

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة الجيلاي بونعامة خميس مليانة

Université Djilali Bounaama Khemis Miliana

Faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre

Département de Biologie



Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Biologie

Spécialité: Microbiologie appliquée

Thème

Evaluation de l'effet antibactérien et antiparasitaire des graines de ***Moringa oleifera*** dans le domaine de traitement des eaux usées

Présenté par :

- M^{lle} FRAH Houria
- M^{lle} BOUZAD Hakima

Soutenu le 04.juillet.2018, Devant le jury :

<i>Président :</i>	BRAHIMI. S	MAA	U.D.B Khemis Miliana
<i>Promotrice:</i>	DAOUDI. A	MAA	U.D.B Khemis Miliana
<i>Co-promotrice:</i>	LAISSAOUI. A	MAB	U.D.B Khemis Miliana
<i>Examinatrice :</i>	BENSHILA. S	MAB	U.D.B Khemis Miliana
<i>Examinatrice :</i>	AIZA. A	MAB	U.D.B Khemis Miliana

Année universitaire: 2017/2018

Dédicaces

Je dédie ce projet A tous ceux que j'aime, en guise de reconnaissance et de gratitude pour tous les sacrifices qu'ils ont faits et pour toute la patience et la compréhension dont ils ont fait preuve à mon égard et à toutes les personnes qui, à un moment ou un autre, m'ont soutenue et encouragée.

A toutes ces personnes que je ne me risquerai pas à citer de peur d'omettre certains noms.

Спасибо вам за всё

The light at the end of the dissertation, can you see it?

хурия

Dédicaces

*Au nom d'ALLAH le tout miséricordieux, le très miséricordieux " Gloire
à toi nous n'avons de savoir que ce que tu nous as appris, certes c'est toi
l'omniscient, le sage " saint Coran. Sourate 2 - Verset 32*

A ceux qui m'ont tout donné sans rien en retour

*A ceux qui m'ont encouragée et soutenue dans les moments les plus
difficiles*

*A vous mes chers parents Le plus beau cadeau que Dieu puisse faire à
un enfant, pour leur amour et leur support continu*

*Que ce travail soit le témoignage sincère et affectueux de ma profonde
reconnaissance pour tout ce que vous avez fait pour moi*

A mes chères frères ABDENNOUR, AYOUB, TAHA et KHALIL

A ma chère Soeur MAROUA

A ma chère amie NAIMA

A mon binôme, HOURIA et à toute sa famille

HAKIMA

Remerciements

*Tout d'abord, nous tenons à remercier le «**BON DIEU**» le tout puissant de nous avoir accordé patience, courage et volonté afin de réaliser à terme ce modeste travail.*

*Nous avons l'honneur et le plaisir d'exprimer notre profonde Gratitude à **Mme DAOUDI** notre promotrice pour avoir accepté de nous encadrer, pour ses remarques,*

*ses conseils et ses Orientations , notre Co- promotrice **Mme LAISSAOUI** pour le temps et l'attention qu'ils ont bien voulu consacrer au bon déroulement de ce travail.*

*Nous tenons à remercier **Mme Brahimi** de nous avoir fait l'honneur de présider le jury de notre soutenance*

*A **Mme Bensehila** et **Mme Aiza** d'avoir gentillment accepté d'examiner et de juger notre mémoire, qu'ils trouvent ici notre sincère gratitude.*

Nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont grandement contribué à la réalisation de ce travail Nos plus vifs remerciements vont particulièrement à :

-Mr Mokhtar Rahmani Belkacem chef de laboratoire de l'ONA ainsi toute son équipe

-mr Ratta Yacine vice-directeur de l'ONEDD ainsi toute son équipe

-melle Naci F/Z Wassila ingénieur de laboratoire botanique

*-A notre enseignant docteur **AOUN Omar***

Nous tenons également à remercier toutes les personnes qui de près ou de loin ont contribué à la réalisation de ce travail qu'ils trouvent ici notre sincère et profonde gratitude.

HAKIMA ETHOURIA

Résumé

L'objectif principal de ce travail est d'évaluer l'activité antibactérienne et antiparasitaire des graines de *Moringa oleifera* dans le traitement des eaux usées.

Au cours de cette étude, des analyses bactériologiques et parasitologiques ont été effectuées sur trois types d'eau: des eaux usées brutes, des eaux usées épurées, et des eaux usées traitées par les graines de *M. oleifera*.

Les résultats obtenus montrent que les EB sont fortement polluées avec des taux élevés en germes recherchés : germes totaux $3,16 \cdot 10^{12}$ UFC/ ml, des indicateurs de pollution fécale comme les coliformes fécaux et E coli ($9,4 \cdot 10^8$ UFC/ ml, $21 \cdot 10^7$ UFC/ ml), présence des germes pathogènes tels que *Staphylococcus aureus*, *Vibrio sp*, *Pseudomonas aeruginosa*, et des parasites (*Entamoeba histolytica*, *Entamoeba coli* et *Giardia lamblia* et *Ascaris sp*, *Strongyloides sp*, *Trichuris spp*, et *Ankylostoma sp*).

Les EE révèlent une diminution appréciable des germes totaux $51 \cdot 10^5$ UFC/ ml, des coliformes fécaux $65 \cdot 10^3$ UFC/ ml et des helminthes 9 œufs/L. Cependant, ces valeurs restent supérieures aux normes Algériennes et celles de l'OMS. Les résultats obtenus des eaux usées traitées par les *M. oleifera* attestent une réduction significative des germes totaux 47133 UFC/ ml, coliformes fécaux 873 UFC/ ml, avec une absence totale des parasites.

Le taux d'abattement du nombre de GT, CT, CF, SF, CSR, Staphylocoques, kystes de protozoaires et œufs d'helminthes pour les EE était de 99.99%, 99.99%, 99.99%, 93.44%, 87.37%, 62.86%, 85,86 % et 58,02 % respectivement. Tandis que pour les eaux traitées par *M. oleifera*, le taux était de 99.99%, 99.99%, 99.99%, 99.87%, 99.98%, 98.30%, 100% et 100% respectivement.

Mots clés : eaux usées, eaux épurées, station d'épuration, taux d'abattement, analyses microbiologiques, *Moringa oleifera*.

Liste des abbreviations

AINS :	Médicaments anti-inflammatoires non stéroïdiens
CF:	Coliformes fécaux
CT:	Coliformes totaux
<i>C. albicans</i> :	<i>Candida albicans</i>
CMI :	Concentration minimale inhibitrice
CSR :	Clostridium sulfito-réducteur
DBO5 :	Demande biologique en oxygène dans 5 jours
EB :	Eau brute
EE :	Eau épurée
EPEI :	Eau peptonée exempte d'indole
<i>E. coli</i> :	<i>Escherichia coli</i>
FAO :	organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture
gélose GNAB :	Gélose nitritive alcaline biliée
GL :	Les glucosinolates
GT :	Les germes totaux
HbA1c :	Hémoglobine glycosylée
IgA, IgG :	Les immunoglobulines A et G
IL-6 :	Interleukines-6
IL-1 β :	Interleukines-1 β
iNOS :	L'isoforme cytokine-inductible
ITC :	Isothiocyanates
Milieu BCPL :	Bouillon lactose au pourpre de bromocrésol
milieu TSI :	Tri sugar iron
Milieu TGEA :	Tryptone Glucose Extract Agar
Milieu SS agar :	Shigelle-Salmonelle Agar
Mo-CBP3 :	<i>Moringa oleifera</i> -Chiting Bending Protein 3

Mo :	<i>Moringa oleifera</i>
Mon :	Nano-micelle de l'huile de graines de <i>Moringa oleifera</i>
NF-κB :	Facteur nucléaire-kappa B
NOS :	Oxyde nitrique synthases
NO :	L'oxyde nitrique
Nrf2 :	Facteur nucléaire (érythroïde-dérivé 2)
NQO1 :	Quinone oxydoréductase 1
NPP :	Le nombre le plus probable
OMS:	Organisation mondiale de santé
SFA:	Saturated amino acid
SF:	Streptocoques fécaux
ST:	Streptocoques totaux
STEP:	Station d'épuration des eaux usées
TNF-a :	Facteur de nécrose tumorale α
UFC :	Unité formant colonies
USFA:	Unsaturated amino acid

Dédicaces

Je dédie ce projet A tous ceux que j'aime, en guise de reconnaissance et de gratitude pour tous les sacrifices qu'ils ont faits et pour toute la patience et la compréhension dont ils ont fait preuve à mon égard et à toutes les personnes qui, à un moment ou un autre, m'ont soutenue et encouragée.

A toutes ces personnes que je ne me risquerai pas à citer de peur d'omettre certains noms.

Спасибо вам за всё

The light at the end of the dissertation, can you see it?

хурия

Dédicaces

*Au nom d'ALLAH le tout miséricordieux, le très miséricordieux " Gloire
à toi nous n'avons de savoir que ce que tu nous as appris, certes c'est toi
l'omniscient, le sage " saint Coran. Sourate 2 - Verset 32*

A ceux qui m'ont tout donné sans rien en retour

*A ceux qui m'ont encouragée et soutenue dans les moments les plus
difficiles*

*A vous mes chers parents Le plus beau cadeau que Dieu puisse faire à
un enfant, pour leur amour et leur support continu*

*Que ce travail soit le témoignage sincère et affectueux de ma profonde
reconnaissance pour tout ce que vous avez fait pour moi*

A mes chères frères ABDENNOUR, AYOUB, TAHA et KHALIL

A ma chère Soeur MAROUA

A ma chère amie NAIMA

A mon binôme, HOURIA et à toute sa famille

HAKIMA

Remerciements

Tout d'abord, nous tenons à remercier le «BON DIEU» le tout puissant de nous avoir accordé patience, courage et volonté afin de réaliser à terme ce modeste travail.

