm écarts types ($n=3$).

La différence entre les quatre types d'eaux est très hautement significative ($p < 0.001$, **annexe 08**). Cependant, les taux d'abattement de la turbidité obtenu diffèrent ; en effet, l'eau traitée avec le Moringa enregistre un taux supérieur de 91.77% alors qu'en l'absence de Moringa le taux d'abattement est de l'ordre de 87.21 % (**Figure 31**).

Cette grande diminution dans le taux de turbidité pourrait s'expliquer par le fait que les graines de *Moringa oleifera* contiennent des polyélectrolytes cationiques actifs d'un poids moléculaire de 7-17 kDalton (**Froid et al. 2001**) 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. 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 qui se déposent par sédimentation sous l'effet de la gravité, laissant l'eau trouble plus ou moins claire (**Figure 32 et 33**).



Figure 32 : L'eau de la station d'Iben Ziad avant l'ajout de la graine de *Moringa Oleifera*. EB : Eau Brute, ES : Eau de Sortie, EBM : Eau Brute traitée avec le Moringa, ESM : Eau Sortie traitée avec le Moringa.

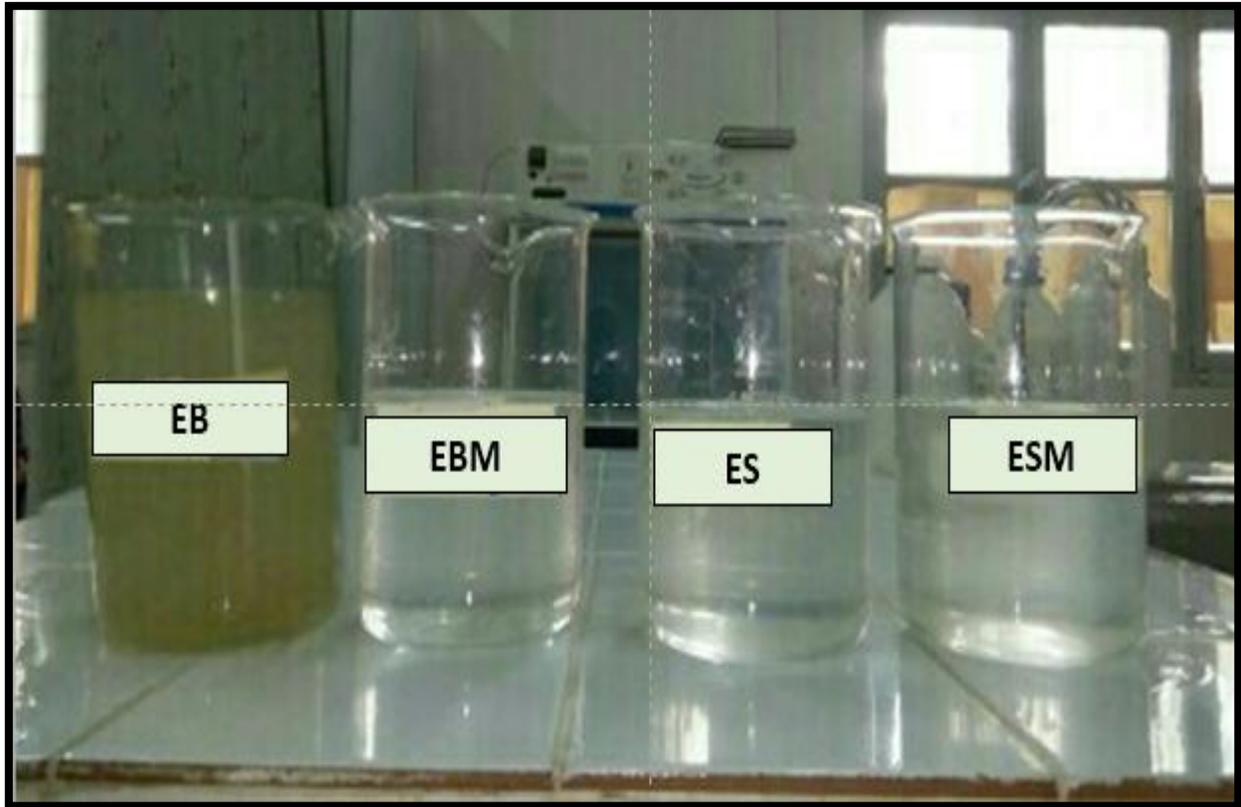


Figure 33 : L'eau de la station d'Iben Ziad après l'ajout de la graine de *Moringa Oleifera*. EB : Eau Brute, ES : Eau de Sortie, EBM : Eau Brute traitée avec le Moringa, ESM : Eau Sortie traitée avec le Moringa.

3. Analyses bactériologiques

3.1. Germes totaux

Le dénombrement des germes totaux, consiste à une estimation du nombre total des germes dans l'eau (Sari 2014).

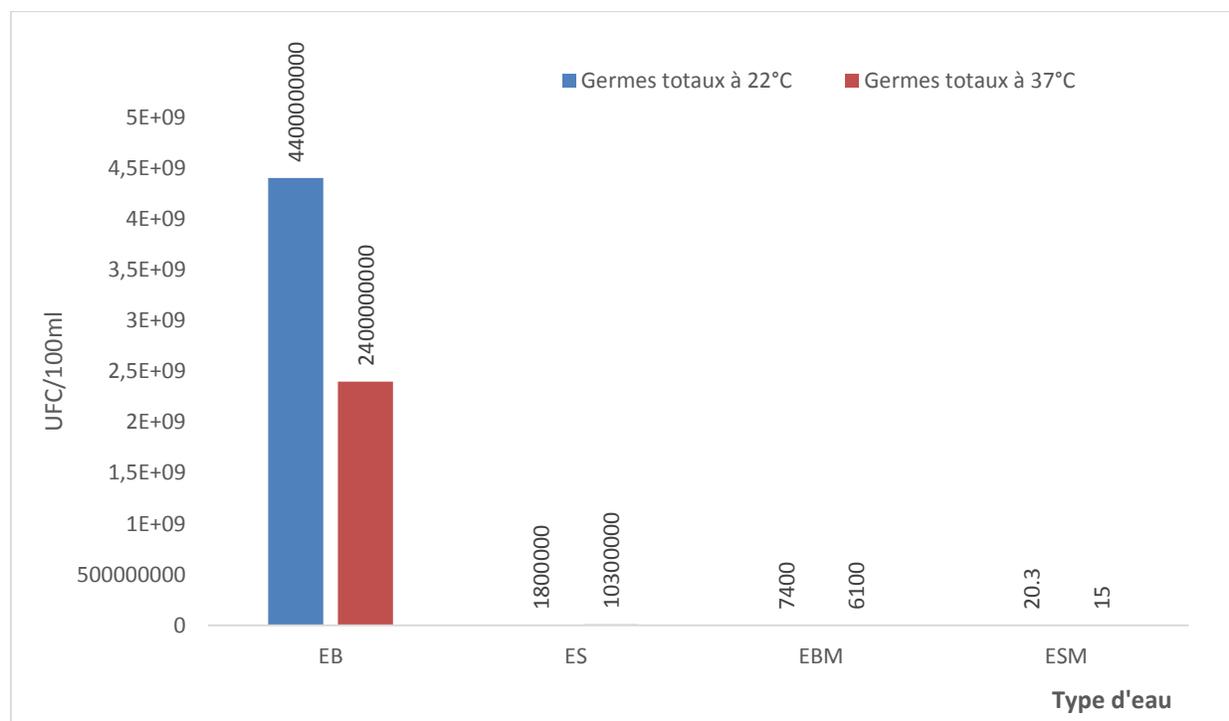


Figure 34 : Estimation des germes totaux à 22°C et 37°C dans l'eau de la station d'Iben Ziad avant et après ajout de la graine de *Moringa Oleifera*. EB : Eau Brute, ES : Eau de Sortie, EBM : Eau Brute traitée avec le Moringa, ESM : Eau Sortie traitée avec le Moringa.

D'après la figure ci-dessus, les eaux usées brutes analysées sont fortement chargées en germes totaux avec une concentration moyenne de 4.4×10^9 UFC/ml à 22°C et 2.4×10^8 UFC/ml à 37°C. A la sortie de la station, les germes totaux ont diminués significativement ($p < 0.001$, **annexe 09**), On enregistre un taux d'abattement de 99.96% à 22°C et de 99.95% à 37°C. Nos résultats concordent avec d'autres études réalisées par **Buarroudj et Dhaou-El-Djabine (2015)** et **Fercha et Debchi Mouna (2018)** au sein la station d'Iben Ziad.