Nous avons l'honneur et le plaisir d'exprimer notre profonde Gratitude à Mme DAOUDI notre promotrice pour avoir accepté de nous encadrer, pour ses remarques,

ses conseils et ses Orientations, notre Co-promotrice Mme LAISSAOUI pour le temps et l'attention qu'ils ont bien voulu consacrer au bon déroulement de ce travail.

Nous tenons à remercier Mme Brahimi de nous avoir fait l'honneur de présider le jury de notre soutenance

A Mme Bensehila et Mme Aiza d'avoir gentiment accepté d'examiner et de juger notre mémoire, qu'ils trouvent ici notre sincère gratitude.

Nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont grandement contribué à la réalisation de ce travail Nos plus vifs remerciements vont particulièrement à :

-Mr Mokhtar Rahmani Belkacem chef de laboratoire de l'ONA ainsi toute son équipe

-mr Ratta Yacine vice-directeur de l'ONEDD ainsi toute son équipe

-melle Naci F/Z Wassila ingénieur de laboratoire botanique

-A notre enseignant docteur AOUN Omar

Nous tenons également à remercier toutes les personnes qui de près ou de loin ont contribué à la réalisation de ce travail qu'ils trouvent ici notre sincère et profonde gratitude.

HAKIMA ETHOURIA

Résumé

L'objectif principal de ce travail est d'évaluer l'activité antibactérienne et antiparasitaire des graines de *Moringa oleifera* dans le traitement des eaux usées.

Au cours de cette étude, des analyses bactériologiques et parasitologiques ont été effectuées sur trois types d'eau: des eaux usées brutes, des eaux usées épurées, et des eaux usées traitées par les graines de *M. oleifera*.

Les résultats obtenus montrent que les EB sont fortement polluées avec des taux élevés en germes recherchés : germes totaux $3,16 \cdot 10^{12}$ UFC/ ml, des indicateurs de pollution fécale comme les coliformes fécaux et E coli ($9,4 \cdot 10^8$ UFC/ ml, $21 \cdot 10^7$ UFC/ ml), présence des germes pathogènes tels que *Staphylococcus aureus*, *Vibrio sp*, *Pseudomonas aeruginosa*, et des parasites (*Entamoeba histolytica*, *Entamoeba coli* et *Giardia lamblia* et *Ascaris sp*, *Strongyloides sp*, *Trichuris spp*, et *Ankylostoma sp*).

Les EE révèlent une diminution appréciable des germes totaux $51 \cdot 10^5$ UFC/ ml, des coliformes fécaux $65 \cdot 10^3$ UFC/ ml et des helminthes 9 œufs/L. Cependant, ces valeurs restent supérieures aux normes Algériennes et celles de l'OMS. Les résultats obtenus des eaux usées traitées par les *M. oleifera* attestent une réduction significative des germes totaux 47133 UFC/ ml, coliformes fécaux 873 UFC/ ml, avec une absence totale des parasites.

Le taux d'abattement du nombre de GT, CT, CF, SF, CSR, Staphylocoques, kystes de protozoaires et œufs d'helminthes pour les EE était de 99.99%, 99.99%, 99.99%, 93.44%, 87.37%, 62.86%, 85,86 % et 58,02 % respectivement. Tandis que pour les eaux traitées par *M. oleifera*, le taux était de 99.99%, 99.99%, 99.99%, 99.87%, 99.98%, 98.30%, 100% et 100% respectivement.

Mots clés : eaux usées, eaux épurées, station d'épuration, taux d'abattement, analyses microbiologiques, *Moringa oleifera*.

Liste des abreviations

AINS :	Médicaments anti-inflammatoires non stéroïdiens
CF:	Coliformes fécaux
CT:	Coliformes totaux
<i>C. albicans</i> :	<i>Candida albicans</i>
CMI :	Concentration minimale inhibitrice
CSR :	Clostridium sulfito-réducteur
DBO5 :	Demande biologique en oxygène dans 5 jours
EB :	Eau brute
EE :	Eau épurée
EPEI :	Eau peptonée exempte d'indole
<i>E. coli</i> :	<i>Escherichia coli</i>
FAO :	organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture
gélose GNAB :	Gélose nitritive alcaline biliée
GL :	Les glucosinolates
GT :	Les germes totaux
HbA1c :	Hémoglobine glycosylée
IgA, IgG :	Les immunoglobulines A et G
IL-6 :	Interleukines-6
IL-1 β :	Interleukines-1 β
iNOS :	L'isoforme cytokine-inductible
ITC :	Isothiocyanates
Milieu BCPL :	Bouillon lactose au pourpre de bromocrésol
milieu TSI :	Tri suger iron
Milieu TGEA :	Tryptone Glucose Extract Agar
Milieu SS agar :	Shigelle-Salmonelle Agar

Mo-CBP3 :	<i>Moringa oleifera</i> -Chiting Bending Protein 3
Mo :	<i>Moringa oleifera</i>
Mon :	Nano-micelle de l'huile de graines de <i>Moringa oleifera</i>
NF- κ B :	Facteur nucléaire-kappa B
NOS :	Oxyde nitrique synthases
NO :	L'oxyde nitrique
Nrf2 :	Facteur nucléaire (érythroïde-dérivé 2)
NQO1 :	Quinone oxydoréductase 1
NPP :	Le nombre le plus probable
OMS:	Organisation mondiale de santé
SFA:	Saturated amino acid
SF:	Streptocoques fécaux
ST:	Streptocoques totaux
STEP:	Station d'épuration des eaux usées
TNF- α :	Facteur de nécrose tumorale α
UFC :	Unité formant colonies
USFA:	Unsaturated amino acid

Liste des tableaux

La liste des tableaux

Tableau 1:	la Position systématique de <i>M. Oleifera</i> (Chukwuebuka, 2015).....	3
Tableau 2:	la Composition globale des graines de <i>M. Oleifera</i> (Leone, 2016).....	8
Tableau 3:	la Composition en minéraux dans les graines de <i>M. Oleifera</i> (Abiodun et al ., 2012 ; James A, Zikankuba, 2017).....	9
Tableau 4:	la Composition en acides gras dans les graines de <i>M. Oleifera</i> (Barakat et Ghazal , 2016).....	10
Tableau 5:	la Composition en acides amines dans les graines de <i>M. Oleifera</i> (James et Zikankuba, 2017).....	11
Tableau 6:	les composés bioactifs présents dans les graines de <i>M. Oleifera</i> (Leone, 2016; Jaja-Chimedza et al., 2017 et Oladeji et al., 2017)	12
Tableau 7:	Matériel non biologique, produits et réactifs chimiques.....	21
Tableau 8:	la recherche bactériologique des germes pathogènes dans les eaux usées, épurées par la STEP et traitées par MO.....	45
Tableau 9:	comparaison avec les normes de JO et l’OMS JO, 2012; OMS, 2006	55

Liste des figures

La liste des figures

Figure 1 :	L'arbre de <i>M.oleifera</i> (Yusoff, 2016)	5
Figure 2 :	Les feuilles de <i>M.oleifera</i> (Koul et Chase, 2015).....	5
Figure 3 :	Les fleurs de <i>M. oleifera</i> (Koul et Chase, 2015).....	6
Figure 4 :	Les fruits de <i>M.oleifera</i> (Yusof, 2016).....	7
Figure 5 :	Les graines de <i>M.oleifera</i> (Yusoff, 2016.....	7
Figure 6 :	Le mécanisme de coagulation-floculation par protéine de <i>Moringa oleifera oleifera</i> (James et al., 2017)	18
Figure 7 :	la station d'épuration des eaux usées d'AIN DEFLA.....	20
Figure 8 :	La fondation méditerranéenne pour le développement durable <i>DJANATU EL'ARIF</i>	21
Figure 9 :	Les principales étapes d'obtention du lait de <i>M.oleifera</i>	23
Figure 10 :	Recherche et dénombrement de la flore aérobie mésophile totale.....	24
Figure 11 :	Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux.....	26
Figure 12 :	Recherche et dénombrement des Streptocoques totaux et fécaux.....	28
Figure 13 :	Recherche et dénombrement des germes anaérobies sulfito-réducteurs.....	29
Figure 14 :	Recherche des vibrions cholériques.....	30
Figure 15 :	Recherche des salmonelles.....	31
Figure 16 :	Recherche des Staphylocoques.....	32
Figure 17 :	Recherche de Pseudomonas.....	33
Figure 18 :	Méthode de flottaison de WILLIS (Viviane G, 2007)	36
Figure19:	La cellule de Malassez (Viviane G, 2007)	37
Figure20:	Les trois types de l'eau.....	41