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**).

Les eaux de l'entrée et de la sortie traitées par les graines de *Moringa* montrent une régression supérieure ($p < 0.001$, **annexe 09**) de 99.99% et de 99.97% pour la température de 22°C et 37°C respectivement. Un résultat similaire a été également obtenu par **Ravikumar (2013)** et **Egbuikwem (2013)** où l'abattement microbien en germes totaux était à l'ordre entre 90,00% à 99,99%.

3.2. Coliforme totaux

Les coliformes totaux sont utilisés 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 (**Archibald 2000**).

D'après la figure 35, nous remarquons que les eaux usées brutes sont chargées en coliformes totaux avec une concentration moyenne supérieure à 2.4×10^4 UFC/100ml ; ce qui signifie une dense contamination des eaux. Cette concentration présente une diminution très hautement significative ($p < 0.001$ **annexe 10**) dans les eaux épurées de sortie qui s'élève à 1.1×10^4 UFC/100ml, soit un taux d'abattement de l'ordre de 54.16%. Nos résultats sont en accord avec ceux de **Boufercha et Benmalek (2017)** pour la même station.

Tandis que dans les eaux traitées par les graines de *Moringa oleifera* les taux d'abattement sont nettement supérieurs enregistrant des valeurs de l'ordre de 80.83% à l'entrée et de 96.35% à la sortie.

3.2.1. Coliforme fécaux

Les Coliformes fécaux sont appelés aussi les Coliformes thermo-tolérants et sont plus appropriés que les coliformes totaux comme indicateurs de contamination fécale (**Rodier et al. 2009**).

Les résultats des analyses bactériologiques à l'entrée de la station d'épuration révèlent la présence de germes indicateurs de contamination fécale soit 1.1×10^4 UFC/100ml.

Nous avons enregistré une diminution très hautement significative ($p < 0.001$, **annexe 11**), pour les eaux épurées de la sortie, soit un taux d'abattement de 58.18 %. Tans dis que les eaux de l'entrée et de la sortie traitées par les graines de Moringa, enregistrent des taux d'abattement nettement supérieur ($p < 0.001$, **annexe 11**) de l'ordre de 92.09 % et de 97.10 %, respectivement (**Figure 35**). Les valeurs trouvées lors de cette étude concordent avec ceux de **Asrafuzzaman et al. (2011)**, ces derniers ont enregistré un taux allant jusqu'à 96% en coliformes fécaux.

Les résultats du traitement des eaux usées par la STEP présentent une contamination supérieure à celle acceptée par les normes prescrites par l'OMS et la réglementation algérienne pour le cas d'une réutilisation en irrigation, une étape de désinfection est nécessaire (**annexe 04**). Alors que, les valeurs des eaux traitées par les graines de Moringa ne dépassent pas la limite préconisée par l'OMS et la réglementation algérienne et sa réutilisation en irrigation **est possible (annexe 04)**.

3.2.2. *Escherichia coli*

Les analyses bactériologiques de *Escherichia coli* ont révélé des taux élevés à l'entrée de la STEP, enregistrant un taux moyen de 1.1×10^4 UFC /100 ml. L'abattement des coliformes fécaux est statistiquement significative au seuil 5 % .soit 58.18% pour un taux de 4.6×10^3 UFC/100 ml.

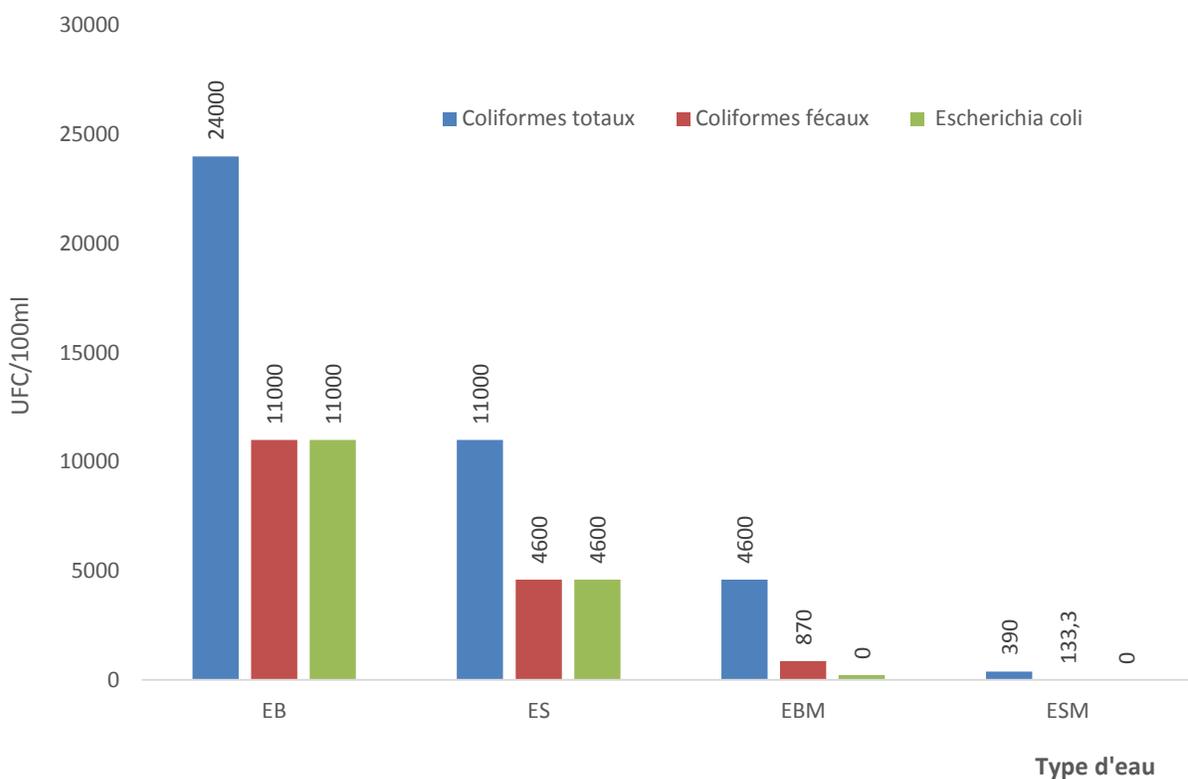


Figure 35 : Estimation des coliformes totaux (CT), coliformes fécaux (CF) et *Escherichia coli* dans l'eau de la station d'Iben Ziad avant et après ajout de la graine de *Moringa Oleifera*. EB : Eau Brute, ES : Eau de Sortie, EBM : Eau Brute traitée avec le Moringa, ESM : Eau Sortie traitée avec le Moringa.

Pour les eaux traitées par les graines de Moringa ; les taux d'abattement sont très élevés s'évaluant à 98.03% (2.16×10^2 UFC /100 ml) à l'entrée et à 100% à la sortie. La différence est très hautement significative ($p < 0.001$, **annexe 12**). Nos résultats concordent avec les travaux de **Kabore et al. (2013)** qui ont enregistré une élimination totale 100% de la bactérie *Escherichia coli*.

3.3. Streptocoques

Les streptocoques sont susceptibles de contaminer les eaux d’approvisionnement. Ils sont typiques des déjections animales et peuvent parfois être présents chez l’homme ou dans les végétaux (Bitton 2005).