Liste des figures

Figure 21:	Le dénombrement des es germes totaux.....	42
Figure 22:	Les coliformes totaux, fécaux et <i>E.coli</i>	43
Figure 23 :	Streptocoques totaux(ST) et fécaux (SF)	43
Figure 24 :	Spores de Clostridium sulfito-réducteurs (CSR)	44
Figure 25	Spores de Clostridium sulfito-réducteurs.....	44
Figure 26:	Les Staphylocoques dans les trois types d'eau.	45
Figure 27:	les Pseudomonas dans les EB, les EE et Mo.....	46
Figure 28 :	Dénombrement des protozoaires dans les eaux usées.....	46
Figure 29:	Les protozoaires dans les eaux usées.....	47
Figure 30:	le dénombrement des helminthes dans les eaux usées.....	47
Figure 31:	le pourcentage des helminthes dans les eaux usées.....	48
Figure 32:	Les larves d'helminthes dans les eaux usées.....	48
Figure 33 :	Dénombrement des protozoaires dans les eaux épurées.....	49
Figure 34 :	Dénombrement des helminthes dans les eaux usées traitées par la STEP.....	50
Figure 35:	Les protozoaires et les helminthes dans les eaux usées épurées.....	50
Figure 36 :	le rendement épuratoire des parasites par la STEP.....	51
Figure 37 :	observation microscopique de l'eau traitée par <i>Moringa oleifera</i>	52

Table des matieres

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction1

Chapitre 1 : Synthèse bibliographique

I. Monographie de *moringa oleifera*3

1. Dénomination et taxonomie3

1.1. Position systématique de *Moringa oleifera*3

2.2. Dénomination4

1.2.1. Nom scientifique4

1.2.2. Nom vernaculaire4

2. Origine, répartition géographique et écologie de la plante4

3. Description botanique de la plante4

3.1. Le Port4

3.2. Les feuilles5

3.3. Les fleurs6

3.4. Les fruits6

3.5. Les graines7

II. Composition chimique des graines de *moringa oleifera* et valeurs nutritionnelles8

1. Composition globale des graines de *M. oleifera*8

2. Minéraux9

3. Lipides9

4. Protéines	11
5. Les molécules bioactives	12
III. Les différents domaines d'utilisation des graines de <i>Moringa oleifera</i>	13
1. Propriétés antibactériennes	13
2. Propriétés anti-inflammatoires et antalgiques	13
3. Propriétés antifongiques	14
4. Activité antidiabétique de poudre de graines de Moringa	14
5. Traitement des cancers.....	15
6. Fabrication du fromage	15
7. Utilisation des graines de <i>Moringa oleifera</i> comme engrais biologique	15
8. Fabrication du biodiesel	16
IV. Utilisation des graines de <i>Moringa oleifera</i> dans le traitement de l'eau	16
1. Agent adsorbant	17
2. Agent coagulant-floculant	17
3. Agent désinfectant	19

Chapitre 2 : Matériel et Méthodes

1. Matériel	20
1.1. Les eaux usées	20
1.2 Matériel végétal	21
1.3. Matériel non biologique, produits et réactifs chimiques.....	21
2. Méthodes	22
2.1. Mode de prélèvement	22
2.2. Préparation de la poudre de <i>Moringa oleifera</i>	22

2.3	Dilutions	23
2.4	Analyses bacteriologiques	24
2.4.1	Germes totaux	24
2.4.2	Coliformes.....	25
2.4.2.1	Coliformes totaux.....	25
2.4.2.2	Coliformes fécaux et <i>Escherichia coli</i>	25
2.4.2.3	Streptocoques totaux.....	27
2.4.2.4	Streptocoques fécaux.....	27
2.4.2.5	Germes anaérobies sulfito- réducteurs.....	29
2.4.3	Recherche des germes pathogènes.....	30
2.4.3.1	Vibrions cholériques.....	30
2.4.3.2	Salmonelles.....	31
2.4.3.3	Staphylocoques pathogènes.....	32
2.4.3.4	Pseudomonas.....	33
2.5	Méthodes d'analyses parasitologiques.....	34
2.5.1	Examen direct à l'état frais.....	34
2.5.2	Méthode de Willis.....	35
2.5.3	Identification des œufs.....	36
2.5.4	Dénombrement des œufs.....	37
2.2	Traitement des données.....	38
2.6.1	Abattement microbiologique ou l'efficacité de traitement.....	38
2.6.1.1.	Abattement bactériologique.....	38
2.6.1.2.	Abattement parasitologique.....	39
1.2.3	Analyses statistiques des données.....	40

Chapitre 3: resultats et discussions

1. Résultats.....	41
1.1. Résultats des analyses bactériologiques.....	41
1.1.1 Les germes totaux.....	41
1.1.2 Coliformes totaux (CT)	42
1.1.3 Coliformes fécaux (CF)	42
1.1.4 Streptocoques totaux(ST) et fécaux (SF)	43
1.1.5 Spores de Clostridium sulfito-réducteurs (CSR)	44
1.1.6 Germes pathogènes.....	45
1.2. Résultats d’analyse parasitologique.....	46
1.2.1. Résultats de l’eau usée brute.....	46
1.2.2. Résultats des eaux épurées.....	49
1.2.3 Eaux usées traitées par les graines de <i>Moringa oleifera</i>	51
2. Discussion.....	51
2.1. Analyses bactériologiques.....	51
2.1.1 Germes totaux.....	53
2.1.2 Coliformes totaux.....	53
2.1.3 Coliformes fécaux.....	54
2.1.4 <i>Escherichia coli</i>	55
2.1.5 Streptocoques.....	57
2.1.6 Clostridium sulfito-réducteurs.....	57
2.1.7 Germes pathogènes.....	58
2.2. Discussion des paramètres parastologiques.....	60
2.2.1 Eaux uses brutes.....	60
2.2.2 Eaux épurées par la station.....	62

2.2.3 Eaux usées traitées par les graines de <i>Moringa oleifera</i>	63
Conclusion	
Références bibliographiques	
Annexes	



Introduction

*"ce n'est pas le problème de l'assainissement qui est en soi un problème.
Le problème, c'est la manière de faire face au problème".*

Le professeur MAYSTRE (2000)

Introduction

L'Algérie, comme tous les pays du sud méditerranéen, est confronté au problème de la rareté de l'eau, les conditions climatiques difficiles, particulièrement le manque de précipitations et leur mauvaise répartition dans l'espace et dans le temps font que les cultures pluviales ne peuvent se pratiquer sans grands problèmes, ce qui oblige à une irrigation intégrale ou à défaut une irrigation de complément, pour cette raison, les pays dans le monde y compris l'Algérie se sont tournés vers la réutilisation des eaux usées et ont fait de ces dernières une ressource de deuxième main (**Bouchaala et al., 2017**).

De plus, les ressources en eau existantes sont menacées par une pollution causée par ces rejets d'eaux urbaines et industrielles dans les milieux naturels. Ces derniers peuvent contenir de nombreux micro-organismes, induisant un risque sanitaire lié à la présence de pathogènes (parasites, bactéries et virus) et menaçant la qualité de l'environnement dans son ensemble. Le traitement de ces rejets s'avère donc indispensable afin de lutter contre leurs effets nocifs (**Brouillet et al., 2008**).

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, malheureusement ce procédé reste encore peu connue en Algérie.

Cette plante très répandue dans le monde à usages multiple, était connue depuis longtemps et était utilisée traditionnellement à des fins thérapeutiques et alimentaires et prouvés scientifiquement (**Koul et Chase, 2015**), la découverte de son rôle dans la dépollution des eaux, notamment des eaux usées, comme un procédé biologique respectueux de l'environnement n'a été prouvé que récemment. (**Vrushali et al., 2018**).

L'objectif principal de cette étude consiste à évaluer l'effet antibactérien et antiparasitaire des graines de *Moringa oleifera* dans le domaine de traitement des eaux usées.

Des objectifs particuliers:

- Appréciation des caractéristiques bactériologiques, et parasitologiques des eaux usées et épurées de la STEP de la wilaya d'AIN DEFLA.
- Estimation de l'efficacité du traitement adopté à la réduction de la charge microbienne.
- Valorisation d'une plante locale mais peu connue en Algérie.
- Contribution à une meilleure connaissance des différentes vertus de *M. oleifera*.
- Adoption des procédés naturels pour la préservation de l'environnement et le développement durable.



Chapitre 1
Synthèse bibliographique

Chapitre 1: Synthèse bibliographique

I. Monographie de *Moringa oleifera*

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 de vie, et le don de Dieu à l'homme (Ijarotomi *et al.*, 2013 ; Haldar et Kosankar., 2017).

1. Dénomination et taxonomie

1.1. Position systématique de *Moringa oleifera*

Moringa oleifera appartient à la famille monogénérique des arbustes et arbres des *Moringaceae* qui comprend environ 14 espèces, dont la plus connue et répandue est l'espèce *Moringa oleifera* (Chukwuebuka, 2015)

Tableau 1 : représente la Position systématique de *Moringa oleifera* (Chukwuebuka, 2015).

Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheobionta
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Ordre	Brassicales
Famille	Moringaceae
Genre	<i>Moringa</i>
Espèce	<i>oleifera</i>

1.2. Dénomination

1.2.1. Nom scientifique: *Moringa oleifera* Lamark 1795. (Agroconsult, 2016).

1.2.2. Nom vernaculaire

- **En anglais** : connue sous « west Indian tree », ou « Drumstick Tree », ou encore « Never die tree » en référence à sa résistance à la sécheresse (Hédji *et al.*, 2014).
- **En arabe** : « Rawag », ou « Shagara Al Ruwag » (Yongabi *et al.*., 2012, Yusoff, 2016).