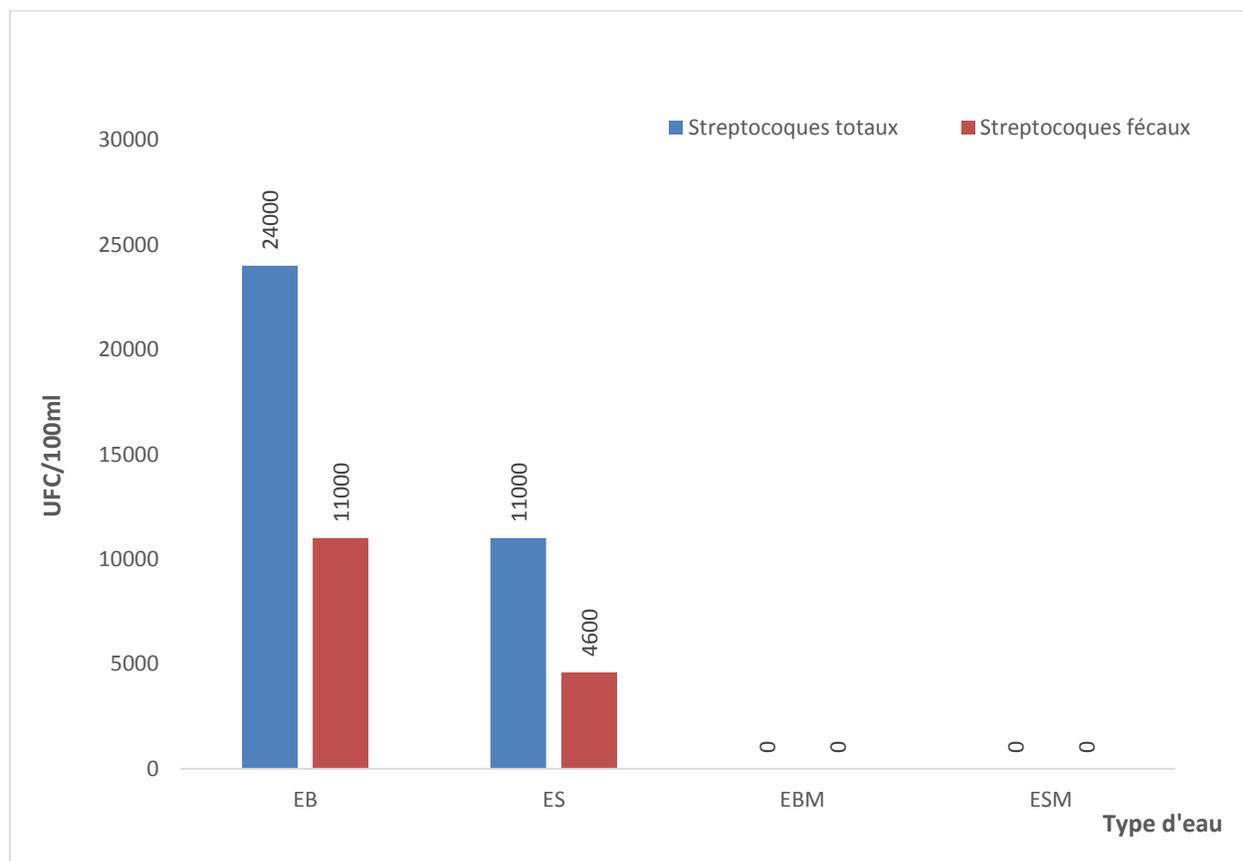


Figure 36 : Estimation des Streptocoques totaux(ST) et Streptocoques fécaux (SF) dans l’eau de la station d’Iben Ziad avant et après ajout de la graine de *Moringa Oleifera*. EB : Eau Brute, ES : Eau de Sortie, EBM : Eau Brute traitée avec le Moringa, ESM : Eau Sortie traitée avec le Moringa.

Les analyses montrent des concentrations assez élevées à l’entrée de la STEP (2.4×10^4 UFC /100 ml) pour les streptocoques totaux tandis que pour streptocoques fécaux les résultats sont inférieure oscillant autour d’une valeur de l’ordre de 1.1×10^4 UF C/100 ml d’eau brute. Ces concentrations tendent à diminuer après traitement enregistrant un taux d’abattement de l’ordre de 54.16 % et de 58.18 % pour les streptocoques totaux et fécaux respectivement (Figure 36). Ces

valeurs sont conformes avec ceux de **Boufercha et Benmalek (2017)** pour la station d'Iben Ziad de Constantine.

Toutes fois, le traitement par les graines de *Moringa oleifera* arbore l'élimination totale de ces germes, ainsi les taux d'abattement sont de 100% (**annexes 13**). Ces résultats concordent avec les travaux de **Kabore et al. (2013)** qui ont signalé une élimination supérieure oscillant entre 94-100%.

Les streptocoques fécaux des eaux usées épurées analysés par la STEP ont une valeur qui dépasse les normes prescrites par la FAO et l'OMS (**annexe 04**). Afin de corriger ce paramètre il est nécessaire de procéder à une désinfection pour que ces eaux usées traitées soient réutilisée en irrigation. D'autre part, le taux des streptocoques fécaux des eaux traitées par les graines de *Moringa oleifera* sont conformes aux normes prescrites par la FAO et l'OMS (**annexe 04**), ces eaux serait alors acceptables dans le cas d'une réutilisation.

3.4. *Clostridium* sulfito-réducteurs

Tableau 09 : Dénombrement du nombre de *Clostridium* sulfito-réducteurs.

	Eau brute (EB)	Eau de sortie (ES)	Eau Brute traitée par Moringa (EBM)	Eau de Sortie traitée par Moringa (ESM)
<i>Clostridium</i> sulfito-réducteurs (spores /20ml)	Innombrable	Innombrable	0	0

Les *Clostridium* sulfito-réducteurs sont souvent considérés comme des témoins de pollution fécale ancienne ou intermittente. Leur permanence marque la défaillance en un point donné du processus de filtration naturelle (**Armand 1996**).

Les résultats du dénombrement montrent que la teneur en *Clostridium* sulfito-réducteurs est très élevée que ce soit à l'entrée du système d'épuration ou à sa sortie (**tableau 09**). Ces valeurs

sont proches de celles de **Boufercha et Benmalek (2017)** et de **Fercha et Debchi Mouna (2018)** pour la même station.

D'après **Dellaras (2010)** ces valeurs élevées sont dues à la capacité de ces germes à résister aux conditions environnementales difficiles. En outre, **Wéry et al. (2009)** et **Wen et al. (2010)** ont suggéré que la dispersion environnementale des *Clostridiaceae* par les effluents des STEP est très significative en raison de la capacité de ces bactéries à produire des spores qui résistent aux conditions environnementales difficiles.

Les résultats des deux types d'eau traités par les graines de *Moringa oleifera*, ont démontré l'élimination totale de ces spores, on a enregistré un taux d'abattement de 100% (**annexe 14**). Il est à noter que, dans la littérature scientifique, on n'a pas trouvé d'études sur l'effet des graines de *Moringa oleifera* sur la réduction des *Clostridium* sulfito-réducteurs.

Conclusion

Conclusion

L'objectif principal de ce travail est d'évaluer le potentiel de germination et d'adaptation du *Moringa oleifera* dans la région de Constantine ainsi que d'étudier les performances épuratoires des graines de Moringa vis-à-vis de quelques paramètres physico-chimiques et bactériologique des eaux usées brutes arrivant à la station d'épuration de la STEP Iben Ziad de la commune de Constantine.

Les résultats montrent que les graines scarifiées commencent à être disponibles dès le 5^{ème} jour après semis. Au bout du 15^{ème} les graines scarifiées restent en tête pour un taux très élevé 96.66%. Les pré-trempées 72h viennent en deuxième position 80%, suivie des pré-trempées 48h et 24h avec des taux respectifs assez proches de 70% et 63.33%, en dernière position viennent les graines témoins avec un taux de 53.33%. Les essais menés sur les différents prétraitements, nous ont permis de conclure que la scarification est le meilleur prétraitement des graines ; elle influence positivement sur la vitesse et le pourcentage de germination, les résultats obtenus en matière de germination et croissance sont encourageants.

Les résultats des analyses de l'eau usée et traitée par la STEP avec les graines de *Moringa oleifera* ont indiqué des taux d'abattement supérieurs, pour la turbidité, la conductivité, la salinité et le pH, comparativement à l'eau usée traitée par la STEP. Les valeurs répondent aux normes algériennes, de la FAO et de l'OMS pour l'utilisation de ces eaux dans l'irrigation.

Les résultats des analyses bactériologiques montrent que les eaux brutes sont fortement polluées avec des taux élevés en germes recherchés : 4.4×10^9 UFC/ml en germes totaux, 2.4×10^4 UFC/100ml en coliformes totaux et streptocoques totaux et 1.1×10^4 UFC/100ml en coliformes fécaux, *Escherichia coli* et streptocoques fécaux ainsi que la présence des *Clostridium* sulfito-réducteurs.

Les eaux épurées révèlent une diminution appréciable. Cependant, ces valeurs restent supérieures aux normes algériennes, de la FAO et de l'OMS. Les eaux traitées par les *Moringa oleifera* attestent une réduction significative de 99% en germes totaux, 96 % en coliformes totaux et 98 % en coliformes fécaux, avec une absence totale des *Escherichia coli*, streptocoques et *Clostridium* sulfito-réducteurs. Ces valeurs répondent aux normes Algériennes, de la FAO et de l'OMS recommandées pour l'utilisation de ces eaux dans l'irrigation.