2. Origine, répartition géographique et écologie de la plante

Moringa oleifera est originaire d'Asie du Sud où elle pousse sur les contreforts de l'Himalaya, du nord-ouest de l'Inde, du Pakistan et de l'Afghanistan (Mangale, 2012 ; Atakpama, 2014) .C'est de l'Inde et du Pakistan que la culture de Moringa s'est étendue vers le Moyen-Orient puis l'Afrique, et tout le long de la ceinture tropicale, puis a gagné la Méditerranée et finalement les Indes Occidentales et qui a été ensuite distribué en Amérique Centrale, Amérique du Nord et les Caraïbes (Vilaseca *et al.*, 2014) .Aujourd'hui, le Moringa a une extension géographique très développée et on le retrouve dans la plupart des pays subtropicaux ou tropicaux à saison sèche, voire en zone aride en raison de son adaptabilité à un large éventail de types de sols, peut être trouvé même dans les sols les plus durs et les plus secs (Minaiyan *et al.*, 2014 ; Leone *et al.*, 2016 ; Mashela, 2017), et elle supporte des températures de 22-35°C Maximum 48 °C à l'ombre, la pluviométrie est comprise entre 250-1500 mm/an, au mieux 700-840 mm/an (Freire *et al.*., 2015 ; Neto *et al.*, 2017).

3. Description botanique de la plante

3.1. Le Port

Moringa est une plante à croissance rapide qui, en fin de croissance, peut atteindre jusqu'à 10 à 15 m de haut et son diamètre jusqu'à 3 mètres (Agroconsult, 2016, Neto *et al.*, 2017) avec une couronne ouverte en forme de parapluie, un tronc droit qui mesure 20 à 40 cm de diamètre, parfois très peu développé, en général, il atteint 1,5 à 2 mètres bien qu'il puisse parfois atteindre les 3 mètres de haut avant de se ramifier en branches, ces branches poussent de manière désorganisée, son écorce est de couleur gris foncé violacé ou blanchâtre, le

feuillage est persistant, l'arbre produit une racine pivotante tubéreuse (**Yusoff, 2016**) (Fig 1).



Figure 1: L'arbre de *Moringa oleifera* (**Yusoff, 2016**)

3.2. Les feuilles

Sont caduques, duveteuses, recouvertes d'un duvet gris lorsqu'elles sont jeunes, et se développent principalement dans la partie terminale des branches, ont un long pétiole mesurant 20 à 70 cm de long, comptent 2 à 6 paires de pinnules comprenant chacune 2 à 5 paires de pinnules secondaires, divisées elles-mêmes en 1 à 2 paires de folioles opposés plus une foliole terminale à l'apex plus grande que les autres, de forme ronde ou ovale de 1 à 2 cm de long (**Ijarotomi et al., 2013; Hêdji et al., 2014; Agroconsult, 2016**) (Fig 2).



Figure 2 : Les feuilles de *Moringa oleifera* (**Koul et Chase, 2015**)

3.3. Les fleurs

Après 8 à 12 mois, l'arbre commence à fleurir sur une base continue tout au long de l'année. Le Moringa est considéré comme une plante ornementale à cause de sa floraison exubérante. L'inflorescence est en panicule axillaire et tombante de 10 à 25 cm, aux fleurs irrégulières mesurent 2,5 cm de large. Ces dernières sont de couleur blanche tirant sur le crème, avec des points jaunes à la base, délicatement parfumées, se composent de 5 sépales sont symétriques et lancéolés, 5 pétales inégaux, sont minces et spatulés, symétriques à l'exception du pétale inférieur, et entourent, 5 étamines et 5 staminodes. L'ovaire a une seule loge. (Hêdji *et al.*, 2014; Agroconsult, 2016) (Fig 3).



Figure 3 : les fleurs de *Moringa oleifera* (Koul et Chase, 2015)

3.4. Les fruits

Forment des gousses à trois lobes, mesurant 20 à 60 cm de long et de 2 cm de diamètre, ses côtés forment un triangle, la capsule a une extrémité aiguë, une surface bosselée qui pendent des branches. Les fruits (gousses) sont initialement vert clair, minces et tendres, devenant finalement marron et ferme. Lorsqu'ils sont secs, ils s'ouvrent en trois parties, en libérant 12 à 35 graines de forme ronde. Un arbre peut produire 15 000 à 25 000 graines par an. (Yusoff, 2016). (Fig 4).



Figure 4: les fruits de *Moringa oleifera*, a) verts sur l'arbre, b) les fruits sec (Yusoff, 2016)

3.5. Les graines

Sont globulaires, à trois angles, elles ont un diamètre de 10 à 12 mm, avec une coque marron semi-perméable légèrement boisée. La coque présente trois ailes latérales blanches qui s'étendent de la base au sommet à 120 degrés d'intervalle, sont de 2 à 2,5 cm de long, de 0,4 à 0,7 cm de large. (Ijarotomi *et al.*, 2013; Hédji *et al.*, 2014; Agroconsult, 2016). Le poids moyen d'une graine est de 0,3 g, le noyau est blanc ou crème et est responsable de 70% à 75% du poids, et la coque représente 25% du poids de la graine. (Leone *et al.*, 2016) (Fig 5).



Figure 5: Les graines de *Moringa oleifera*, a) avec coque, b) sans coque (amande)

(Yusoff, 2016)

II. Composition chimique des graines de *Moringa oleifera* et valeurs nutritionnelles

Moringa oleifera est une plante à hautes valeurs nutritives, elle constitue une excellente source de compléments alimentaires.

Des analyses nutritionnelles ont montré que les graines contiennent des minéraux, des acides aminés essentiels, des acides gras et d'autres composés bioactifs (**Dhakar et Maurya, 2011; Aho et Lagasi, 2012**).

1. Composition globale des graines de *M. oleifera*

Les graines de *M. Oleifera* contiennent des éléments nutritionnels importants, y compris les protéines, les huiles, les fibres, les Carbohydres. Le tableau 2 montre les différents composés isolés des graines de *M. oleifera*.

Tableau 2: la Composition globale des graines de *M. oleifera* (**Leone, 2016**).

Les composés	g/100g	%
Les protéines	(29,4–33,3)	34,51% - 36,5%,
les huiles	(34,7–40,4)	38,62% - 40,06%,
fibres	(6,8–8,0)	10,92% - 12,16%
Carbohydres	(16,5–19,8)	19,00% - 20,29%
la valeur calorique		450,36 - 451,32 kcal 100 g-1

2. Les minéraux

Les minéraux occupent une part importante dans les graines de *M. oleifera*. Des analyses réalisées par **Abiodun, (2012) et James, (2017)**, ont montré les minéraux contenus dans ces graines comme indiqué dans le tableau 3.

Tableau 3: la Composition en minéraux dans les graines de *M. oleifera* (**Abiodun et al ., 2012 ; James A, 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

3. Lipides

Les graines de *Moringa oleifera* contiennent également une quantité importante d'huile végétale entre 38 et 40% du poids de la graine, connue sous le nom d'huile "Behen" ou "Ben". (**Abiodun et al ., 2012; Abd-Rabou et al., 2016; Leone, 2016**).

Cette huile contient toutes les graisses insaturées contenues dans l'huile d'olive, à l'exception de la linoléique (**Abd-Rabou et al., 2016**), avec une composition d'acides gras de haute qualité, environ 20.98 % d'acides gras saturés et 78.99% d'acides gras insaturés, par rapport aux huiles végétales classiques qui contiennent généralement de l'acide oléique connu sous le nom d'Omega 9 de l'ordre de 40 % (**Abiodun et al., 2012; Agroconsult, 2016**), cette richesse en acides gras monoinsaturés les rend plus stables à la rancidité oxydative. (**Nadeem et al., 2014 ; Agroconsult, 2016**) (Tableau 4).

Tableau 4: la Composition en acides gras dans les graines de *M. oleifera* : (Barakat et Ghazal , 2016)

Acides gras	Acides gras %	Acides gras d'huile d'olive %
Acide Palmitic (C16:0)	6,09	7,50 - 20
Acide Palmitoleic (C16:1)	1,80	0,30 - 3,50
Acide Margaric (C17:0)	0,09	0,0 - 0,30
Acide Heptadecenoic (C17:1)	0,06	0;0 - 0,30
Acide Stearic (C18:0)	7,12	0,50 - 5,0
Acide Oleic (C18:1)	73,51	55,0 - 83
Acide Linoleic (C18:2)	0,59	3,50 - 21
Acide Linolenic (C18:3)	0,17	0,0 - 1,0
Acide Arachidic (C20:0)	4,71	0,0 - 0,60
Acide Gadoleic (C20:1)	2,74	0,0 - 0,40
Acide Behenic (C22:0)	2,89	0,0 - 0,20
SFA	20,98	8,0 - 26,30
USFA	78,99	61,50 - 109,20
USFA/SFA	3,76	4,10 - 7,60

4. Protéines

En dehors de l'huile, la graine a une teneur élevée en protéines, en moyenne de 31,4%, (**Aho et Lagasi, 2012 ; Leone, 2016**) . Les graines de *M. oleifera* représentent une source importante de protéines. La qualité nutritionnelle dépend des teneurs en acides aminés essentiels et de sa biodisponibilité après digestion et absorption. Le profil protéique 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 5: la composition en acides aminés dans les graines de *M. oleifera* (**James et Zikankuba, 2017**).

Acides aminés	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. Molécules bioactives

La graine de *M. oleifera* contient également des composés bioactifs importants, y compris les alcaloïdes, les glucosinolates, les isothiocyanates et les thiocarbamates. Le tableau 6 montre tous les composés isolés des graines de *M. oleifera*. Tous ces composés pourraient être responsables des propriétés pharmacologiques attribuées aux graines de *M. oleifera*. (Leone, 2016; Jaja-Chimedza *et al.*, 2017)

Tableau 6: les composés bioactifs présents dans les graines de *M. oleifera* (Leone, 2016; Jaja-Chimedza *et al.*, 2017 et Oladeji *et al.*, 2017)

	Composés bioactifs	La référence
Alcaloïdes	Moringine	Leone , 2016
Glycosides	Strophantidin 4-(α -L-rhamnosyloxy)benzyl isothiocyanate	Jaja-Chimedza, 2017
Flavonoides	Catechine Epicatechine Quercetine Kaempferol Niazimicine	Oladeji <i>et al.</i> , 2017
Acides Phénoliques	- O-ethyl-4-(α -L-rhamnosyloxy)benzyl carmate - Glycerol-1-1-(9-octadecanoate) - 3-O-(6'-O-oleoyl- β -D-glucopyranosyl)- β - sitosterol - β -sitosterol-3-O- β -D-glucopyranoside - 3-Hydroxy-4-(α -L- rhamnopyranosyloxy)benzyl glucosinolate Protocatechuique - 4-(2/3/40-O-acetyl-rhamnopyranosyloxy)benzyl glucosinolate Cinnamique	Oladeji <i>et al.</i> , 2017

III. Différents domaines d'utilisation des graines de *Moringa oleifera*

Cette plante a de nombreuses propriétés valorisables, ce qui fait d'elle un sujet d'étude très intéressant. Historiquement, toutes les parties de la plante ont été consommées comme nourriture et / ou utilisées en médecine traditionnelle pour le traitement de maladies métaboliques, inflammatoires, infectieuses, tumorales, respiratoires, l'arthrite, athérosclérose, soulagement de la douleur...etc, et un nombre croissant d'études scientifiques soutiennent ces usages traditionnels (Elgamily *et al.*, 2016 ; Jaja-Chimedza *et al.*, 2017)

1. Propriétés antibactériennes

Les graines de *Moringa oleifera* peuvent fournir une thérapie alternative pour les maladies causées par des bactéries multirésistantes. Une étude réalisée par Costa *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. Les niveaux les plus efficaces de concentration minimale inhibitrice (CMI) des extraits contre un pourcentage élevé de souches étaient de 32 µg mL⁻¹. Les substances vibriocides (la niazirine et la niazimicine) ont été identifiées et isolées. (Costa *et al.*, 2017).

2. 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-thioglucosidase), formant des ITC, ces ITC sont connus pour leurs effets anti-inflammatoires, qui sont probablement médiés à travers l'inhibition de facteur nucléaire-kappa B (NF-κB) et l'activation de facteur nucléaire (érythroïde-dérivé 2: Nrf2) et atténuent la production de l'oxyde nitrique (NO) cellulaire et inhibent l'expression génique de l'isoforme cytokine-inductible (iNOS), du facteur de nécrose tumorale α (TNF-α), des interleukines-1β et -6 (IL-1β, IL-6). (Jaja-Chimedza *et al.*, 2017) .

3. Propriétés antifongiques

La M.oleifera-Chiting Bending Protein 3(Mo-CBP3), est une protéine antifongique produite par *M. oleifera* qui a été étudiée en tant que candidat potentiel pour le développement de cultures transgéniques, ont trouvé que Mo-CBP3 est une protéine liant la chitine qui inhibe la germination et la croissance mycélienne des champignons phytopathogènes. (**James et Zikankuba, 2017**)

Cette protéine est hautement thermostable et résistante aux changements de pH, de 14 kDa, de nature glycoprotéique, qui inhibe la germination des spores et la croissance mycélienne de l'ascomycète *Fusarium solani* et d'autres champignons et peut donc être utile dans le développement de nouveaux médicaments antifongiques ou de cultures transgéniques résistantes aux champignons phytopathogènes (**Batista et al., 2014, Freire et al., 2015**), et également une autre CBP supplémentaire, appelée Mo-CBP2, qui présentait 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 *C. albicans*.(**Neto et al., 2017**)

4. Activité antidiabétique de poudre de graines de Moringa

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 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, et aussi a révélé 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. (**Al-Malki et El Rabey, 2015; Villarruel-López, 2018**).

5. 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 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. (**Al-Asmari, 2015; Abd-Rabou et al., 2016; Adebayo, 2017 ; Kou , 2018**).

6. 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 *M. 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 *M. oleifera* peut être utilisé avec succès pour la fabrication du fromage avec des avantages nutritionnels, ainsi que plusieurs applications industrielles. (**Sánchez-Muñoz., 2017**)

7. Utilisation des graines de *Moringa oleifera* comme engrais biologique

L'utilisation intensive des terres sans gestion appropriée du sol a un effet nocif sur l'environnement. En effet, l'utilisation d'engrais chimique abusive et incontrôlée entraîne la pollution de l'eau, le sol... et cause des maladies qui peuvent être graves.

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, des paramètres physiques ont été déterminés

au cours de ce travail: nombre de graines germées, hauteur des plantes, nombre de feuilles produites, épaisseur de la plante, poids du fruit produit et nombre de fruits sur la tige.

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.

Cette approche intégrée de la gestion de l'agriculture permettra aux agriculteurs de bénéficier des sources d'engrais organiques prêtes à optimiser la production végétale et la protection de l'environnement et finalement réduire la pauvreté. (**Emmanuel et al ., 2011**).

8. Fabrication du biodiesel

Le biodiesel est une alternative renouvelable au carburant à base de pétrole, qui peut être mélangé à n'importe quel niveau avec de l'essence-diesel. Il peut être fabriqué à partir d'huile végétale, comme les huiles de *Moringa oleifera* par trans-estérification, qui est un processus dans lequel les triglycérides (graisse / huile) réagissent avec alcool (méthanol ou éthanol), en présence d'un catalyseur pour produire des esters alkyliques d'acides gras (ou biodiesel). Le biodiesel issue des huiles de *Moringa oleifera* a été décrit comme un carburant de haute qualité. (**Aliyu et al ., 2013**) .

IV. Utilisation des graines de *Moringa oleifera* dans le traitement de l'eau

L'utilisation de matériaux naturels d'origine végétale pour purifier l'eau n'est pas nouvelle car leur utilisation remonte à l'antiquité (**Yusuf et al., 2015**), *Moringa oleifera* a été utilisé pour le traitement domestique de l'eau par des femmes au Soudan, qui ont placé des graines en poudre dans un petit sac en tissu qui a ensuite été tourbillonné dans de l'eau trouble (**Firth et al., 2010**). Cela a inspiré le développement d'un nouveau traitement révolutionnaire de l'eau d'assainissement naturel, respectueux de l'environnement (**Idris et al., 2016**).

Une littérature scientifique a révélé l'énorme utilité des extraits de graines de *Moringa oleifera* pour le traitement des eaux usées, en tant que adsorbant, coagulant et désinfectant :

1. Agent adsorbant

Plusieurs études ont montré que les graines de *Moringa oleifera* ont d'excellentes propriétés adsorbantes. L'étude de la capacité d'adsorption de la graine est due à la présence de protéines, la capacité de la graine à éliminer les métaux lourds a mis en évidence des interactions acides aminés-métal responsable du phénomène d'adsorption (**Sotheeswaran et al., 2011; Nand et al., 2012**) par le mécanisme de charge du patch électrostatique. Ce mécanisme de la coagulation avec les graines de *Moringa oleifera* consiste en l'adsorption et la neutralisation des protéines chargées positivement issues de celles-ci, qui attirent les impuretés chargées négativement dans l'eau (colloïdales). (**Ravikumar et Sheeja , 2013**).

2. Agent coagulant-floculant

La coagulation-floculation est une méthode permettant d'éliminer la turbidité constituée, d'une part, de matières en suspension (minérales et organiques), et d'autre part de matières organiques dissoutes (**Kabore et al., 2013; Meenakshi et al., 2015**) .

Il a été prouvé que *Moringa oleifera* est le meilleur coagulant naturel encore découvert, qui peut en effet, remplacer les floculants minéraux, tels que le sulfate d'alumine, qui est largement utilisé dans le monde entier (**Vilaseca et al ., 2014**) , une propriété qui permet de traiter l'eau de boisson, les eaux usées et les effluents d'usines. (**Aruna et Srilatha, 2012**) .

En effet les graines contiennent des polyélectrolytes cationiques actifs, utilisés comme polypeptide naturel, ces protéines cationiques chargées positivement s'attachent à des surfaces de particules minérales et organiques chargées négativement par des interactions électrostatiques (**Milind et al., 2012**). Cela conduit à la formation de zones chargées négativement et positivement de la surface de la particule. En raison de la collision de particules et de la neutralisation, il se produit des floes (**Amagloh et Benang 2009**), qui se déposent par sédimentation sous l'effet de la gravité, laissant l'eau trouble plus ou moins claire. (**Mangale et al., 2012 ; Atakpama et al., 2014 ; Rohan et al., 2017 ; James et al., 2017.**)