Conclusion

Bien que l'efficacité du traitement soit en fonction de la qualité initiale de l'eau ; le traitement à l'aide du Moringa permet une nette amélioration de la qualité des eaux. Ces résultats nous ont permis de confirmer l'hypothèse selon laquelle il est possible d'utiliser ces graines dans les traitements des eaux pour des fins d'irrigation.

De tels résultats pourraient encourager les agriculteurs de la région de Constantine à introduire cette nouvelle plante et orienter son utilisation dans les processus de purification des eaux, ce qui pourrait probablement réduire le coût élevé des systèmes de traitement des eaux actuels.

Il serait également judicieux de :

- ❖ Étendre la recherche sur le plan parasitologiques, mycologique et virologique ainsi que de faire une purification des éléments bioactifs responsables de l'effet désinfectant.
- ❖ Connaître les vertus et les usages potentiels des différentes parties du Moringa pourrait contribuer à résorber les carences alimentaires en nutriments essentiels, prévenir certaines maladies de civilisation aussi bien qu'à fertiliser les sols ou stimuler la croissance des plantes cultivées.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- **Abdellatif H** (2006) Traitement des eaux "traitement de l'eau de source bousfer Oran ».Mémoire de Licence. Université des Sciences et de la Technologie (Oran). 35p.
- **Abd-Rabou A. A, Zoheir K. M, Kishta M. S, Shalby A. B, & Ezzo M. I** (2016) Nano-micelle of *Moringa oleifera* seed oil triggers mitochondrial cancer cell apoptosis. Asian Pacific journal of cancer prevention: APJCP 17:4929-4933.
- **Albani J.R** (2001) Absorption et fluorescence .Paris. Tec et Doc
- **Albuquerque Costa R, Sousa O. V. D, Hofer E, Mafezoli J, Barbosa F. G, & Vieira R** (2017) Thiocarbamates from *Moringa oleifera* Seeds Bioactive against Virulent and Multidrug-Resistant Vibrio Species. BioMed research international.1-6 p.
- **Al-Malki A. L , & El Rabey H. A** (2015) The antidiabetic effect of low doses of *Moringa oleifera* Lam. seeds on streptozotocin induced diabetes and diabetic nephropathy in male rats. BioMed research international.1-13p.
- **Anwar F Latif S, Ashraf M & Gilani A. H** (2007) *Moringa oleifera*: a food plant with multiple medicinal uses. Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives 21: 17-25. .
- **Archibald F** (2000) The presence of coliform bacteria in Canadian pulp and paper mill water systems—a cause for concern?. Water Quality Research Journal 35:1-22.
- **Armand L** (1996) Mémento technique de l'eau. Edition : Tec et Doc. Paris.
- **Armand L** (1996) Mémento technique de l'eau. Edition : Tec et Doc. Paris.
- **Aruna M & Srilatha N** (2012) Water clarification using *Moringa oleifera* Lam. seed as a natural coagulant. Current Biotica 5:472-486.
- **Asrafuzzaman M, Fakhruddin A. N. M, & Hossain M. A** (2011) Reduction of turbidity of water using locally available natural coagulants. ISRN microbiology 2011:1-6.
- **Belgiorno V, Rizzo L, Fatta D, Della Rocca C, Lofrano G, Nikolaou A, & Meric S** (2007) Review on endocrine disrupting-emerging compounds in urban wastewater: occurrence and removal by photocatalysis and ultrasonic irradiation for wastewater reuse. Desalination 215: 166-176.
- **Belhamadi M** (2011) Etude de la biodégradation du 2,4-dichlorophénicol par le macrobiote des effluents d'entrée et de sortie de la station d'épuration des eaux usées d'Ibn Ziad. Mémoire

Références bibliographiques

- de Magister en Microbiologie appliquée et biotechnologies microbiennes. Université Mentouri-Constantine. 18p.
- **Bello H** (2010) Essai d'incorporation de la farine de feuilles de *Moringa oleifera* dans l'alimentation chez les poulets indigènes du Sénégal : Effets sur les performances de croissance, les caractéristiques de la carcasse et le résultat économique. Thèse pour obtenir le grade de docteur. Université de Dakar.14p.
 - **Benkaddour N** (2016) Contribution à l'étude de l'efficacité de la graine de *Moringa oleifera* dans la dépollution des eaux d'oued Safsaf. Mémoire d'ingénieur d'état en Agroforesterie. Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen.26p.
 - **Besse F** (1996) L'arbre du mois : *Moringa oleifera* LAM. Le Flamboyant 40 :4-7.
 - **Bitton G** (2005) Wastewater microbiology. Third edition. Department of Environmental Engineering Sciences. L'universite de Florida. USA.25p
 - **Bouarroud J. S, & Dhaou-El-Djabine K** (2015). Évaluation de la qualité des eaux d'irrigation des oueds : Rhumel et Boumerzoug(Constantine).Revue LJEE, (24&25) 35-44.
 - **Boufercha O, & Benmalek S** (2017) Evaluation des paramètres physico-chimiques et bactériologiques des eaux usées de la station d'épuration d'Ibn Ziad et recherche de *Vibrio cholerae*. Mémoire en Microbiologie Générale et Biologies Moléculaire des Microorganismes .Université des Frères Mentouri Constantine. 30p.
 - **Bourai E. k, &Guelmani –Ziani F** (2015) Activité antioxydante d'extraits de graines d'intérêt nutritionnel et médicinal : *Moringa oleifera*. Mémoire de Master en sciences alimentaires. Université A. MIRA – Béjaia.6p.
 - **Bourou S, & Braconnier S** (2010) Effets du pré-trempage des graines sur l'évolution de quelques paramètres agro physiologiques de deux variétés locales de niébé (*Vigna unguiculata* [L.] Walp. Agronomie Africaine 22 :65-76 .
 - **Boussa A, & Mermat S** (2014) Utilisation des Eaux Usées Epurées de la STEP de Boumerdés en Irrigation. Mémoire de Master en Génie de l'environnement. Université M'Hamed Bougara Boumerdes.20p.
 - **Broin M** (2005) Composition nutritionnelle des feuilles de *Moringa oleifera*. Centre Technique de CoopÄration Agricole et rurale (CTA) – ACP-UE. 5 p.
 - **Buarroudj S, & Dhaou-El-Djabine K** (2015) Evaluation de la qualité des eaux d'irrigation des oueds : Rhumel et Boumerzoug (Constantine). Revue LJEE, (24&25) 35-44.

Références bibliographiques

- **Candelas-Cadillo M, Aguilera-Ortíz M, & Sierra-Campos E** (2017) Utility of milk coagulant enzyme of *Moringa oleifera* seed in cheese production from soy and skim milks. *Foods* 6:1-15.
- **Crosaz Y** (1995) Lutte contre l'érosion des terres noires en montagne méditerranéenne .Connaissance du matériel végétal herbacé et quantification de son impact sur l'érosion .Thèse pour obtenir le grade de docteur. Université de droit, d'économie et des sciences-Aix-Marseille III.40p.
- **Dalichaouche M, & Bouchama H** (2018) Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux brutes et traitées des stations d'épuration Ibn Ziad (Constantine) et Ferdjioua (Mila). Mémoire de Master en Ecologie fondamentale et appliquée. Université des Frères Mentouri Constantine. 22p.
- **Delarras C** (2010) Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux. Ed TEC et DOC/ Lavoisier. Paris. p 108.
- **Delarras C** (2014). Pratique en microbiologie de laboratoire Recherche de bactéries et de levures-moisissures. Ed TEC et DOC/ Lavoisier. Paris. p 209.
- **Eddabra R** (2011) Evaluation de la contamination bactériologique des eaux usées des stations d'épuration du Grand Agadir : Isolement, caractérisation moléculaire et antibiorésistance des espèces du genre *Vibrio*. Thèse de doctorat en microbiologie. Université Ibn Zohir et Université de Strasbourg (Agadir). 34- 38p.
- **Egbuikwem P. N, & Sangodoyin A. Y** (2013) Coagulation efficacy of *Moringa oleifera* seed extract compared to alum for removal of turbidity and *E. coli* in three different water sources. *European International Journal of Science and Technology* 2: 13-20.
- **Emmanuel S. A, Emmanuel B. S, Zaku S. G, & Thomas S. A** (2011) Biodiversity and agricultural productivity enhancement in Nigeria: application of processed *Moringa oleifera* seeds for improved organic farming. *Biol. J. N. Am* 2: 867-871.
- **Fercha C, & Debchi M** (2018) L'évaluation de La qualité microbiologique d'oued Rhumel (Willaya de Constantine). Mémoire de Master en Microbiologie Appliquée. Université Larbi Ben Mhidi Oum El Bouaghi. 20-22 p.
- **Foidl N, Makkar H, & Becker K** (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 2001.1-20 p.