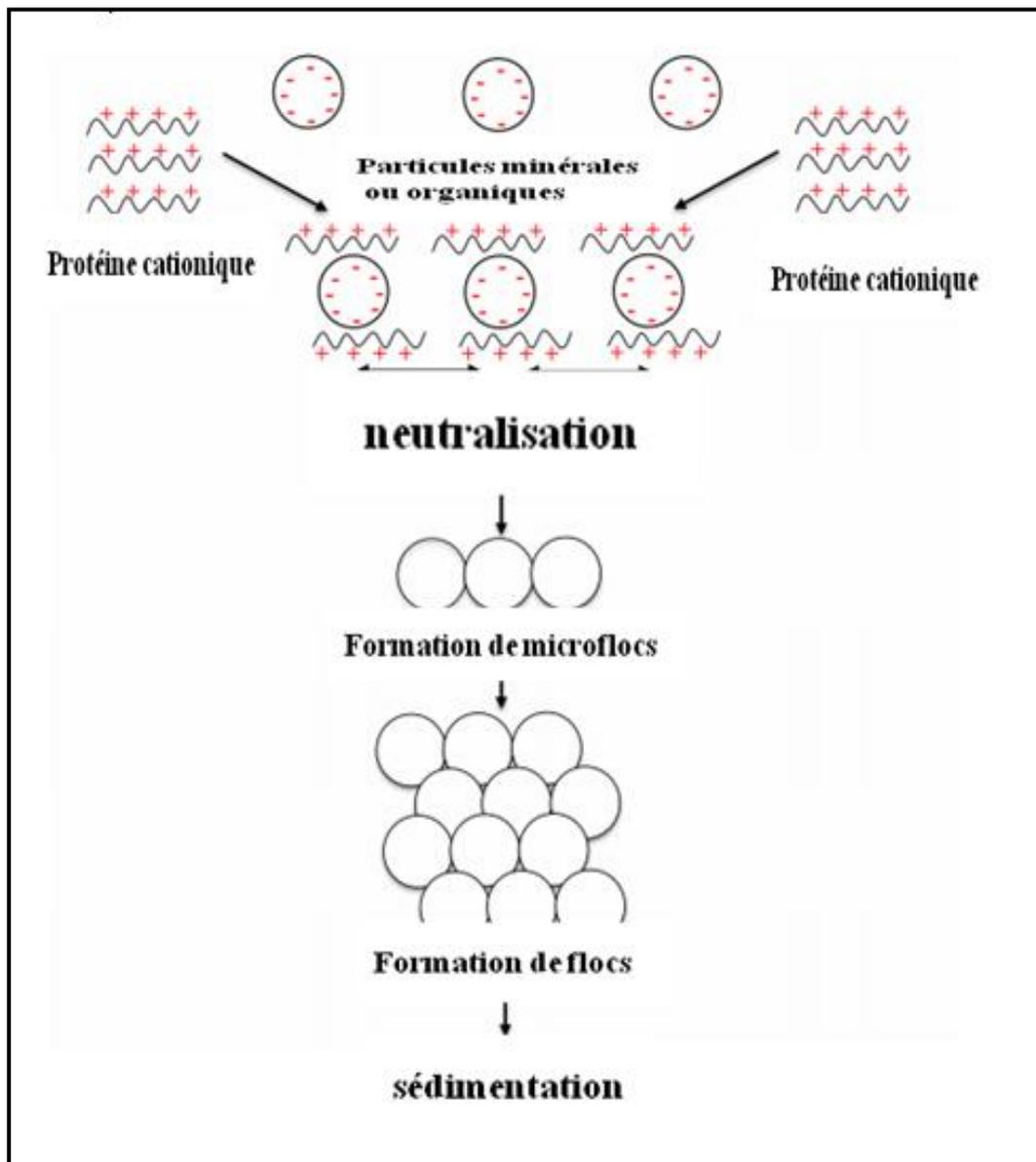


Figure 6: Le mécanisme de coagulation-floculation par protéine de *Moringa oleifera* (James et al., 2017.)

3. Agent désinfectant

L'utilisation de la graine de *Moringa oleifera* comme désinfectant pour l'eau suscite un intérêt considérable. De nombreuses revues de la littérature ont révélé sa propriété antimicrobienne contre les bactéries à Gram négatif et à Gram positif pour traiter des eaux usées. (Aruna et Srilatha , 2012 ; Meenakshi et al., 2015 ; Otunyo et Wokocha , 2015)

Ces graines agissent également comme agent antimicrobien contre les champignons (Firth et al., 2010 ; Vrushali et al., 2018) et les cyanobactéries. (Lüring et Beekman , 2009).



Chapitre 2
Matériel et méthodes



Chapitre 2: Matériel et Méthodes

L'intégralité de ce travail a été réalisée au niveau du laboratoire de microbiologie de la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la terre de l'Université de Khemis miliana, ainsi qu'au niveau du laboratoire d'analyse de l'hôpital MAKKOUR HAMOU de AIN DEFLA durant une période de 4 mois (Février - Mai 2018).

1. Matériel**1.1. Les eaux usées**

Les analyses sont effectuées sur deux types d'eaux : eau usée brute et eau usée épurée provenant de la station d'épuration des eaux usées de l'office national d'assainissement à **AIN DEFLA**. (fig 7)

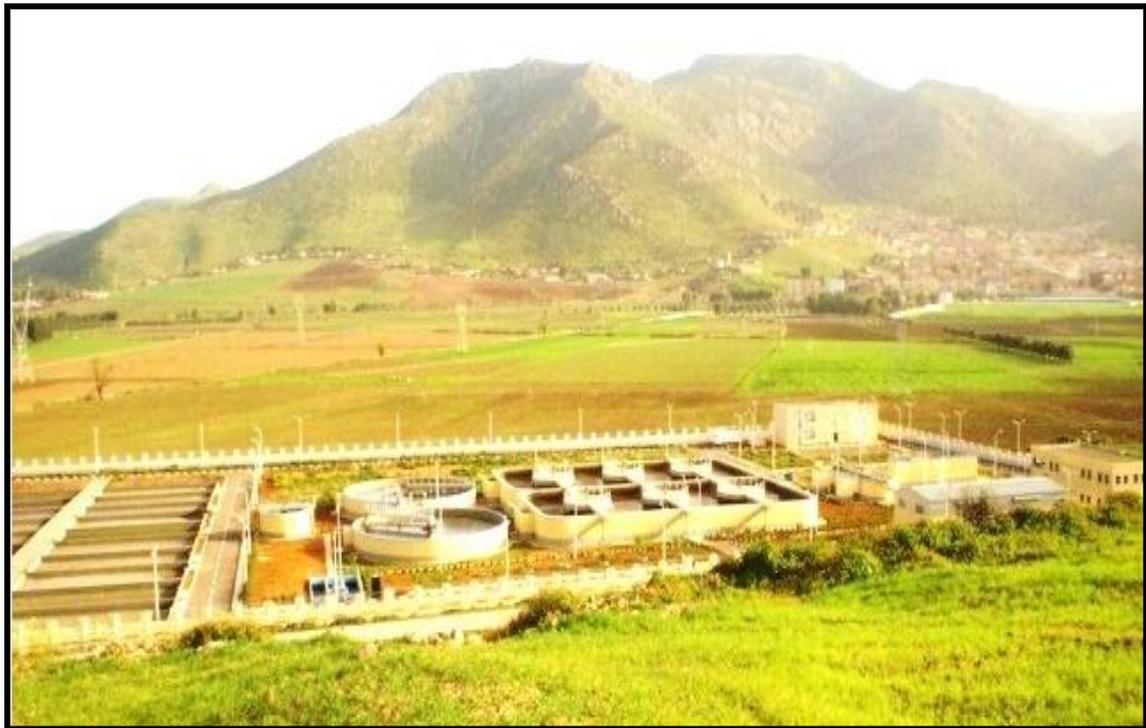


Figure 7 : la station d'épuration des eaux usées d'AIN DEFLA

1.2. Matériel végétal

L'étude est réalisée avec les graines de *Moringa oleifera* provenant de la fondation méditerranéenne pour le développement durable *DJANATU EL'ARIF*, **MOSTAGANEM**. (fig 12), les échantillons ont été prélevés pendant la période allant du mois de Mars au mois de Mai



Figure 8 : La fondation méditerranéenne pour le développement durable
DJANATU EL'ARIF

1.3. Matériel non biologique, produits et réactifs chimiques

Le matériel et produits utilisés au cours de notre expérimentation sont représentés dans le tableau 7.

Tableau 7: Matériel non biologique, produits et réactifs chimiques.

Matériel non biologique	Produits et réactifs chimiques	
	Milieus de culture	Réactifs chimiques
Bain marie Centrifugeuse Incubateur 22°C, 37°C, 44°C, calculateur de colonies Mortier en porcelaine vortex	BCPL, EPEI, Rothe, LITSKY, TGEA, GNAB, Chapman, Hecktoen, SS, VF, King A et king B	Kovacs Alun de fer Sulfite de sodium Plasma de lapin

2. Méthodes

2.1. Mode de prélèvement

Les échantillons d'eau sont collectés à l'entrée et à la sortie de la station. Ils sont recueillis 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**) : Ces échantillons sont analysés sans délai ou après une courte durée de conservation dans des conditions satisfaisantes .

2.2. Préparation de la poudre de *Moringa oleifera*

Selon la méthode décrit par *Lea ,(2010)*:

- Laisser sécher les graines de *Moringa oleifera* décortiquées 2 à 3 jours à la lumière solaire.
- Broyer à l'aide d'un mortier et d'un pilon en porcelaine, en vue de l'obtention de la poudre fine.
- Tamiser la poudre.
- Mélanger la poudre avec de l'eau distillée (0.4 grammes dans 5 ml de l'eau distillée) .
- Agiter vigoureusement pendant 5 à 10 minutes en utilisant un agitateur magnétique pour favoriser l'extraction par l'eau des protéines coagulantes.
- Filtrer le lait de *Moringa* à travers un papier filtre. (fig 9)
- Verser dans l'eau à traiter selon la turbidité de l'eau.
- Mélanger 30 secondes avec une spatule.
- Laisser agir pendant 1 à 2heures.



Figure 9 : Schéma représentant les principales étapes d'obtention du lait de *Moringa oleifera*

2.3 Dilutions décimales

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

- 1 ml de l'échantillon de l'eau à analyser est introduit aseptiquement à l'aide d'une pipette graduée dans un tube à essai contenant 9 ml d'eau distillée stérile.
- Fermer et agiter le tube à essai, cette dilution est alors 1/10.
- De la même façon, prélever 1 ml de la dilution 10^{-1} et la transférer dans un deuxième tube à essai afin d'obtenir la dilution 10^{-2} .
- Répéter la même procédure jusqu'à l'obtention de la dilution idéale (selon la charge polluante de l'eau à analyser).

2.4 Analyses bactériologiques

L'analyse bactériologique des eaux usées brutes, épurées et traitées par *M.oleifera* ont été réalisés suivant la méthode (Rodier, 2009), qui vise à la recherche et le dénombrement des germes suivants : germes totaux, coliformes totaux et fécaux, streptocoques totaux et fécaux, Clostridium sulfito-réducteurs ainsi que la recherche des germes pathogènes: les vibrions cholériques, les Salmonelles, les Staphylocoques et les Pseudomonas.

2.4.1 Germes totaux:

Le dénombrement des germes totaux, consiste à une estimation du nombre total des germes dans l'eau. Dans notre étude, les numérations bactériennes ont été réalisées par dénombrement indirecte par la technique d'étalement de 1 ml de l'échantillon brute ou l'une de ses dilutions sur gélose TGEA l'incubation est réalisée à 22°C et à 37°C/24h.(Annexe 01) (Fig10)

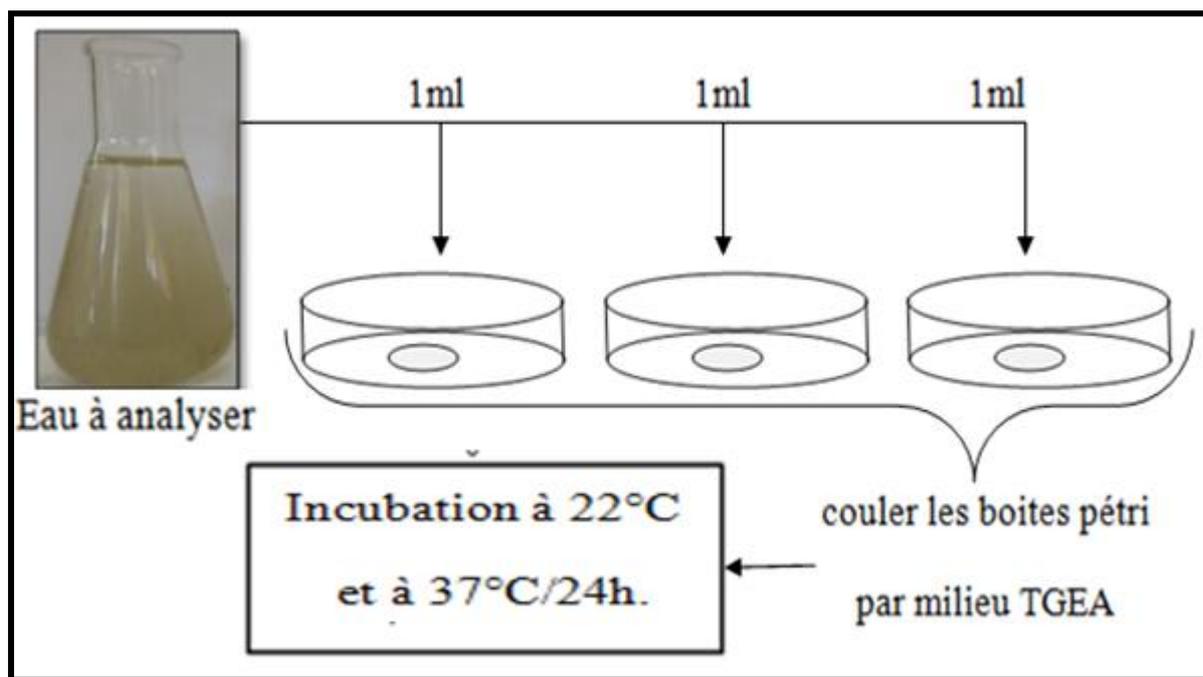


Figure10 : Recherche et dénombrement des germes totaux.

2.4.2 Coliformes:

2.4.2.1 Coliformes totaux:

Selon la norme ISO 9308-2:2012(E).

- On prépare 3 séries de 3 tubes, chacun contenant 10 ml de bouillon BCPL simple concentration, munis de cloches de Durham.
- On ensemence avec 1 ml d'eau à analyser brute et/ou les dilutions, trois dilutions successives.
- Nous agitons pour homogénéiser, sans faire pénétrer l'air dans la cloche de Durham.
- L'ensemble des tubes ainsi préparés est incubé 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.
- 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 02-3). (fig11)).

2.4.2.2 Coliformes fécaux et *Escherichia coli*

Les coliformes fécaux ou coliformes thermo tolérants sont dénombrés comme suit:

- On repique de chaque tube de BPCL positif 2 à 3 gouttes dans un tube d'eau peptonée exempte d'indole(EPEI) et un tube de BCPL
- On incube à 44°C pendant 24h à 48 h.
- Nous considérons 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 02-3) (fig11)).

La présence d'*Escherichia coli* est confirmée par la formation d'un anneau rouge a la surface des tubes d'eau peptonée, après addition de 2a 3 gouttes du réactif de kovacs

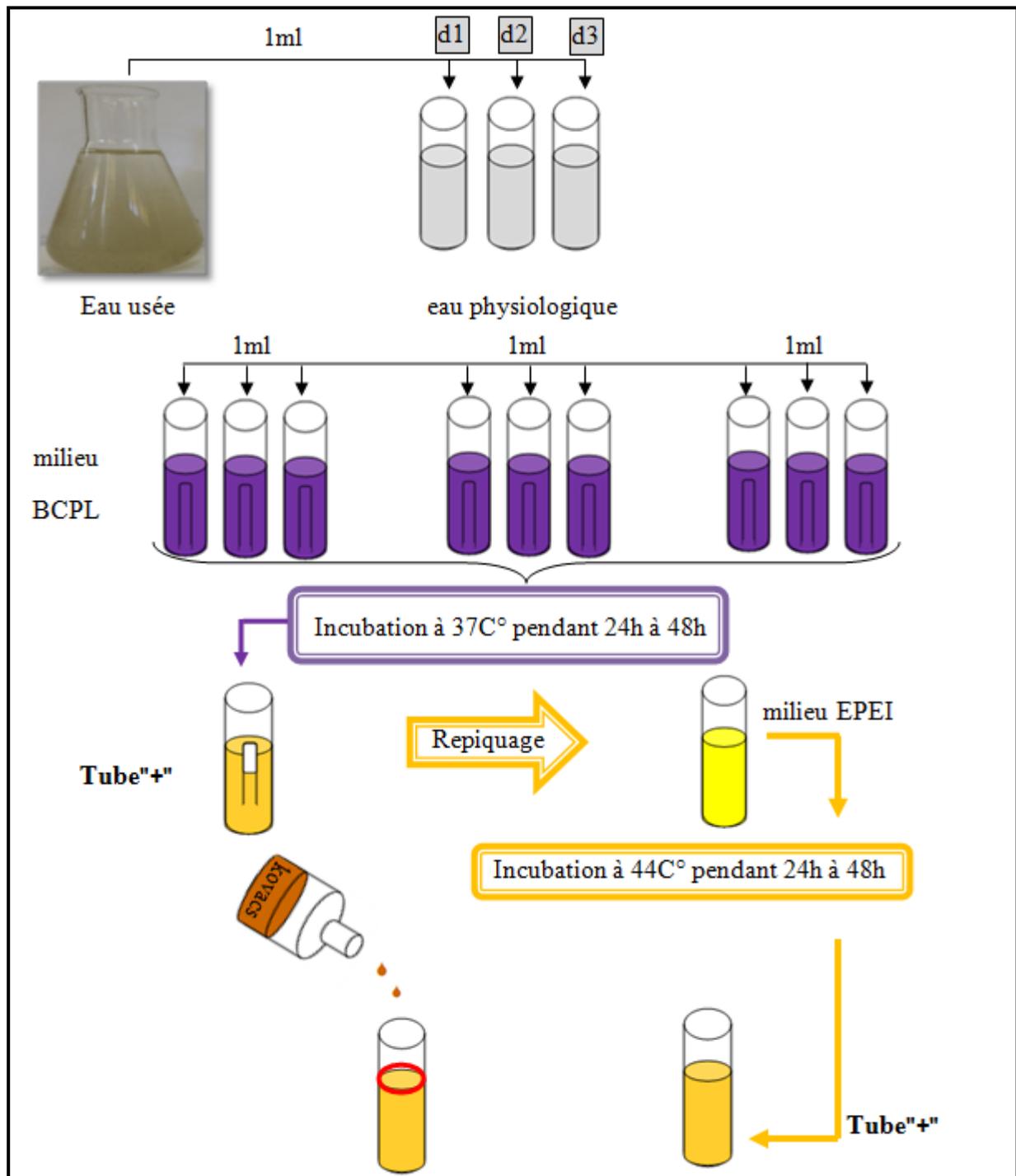


Figure 11 : Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux.

2.4.2.3 Streptocoques totaux

La technique utilisée est la suivante:

- On ensemence 3 séries de 3 tubes de 10 ml de bouillon de Roth à simple concentration (S/C) avec 1 ml d'eau à analyser, trois dilutions successives.
- On agite pour homogénéiser et on les place dans une étuve à 37°C pendant 48h.
- Après l'incubation, Les tubes présentant un trouble microbien sont considérés comme positifs.
- Les résultats de dénombrement sont exprimés en nombre de germes pour 100 ml d'échantillon selon la table de Mac Grady((annexe 04) (fig12)).