Références bibliographiques

- **Frah H, & Bouzad, H** (2018) Evaluation de l'effet antibactérien et antiparasitaire des graines de *Moringa oleifera* dans le domaine de traitement des eaux usées. Mémoire de Magister en Microbiologie appliquée. Université Djilali Bounaama Khemis Miliana 3: 27-29.
- **Freire J. E, Vasconcelos I. M, Moreno F. B, Batista A. B, Lobo M. D, Pereira M. L, & Oliveira J. T** (2015) Mo-CBP3, an antifungal chitin-binding protein from *Moringa oleifera* seeds, is a member of the 2S albumin family. PLoS One 7:10-24.
- **Fuglie L** (2001). Le Moringa : une arme dans la lutte contre la malnutrition. Church World Service, Bureau Régional de l'Afrique de l'Ouest. Disponible sur : <http://www.moringanews.org>. Consulté le 25/05/2019.
- **Fuglie L. J, & Sreeja K. V** (2001) Cultivation of Moringa. The Miracle Tree 2:123-128.
- **Gopalakrishnan L, Doriya K, & Kumar D. S** (2016) *Moringa oleifera*: A review on nutritive importance and its medicinal application. Food science and human wellness 5:49-56.
- **Hamaidi M, & Kais H** (2016) Evaluation de la charge en pathogènes et de la microfaune dans les eaux de l'effluent brute et traité rejeté dans un milieu récepteur : cas de la station d'épuration de Médéa. Larhyss Journal 26 :183-208.
- **Hédji C. C, Gangbazo D. K, Houinato M. R, & Fiogbé E. D** (2014) Valorisation de Azolla spp, *Moringa oleifera*, son de riz, et de co-produits de volaille et de poisson en alimentation animale : synthèse bibliographique. Journal of Applied Biosciences 81 :7277-7289.
- **ISO 5667-1** (2006) Qualité de l'eau -Échantillonnage -Partie 1. Lignes directrices pour la conception des programmes et des techniques d'échantillonnage. Deuxième édition . Florida. p 40.
- **ISO 6222** (1999) Qualité de l'eau – Dénombrement des microorganismes revivifiables – Comptage des colonies par ensemencement dans un milieu de culture nutritif gélosé. Florida. p 45
- **ISO 9308-2** (2012) Water quality: Enumeration of Escherichia coli and coliform bacteria, Part 2. Most probable number method. Deuxième édition. Florida. p 50.
- **Jahn S. A. A** (1988) Chemotaxonomy of flocculating plant materials and their application for rural water purification in developing countries. Symbolae Botanicae Upsalienses (Sweden) 28:144-209.

Références bibliographiques

- **Jaja-Chimedza A, Graf B. L, Simmler C, Kim Y, Kuhn P, Pauli G. F, & Raskin I** (2017) Biochemical characterization and anti-inflammatory properties of an isothiocyanate-enriched *Moringa (Moringa oleifera)* seed extract. PloS one, 12:1-21.
- **James A, & Zikankuba V** (2017) *Moringa oleifera* a potential tree for nutrition security in sub-Sahara Africa. Am J Res Commun 5 : 1-14.
- **Jideani V. A, & Diedericks C. F** (2014) Nutritional, therapeutic, and prophylactic properties of *Vigna subterranea* and *Moringa oleifera*. In Antioxidant-antidiabetic agents and human health. IntechOpen 188-206.
- **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 : 209-220.
- **Kadhim E. J, & AL-Shammaa D. A** (2014) Phytochemical characterization using GC-MS analysis of methanolic extract of *Moringa oleifera* (Family Moringaceae) plant cultivated in Iraq. Chem Mater Res 6: 9-26.
- **Kaki M, & Mimouni A** (2018) Essai de production de *Moringa oleifera* pour une éventuelle amélioration de la ration alimentaire. Mémoire de Master en sciences agronomiques .Université Kasdi Merbah Ouargla.6p.
- **Kathryn W, Tosney Ph.D, Pearson D** (2012)*Moringa oleifera*. The Gifford Arboretum Newsletter 3:128-133.
- **Khawaja T. M , Tahira M , Ikram U.H** (2010) *Moringa oleifera*: a natural gift-A review. Journal of Pharmaceutical Sciences and Research 2: 775.
- **Kokou K, Joët T, Broin M, & Aïdam A** (2001) Recherches sur la culture de *Moringa oleifera* Lam. au Togo. Cahiers Agricultures 10 : 131-133.
- **Laleye O. A. F, Ahissou H, Olounlade A. P, Azando E. V. B, & Laleye A** (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). International Journal of Biological and Chemical Sciences 9 :2682-2700.
- **Leone A , Spada A, Battezzati A, Schiraldi A , Aristil J , & Bertoli S** (2016) *Moringa oleifera* seeds and oil: Characteristics and uses for human health. International Journal of Molecular Sciences: 17: 214-228.

Références bibliographiques

- **Loukil D** (2017) Les expériences agricoles d'une association de femmes rurales Safran, Moringa, pleurotes gris poussent à Oran. Disponible sur : <https://www.liberte-algerie.com/>. Consulté le 25/05/2019.
- **Louni S.** (2009) Extraction et caractérisation physico-chimique de l'huile de graines de *Moringa oleifera*. Magister en Sciences Agronomique. Ecole Nationale Supérieure Agronomique El-Harrach.50p.
- **Manceur Y, & Djaballah S** (2016). Analyse microbiologique de l'eau distribuée dans la ville de Tébessa. Mémoire de Magister en Microbiologie appliquée à la santé et l'environnement. Université Larbi Tébessi – Tébessa.30p.
- **Marie W** (2015) Étude d'opportunité du développement de la filière *Moringa oleifera* dans la région de Toliara. RAPPORT DE STAGE. Sup Agro. 92p.
- **Mbikay M** (2012) Therapeutic potential of *Moringa oleifera* leaves in chronic hyperglycemia and dyslipidemia: a review. *Frontiers in pharmacology* 3: 24.
- **Messaoud A** (2019) **Le Courrier** : Culture de la Moringa à Béchar, réussite des essais à Tabelbala (Béchar). Disponible sur : <http://lecourrier-dalgerie.com/>. Consulté le 25/05/2019.
- **Messaoudene A** (2018) Utilisation d'extrait de *Moringa oleifera* dans un emballage comestible. Mémoire de Master en sciences alimentaires. Université A. MIRA – Béjaia.3p.
- **Millogo-Koné H, Kini B. F, Yougbaré Z, Yaro M. B, & Sawadogo M** (2012) Etudes de la phytochimie et de l'activité antimicrobienne in vitro des feuilles de *Moringa oleifera* (Moringaceae). *Pharmacopée et médecine traditionnelle africaine*. 16p.
- **Mouffok F** (2008) *Le cours national d'hygiène et de microbiologie des eaux de boisson. Manuel des travaux pratique des eaux. Institut Pasteur d'Algérie*. 53p.
- **Nand V, Maata M, Koshy K, & Sotheeswaran S** (2012) Water purification using *Moringa oleifera* and other locally available seeds in Fiji for heavy metal removal. *International Journal of Applied* 2 :1258-129.
- **Neto J. X , Pereira M. L, Oliveira J. T, Rocha-Bezerra L. C, Lopes T. D, Costa H. P, & Monteiro-Moreira A. C. O** (2017) A Chitin-binding protein purified from *Moringa oleifera* seeds presents anticandidal activity by increasing cell membrane permeability and reactive oxygen species production. *Frontiers in Microbiology* 8: 980-985.
- **NFT 90-415** (1985) Qualité de l'eau -Échantillonnage -Partie 1. Lignes directrices pour la conception des programmes et des techniques d'échantillonnage. Première édition.Paris.60p.

Références bibliographiques

- **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* 40:2018-2026.
- **Njehoya C. A, Bourou S, Awono P. K, & Bouba H** (2014). Évaluation du potentiel de germination de *Moringa oleifera* dans la zone soudano-guinéenne du Cameroun. *Journal of Applied Biosciences* 74 : 6141-6148
- **OMS** (2012) directives OMS pour l'utilisation sans risque des eaux usées, des excréta et des eaux ménagères, volume I, utilisation des eaux usées en agriculture. 22p.
- **Paikra B. K** (2017) Phytochemistry and pharmacology of *Moringa oleifera* Lam. *Journal of pharmacopuncture* 200: 194-200.
- **Parrotta J. A** (2009) *Moringa oleifera* LAM., 1785. ENZYKLOPÄDIE DER HOLZGEWÄCHSE– 40. Erg. Lfg ,6 p.
- **Pise C. P, & Halkude S. A** (2015) A new technique for purification of water using natural coagulant. *International Journal of Engineering and Technology* 6: 2564-2572
- **Price M.L** (2007) Le Moringa .Note technique –ECHO (revue en 2000, en 2002 et en 2007).22p.
- **Ramachandran C, Peter K. V, & Gopalakrishnan P. K** (1980). Drumstick (*Moringa oleifera*): a multipurpose Indian vegetable. *Economic botany*, 34 : 276-283.
- **Ramade F** (2005) Elément d'écologie. 6ème édition. Dunod. Paris.45p.
- **Ravikumar K, & Sheeja A. K** (2013) Heavy metal removal from water using *Moringa oleifera* seed coagulant and double filtration. *International Journal of Scientific & Engineering Research* 4:10-13.
- **Rodier J** (1996).Analyse De L'eau (Eau Naturelles, Eaux Résiduaire, Eau De Mer). 8^{ème} Edition. Paris.120p
- **Rodier J** (2005). L'analyse de l'eau naturelle, eaux résiduaire, eaux de mer.8ème Edition DUNOD technique. Paris.150p
- **Roloff A, Weisgerber H, Lang U, & Stimm B** (2009) *Moringa oleifera* LAM., 1785. Sea.Enzyklopädie der Holzgewächse, Handbuch und Atlas der Dendrologie10:1-8.
- **Saini R. K, Sivanesan I, & Keum Y. S** (2016) Phytochemicals of *Moringa oleifera*: a review of their nutritional, therapeutic and industrial significance. *3 Biotech* 6:203.
- **Saint Sauveur A. D, & Broin M** (2010) Growing and processing Moringa leaves.

Références bibliographiques

- **Salem H. B, & Makkar H. P. S** (2009). Defatted *Moringa oleifera* seed meal as a feed additive for sheep. *Animal Feed Science and Technology* 150 : 27-33.
- **Sari H** (2014). Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source «Attar » (Tlemcen). Master en science des aliments .Université Abou-Bekr Belkaid Tlemcen.5p.
- **Songre-Ouattara L. T, Gorga K, Bationo F, Savadogo A, & Diawara B** (2016) Utilisation du Moringa, de la spiruline, de la patate douce à chair orange et d'un complexe minéral et vitaminique dans la fabrication de biscuits de sorgho enrichis destinés aux jeunes enfants. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 10 :1651-1665.
- **Verhille S** (2013) Les indicateurs microbiens dans l'évaluation de l'eau potable : interpréter les résultats de laboratoire et comprendre leur signification pour la santé publique. Centre de collaboration nationale en santé environnementale 1-13.
- **Verma S. C, Jain C L, Nigam S, & Padhi M. M** (2013) Rapid extraction, isolation, and quantification of oleanolic acid from *Lantana camara* L. roots using microwave and HPLC-PDA techniques. *Acta Chromatographica* 25: 181-199.
- **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.
- **Von Sperling M** (2007) Wastewater characteristics, treatment and disposal. IWA publishing.London.194p.
- **Wen Q, Tutuka C, Keegan A, & Jin B** (2009) Fate of pathogenic microorganisms and indicators in secondary activated sludge wastewater treatment plants. *Journal of environmental management* 90: 1442-1447.
- **Wéry N, Monteil C, Pourcher A. M, & Godon J. J.** (2010). Human-specific fecal bacteria in wastewater treatment plant effluents. *Water research* 44 : 1873-1883.
- **Yang R. Y, Chang L. C, Hsu J. C, Weng B. B, Palada M. C, Chadha M. L, & Levasseur V** (2006) Nutritional and functional properties of Moringa leaves–From germplasm, to plant, to food, to health. *Moringa leaves: Strategies, standards and markets for a better impact on nutrition in Africa.* 1-9p.

Annexes

Annexe 01

La composition des milieux de culture et réactifs.

- **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	7.3g

- **Milieu BCPL (Bouillon Lactosé au Pourpre de Bromocrésol) (g/l).**

BCPL	S/L	D/L
Peptone de caséine	1	2
Extrait de viande	7	14
Lactose	5	10
BCP1%	0.03	0.06
Extrait de levure	/	5
Bile salt	/	3
Agar	/	18
pH		6.7

Suite Annexe 01

Milieu de Rothe (Bouillon Glucosé à l'azide de sodium)(g/l).

Rothe	S/L	D/L
Peptone de caséine	20	40
Extrait de viande	1.5	3
Glucose	4	8
Chlorure de sodium	5	10
Phosphate dipotassique	2.7	5.4
Phosphate monopotassique	2.7	5.4
Azide de sodium	0.2	0.4
pH		6.9

• Milieu VF (Viande –Foie) (g/l).

Base viande foie	30.0g
D glucose	2.0g
Amidon	2.0g
Agar	20g
pH	7.6

• Milieu d'Eva Litsky (g/l).

Peptone	20
Glucose	35
NaCl	5
Monohydrogenophosphate de potassium	2.7
Dihydrogenophospahte de potassium	2.7
Azide de sodium	0.3
Ethyl violet	0.0005
Eau distillé	1000ml

• Réactif d'ERILITH-KOVACS

Paraméthylamine- benzoaldihyde	3à5
Alcool isoamylique	75ml

Annexe 02

Dénombrement en milieu liquide : méthode du Nombre le Plus Probable (NPP)

Exemple : Dénombrement des Coliformes en BLBVB + cloche à 30 °C Tube + = tube présentant de la culture et du gaz					
Dilutions	10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴
Groupement des résultats	+++	+++	++-	+--	---
Nombre correspondant	3	3	2	1	0

- Grouper en nombre de 3 chiffres la suite des chiffres obtenue, en commençant par le chiffre obtenu pour la plus faible dilution. Dans l'exemple : 332, 321, 210.
- Choisir le nombre le plus grand possible et si possible inférieur à 330 (car cela correspond à une meilleure répartition dans les dilutions).
- Lire la valeur correspondante n dans la table.

En déduire :

$$C \text{ bactéries} = \frac{n}{\text{valeur de la dilution correspondant au premier chiffre}}$$

Dans l'exemple : choisir 321, n = 15 dans la table d'où C = 15/10⁻¹ = 150 conformes par cm³.

Annexe 03 Calcul de NPP

Table de Mac Grady pour 3 séries de 3 tubes.

Nombre de tubes positifs	Nombre de germes/100ml	Nombre de tubes positifs	Nombre de germes/100ml
001	3	300	23
10	3	301	39
100	4	302	64
101	7	310	43
110	7	311	75
111	11	312	120
120	11	320	93
200	9	321	150
201	14	322	210
210	15	330	240
211	20	331	460
220	21	332	1100
221	28	333	>2400

Annexe 04

Normes de réutilisation des eaux usées épurées en irrigations

Paramètres	Unité	Normes		
		FAO *(1985)	OMS **(1989)	JORA(2012)
pH		6,5-8,4 *		6,5-8,5

CE	ds/m	<0,7 * Aucune restriction 0,7 – 3,0 * restriction légère à modérée > 3,0 * Forte restriction		3
MES	mg/l	<30**		30
DCO	mg O ₂ /l	< 40 **		90
DBO ₅	mg O ₂ /l	<10 **		30
NO ₃ ⁻	mg/l	50 **		30
NO ₂ ⁻	mg/l	< 1 **		Non disponible
NH ₄ ⁺	mg/l	< 2 **		Non disponible
PO ₄ ³⁻	mg/l	<0,94 **		Non disponible
SAR	meq/l	<3* Aucune restriction 3-9* restriction légère à modérée >9* Forte restriction		Non disponible
Coliformes totaux	UFC/100ml	Non disponible		Non disponible
Streptocoque fécaux	UFC/100ml	1000 **		Non disponible
Salmonelles	UFC/ 1L	Absence **		Non disponible

Arrêté interministériel correspondant au 2 janvier 2012 fixant les spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation, paramètres microbiologique

Groupe de cultures	Paramètres microbiologiques	
	Coliformes fécaux UFC /100ml moyenne géométrique	Nématodes intestinales œufs/ l moyenne arithmétique
Irrigation non restrictive Culture de Produits pouvant être consommés crus	100	absence
Légumes qui ne sont consommés que cuits Légumes destinés à la conserverie ou à la transformation non alimentaire	250	0.1
Arbres fruitiers ^① Cultures et arbustes fourragers ^② Cultures céréalière Cultures industrielles ^③ Arbres forestiers Plantes florales et ornementales ^④	Seuil recommande 1000	1
Cultures du groupe précédant UFC /100 ml utilisant l'irrigation localisées ^⑤ ^⑥	Pas de normes recommandées	Pas de normes recommandées

**Arrêté interministériel correspondant au 2 janvier 2012 fixant les
spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation,
paramètres physicochimique**

	PARAMETRES	UNITÉ	CONCENTRATION MAXIMALE ADMISSIBLE
Physiques	pH	-	$6.5 \leq \text{pH} \leq 8.5$
	MES	mg/l	30
	CE	ds/m	3
	Infiltration le SAR = $\sigma \cdot 3 \text{ CE}$		0.2
	3 - 6		0.3
	6 - 12	ds/m	0.5
	12 - 20		1.3
	20 - 40		3
Chimiques	DBO5	mg/l	30
	DCO	mg/l	90
	CHLORURE (Cl)	meq/l	10
	AZOTE (NO ₃ - N)	mg/l	30
	Bicarbonate (HCO ₃)	meq/l	8.5
Eléments toxiques (*)	Aluminium	mg/l	20.0
	Arsenic	mg/l	2.0
	Béryllium	mg/l	0.5
	Bore	mg/l	2.0
	Cadmium	mg/l	0.05
	Chrome	mg/l	1.0
	Cobalt	mg/l	5.0
	Cuivre	mg/l	5.0
	Cyanures	mg/l	0.5
	Fluor	mg/l	15.0
	Fer	mg/l	20.0
	Phénols	mg/l	0.002
	Plomb	mg/l	10.0
	Lithium	mg/l	2.5
	Manganèse	mg/l	10.0
	Mercure	mg/l	0.01
	Molybdène	mg/l	0.05
	Nickel	mg/l	2.0
	Sélénium	mg/l	0.02
	Vanadium	mg/l	1.0
Zinc	mg/l	10.0	

Annexe 5

Résultats de l'analyse de variance au seuil 5%, pour la variable potentiel hydrogène (pH)

Source	ddl	Sommes des Carrés	Valeur F	Valeur de p
Type d'eau	3	0,10697	19,02	0,001
Erreur	8	0,01500		
Total	11	0,12197		

Moyenne, écart type et groupes homogènes pour la variable potentiel hydrogène (pH)

Type d'eau	N	Moyenne	Ecart Type	Groupes
EB	3	7,9333	0,0416	A
EBM	3	7,7867	0,0321	B
ES	3	7,7633	0,0321	B
ESM	3	7,6700	0,0608	C

Ecart type regroupé = 0,0433013.

Les moyennes ne partageant aucune lettre sont significativement différentes.

Annexe 6

Résultats de l'analyse de variance au seuil 5%, pour la variable conductivité

Source	ddl	Sommes des Carrés	Valeur F	Valeur de p
Type d'eau	3	51767	44,06	0,000
Erreur	8	3133		
Total	11	54900		

Moyenne, écart type et groupes homogènes pour la variable conductivité

Type d'eau	N	Moyenne	Ecart Type	Groupes
EB	3	1630,00	10,00	A
ES	3	1606,67	32,1	A
EBM	3	1513,3	5,77	B
ESM	3	1470,0	20,0	C

Les moyennes ne partageant aucune lettre sont significativement différentes.

Ecart type regroupé = 19,7906

Annexe 7

Résultats de l'analyse de variance au seuil 5%, pour la variable salinité

Source	ddl	Sommes des Carrés	Valeur F	Valeur de p
Type d'eau	3	0,18917	37,83	0,000
Erreur	8	0,01333		
Total	11	0,20250		

Moyenne, écart type et groupes homogènes pour la variable conductivité

Type d'eau	N	Moyenne	Ecart Type	Groupes
EB	3	0,8000	0,0000	A
EBM	3	0,5667	0,0577	A
ES	3	0,8000	0,0000	B
ESM	3	0,5333	0,0577	B

Ecart type regroupé = 0,0408248

Les moyennes ne partageant aucune lettre sont significativement différentes.

Annexe 8

Résultats de l'analyse de variance au seuil 5%, pour la variable turbidité

Analyse de variance

Source	ddl	Sommes des Carrés	Valeur F	Valeur de p
Type	3	46671,6	6298,46	0,000
Erreur	8	19,8		
Total	11	46691,4		

Moyenne, écart type et groupes homogènes pour la variable conductivité

Type d'eau	N	Moyenne	Ecart Type	Groupes
EB	3	156,00	2,00	A
EBM	3	13,67	2,08	B
ES	3	19,067	1,102	C
ESM	3	4,667	0,577	D

Ecart type regroupé = 1,57162

Les moyennes ne partageant aucune lettre sont significativement différentes.

Annexe 9

Résultats de l'analyse de variance au seuil 5%, pour la variable des germes totaux.

Analyse de variance

Source	ddl	Sommes des Carrés	Valeur F	Valeur de p
Type	7	5,0175E+19	625,98	0,000
Erreur	16	1,83200E+17		
Total	23	5.03557E+19		

Moyenne, écart type et groupes homogènes pour la variable conductivité

Type d'eau	N	Moyenne	Ecart Type	Groupes
EB 22°C	3	440000000	300000000000	A
EB 37°C	3	24000000	40000000	B
EBM 22°C	3	7400	400	C
EBM 37°C	3	6100	361	C
ES 22°C	3	1800000	100000	C
ES 37°C	3	103.333	5774	C
ESM 22°C	3	20.33	2.52	C
ESM37°C	3	15.000	1.000	C

Ecart type regroupé = 107004679

Les moyennes ne partageant aucune lettre sont significativement différentes

Annexe 10

Résultats de l'analyse de variance au seuil 5%, pour la variable des Coliformes totaux.

Moyenne, écart type et groupes homogènes pour la variable coliformes totaux.

Type d'eau	N	Moyenne	Ecart Type	Groupes
EB	3	24000	0	A
EBM	3	4600	0	C
ES	3	11000	0	B
ESM	3	390.0	0	D

Ecart type regroupé = 0

Les moyennes ne partageant aucune lettre sont significativement différentes.

Annexe 11

Résultats de l'analyse de variance au seuil 5%, pour la variable des coliformes fécaux.

Analyse de variance

Source	ddl	Sommes des Carrés	Valeur F	Valeur de p
Type d'eau	3	22205.025	26356,20	0,000
Erreur	8	22467		
Total	11	222073492		

Moyenne, écart type et groupes homogènes pour la variable coliformes fécaux.

Type d'eau	N	Moyenne	Ecart Type	Groupes
EB	3	11000	0	A
EBM	3	870.0	103.1	C
ES	3	4600	0	B
ESM	3	133.3	20.8	D

Ecart type regroupé = 52.9937

Les moyennes ne partageant aucune lettre sont significativement différentes

Annexe 12

Résultats de l'analyse de variance au seuil 5%, pour la variable des *Escherichia coli*

Source	ddl	Sommes des Carrés	Valeur F	Valeur de p
Type d'eau	3	238995625	2389956.2	0,000
Erreur	8	267	5	
Total	11	23899589		

Moyenne, écart type et groupes homogènes pour la variable conductivité

Type d'eau	N	Moyenne	Ecart Type	Groupes
EB	3	11000	0	A
EBM	3	4600	0	C
ES	3	216.6	11.54	B
ESM	3	0	0	D

Ecart type regroupé = 5,77350

Les moyennes ne partageant aucune lettre sont significativement différentes

Annexe 13

Résultats de l'analyse de variance au seuil 5%, pour la variable des Streptocoque totaux et fécaux.

- **Streptocoque totaux**

Moyenne, écart type et groupes homogènes pour la variable Streptocoque totaux.

Type d'eau	N	Moyenne	Ecart Type	Groupes
EB	3	24000	0	A
EBM	3	11000	0	C
ES	3	4600	0	B
ESM	3	390	0	D

Ecart type regroupé = 0

Les moyennes ne partageant aucune lettre sont significativement différentes

- **Streptocoque fécaux**

Moyenne, écart type et groupes homogènes pour la variable Streptocoque fécaux

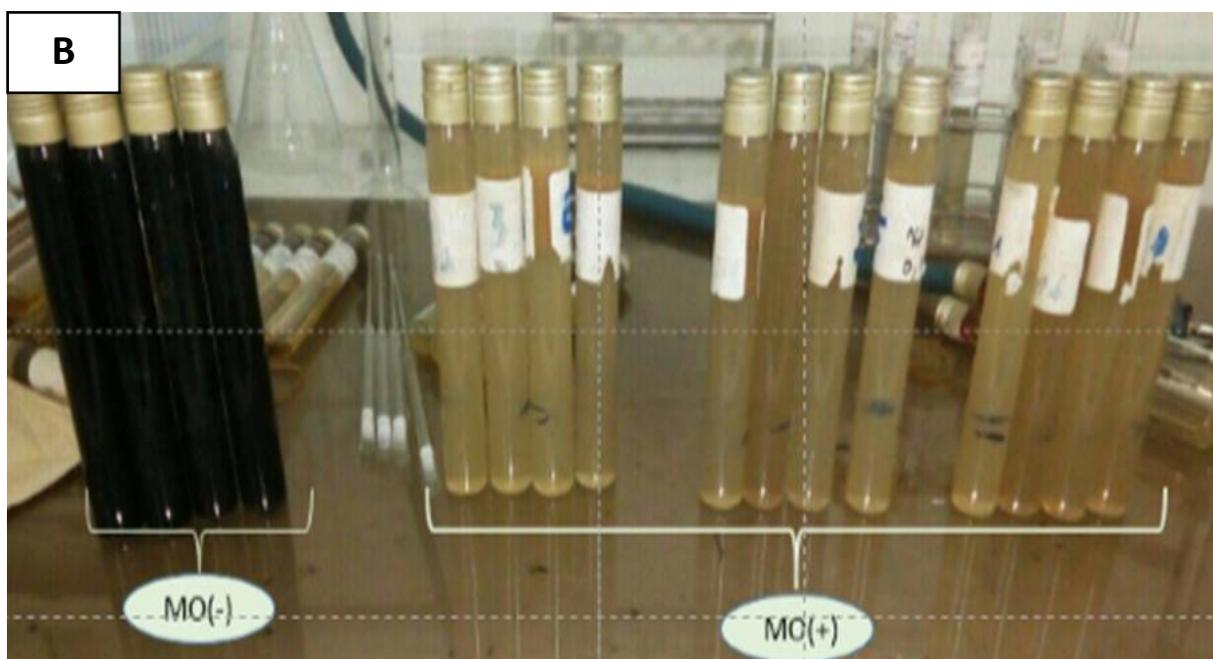
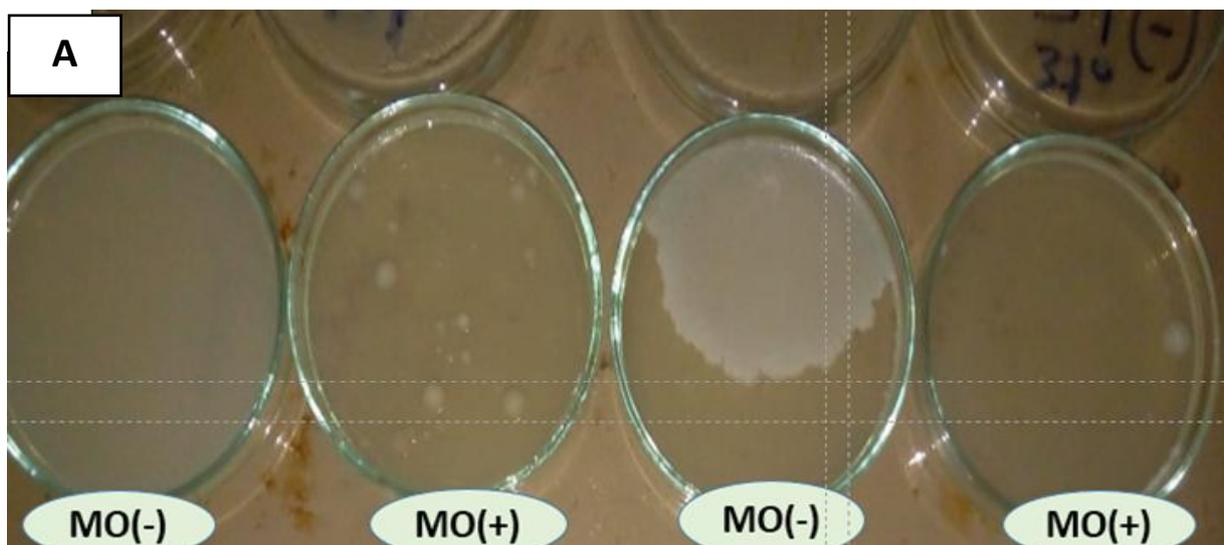
Type d'eau	N	Moyenne	Ecart Type	Groupes
EB	3	11000	0	A
EBM	3	4600	0	C
ES	3	0	0	B
ESM	3	0	0	D

Ecart type regroupé = 0

Les moyennes ne partageant aucune lettre sont significativement différentes

Annexe 14

La recherche des : Germes totaux, Coliformes totaux, fécaux et E.coli, Streptocoques totaux et fécaux et *Clostridium* sulfito-réducteurs.



Démonstrations des quelques dénombrement des Germes totaux (A), Clostridium sulfito-réducteurs (B) de l'eau analysée. . MO (+) en présence du Moringa, MO (-) en absence du Moringa (**Photos prise lors du stage**).



Démonstrations des quelques dénombrement des Coliformes totaux(C), fécaux et E.coli (D) et Streptocoques totaux et fécaux (E) de l'eau analysée. MO (+) en présence du Moringa, MO(-) en absence du Moringa (**Photos prise lors du stage**).

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

Résumé :

La plante *Moringa oleifera* est considérée comme l'un des arbres les plus utiles au monde, elle possède de nombreuses propriétés intéressantes qui lui confèrent un grand intérêt scientifique, elle est décrite comme l'arbre miracle, l'arbre aux mille vertus, l'arbre de vie et le don de Dieu à l'homme.

Dans cet étude, différents traitements ont été testés afin d'évaluer le potentiel germinatif du Moringa ; graines scarifiées, graines trempées dans de l'eau pendant 24h, 48h et 72h, en plus du témoin qui consiste en des graines non prétraitées.

Des analyses physico-chimiques et bactériologiques ont été effectuées sur quatre type d'eau : des eaux usées brutes arrivant à la station d'épuration de la STEP Iben Ziad de Constantine, 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 obtenus montrent que la scarification est le meilleur prétraitement, elle influence positivement sur la vitesse et le pourcentage de germination.

Les résultats de l'analyse physico-chimique et bactériologique montrent que les eaux brutes sont fortement polluées. Les eaux épurées révèlent une diminution appréciable des germes totaux, coliformes fécaux et totaux, streptocoques totaux et fécaux, *Escherichia coli* et aucune diminution pour le *Clostridium* sulfite réducteurs., ces valeurs restent supérieures aux normes Algériennes, de la FAO et de l'OMS, ainsi, cette eau ne peut pas être recommandée pour l'irrigation. Les eaux traitées par le Moringa attestent une réduction significative des paramètres physico-chimiques (pH, salinité, conductivité et turbidité), il en est de même pour les paramètres bactériologiques ; la poudre de Moringa présente une efficacité supérieure et très intéressante quant à la diminution de la charge bactérienne en : germes totaux, coliformes totaux et fécaux ; ainsi qu'une élimination totale des : streptocoques totaux et fécaux, *Escherichia coli* et *Clostridium* sulfite réducteurs. Les valeurs répondent aux normes, cette eau pourrait être recommandée pour l'irrigation.

Mots clés : *Moringa oleifera*, germination, eaux usées, station d'épuration, analyses physico-chimiques, analyses bactériologiques.

Laboratoire de recherche : Génétique, Biochimie et Biotechnologies Végétales (GBBV), station d'épuration d'Iben Ziad et laboratoire de SEACO de Ain Smara

Jury d'évaluation :

Président :	<i>BENBELKACEM .Abdelkader</i>	Dr .INRAA- UFM Constantine.
Encadrant :	<i>KACEM. Nadia .Sandra</i>	MCB - UFM Constantine.
Examinatrice :	<i>HAMMOUDA. Dounia</i>	MCA - UFM Constantine.

Date de soutenance : 18 /07/2019