2.4.2.4 Streptocoques fécaux

- On agite les tubes contenant le bouillon de **Rothe** positifs, puis on prélève de chacun d'eux successivement quelques gouttes avec une pipette pasteur pour les reporter dans des tubes contenant 10 ml de milieu **Litsky**
- Les tubes sont incubés à 37° C pendant 24 à 48h.
- L'apparition d'un trouble microbien confirme la présence d'un *Streptocoque fécale*, parfois la culture s'agglomère au fond du tube en fixant le colorant et en formant une pastille violette de signification identique à celle du trouble.
- Les résultats de dénombrement sont exprimés comme ceux des Streptocoques totaux, en nombre de germes pour 100 ml d'échantillon ((annexe 04) (Fig. 12)).

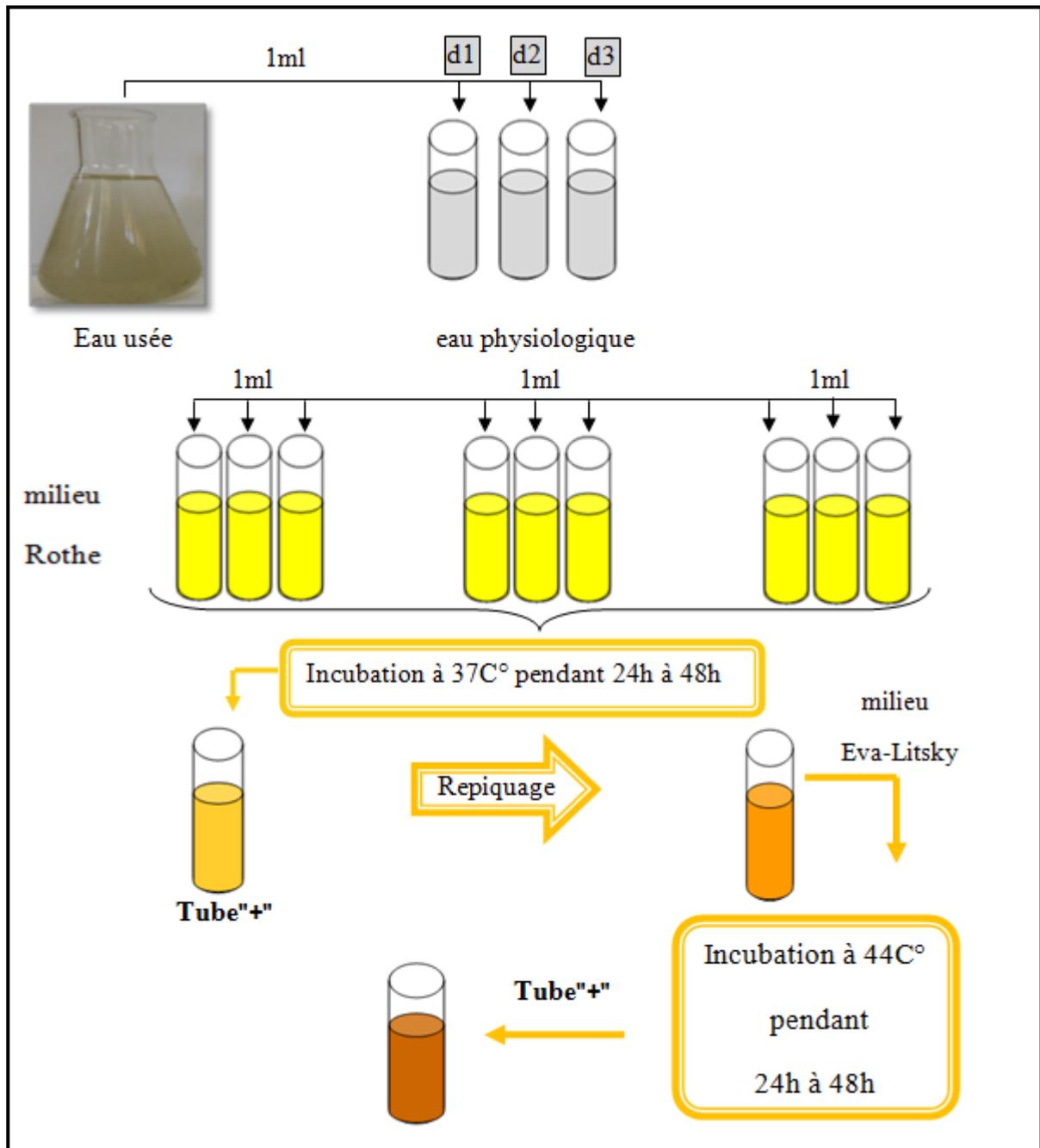


Figure 12: Recherche et dénombrement des Streptocoques totaux et fécaux.

2.4.2.5 Germes anaérobies sulfito- réducteurs

Conformément à la norme NF T 90-415, La recherche des *Clostridium Sulfito réducteurs* est basée sur la recherche des formes sporulées. Pour cela, on détruit les formes végétatives par un chauffage à 80°C, puis on refroidit rapidement. L'échantillon est incorporé à un milieu VF, fondu, additionné de sulfite de sodium et d'alun de fer. Après l'incubation de 48 à 37°C, les colonies entourées d'un halo noir sont comptées comme susceptibles de provenir de bactéries anaérobies sporulées sulfito-réductrices (**Hamaidi Chergui et al ., 2016**). (Fig 13)

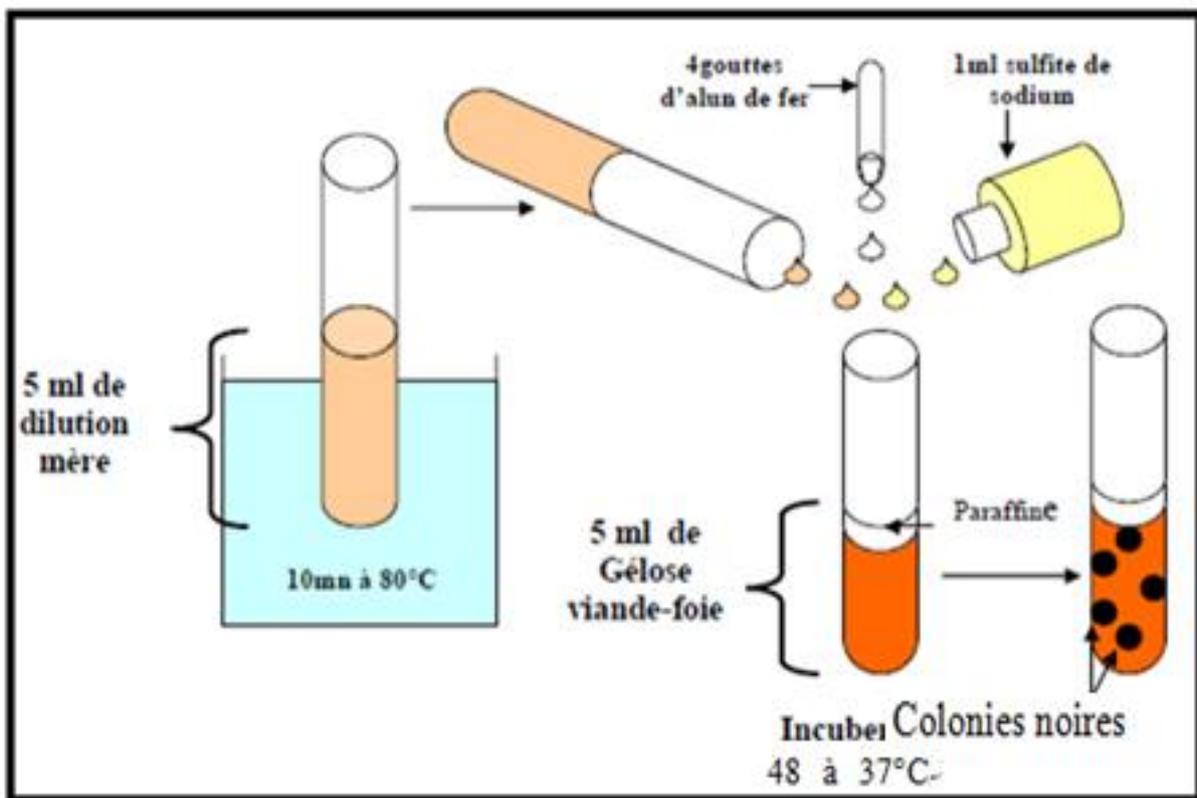


Figure 13 : Recherche et dénombrement des germes anaérobies sulfito-réducteurs.

2.4.3 Recherche des germes pathogènes

2.4.3.1 Vibrions cholériques

La recherche des vibrions cholériques s'effectue suivant les étapes (**Hamaidi-Chergui *et al.*, 2016**).

- Faire un premier enrichissement dans l'eau péptonée tamponnée dix fois concentrée à 37°C pendant 24 heures, suivie d'un deuxième enrichissement dans l'eau péptonée tamponnée simple.
- Incuber à 37°C pendant 24 à 48 heures.
- Sortir les échantillons de l'étuve **sans les agiter**. En effet, les Vibrions se situent en surface **le surnageant est un film blanchâtre à la surface** de la colonne de liquide.
- Collecter le développement en surface à l'aide d'une anse stérile.
- procéder à un isolement en stries sur une boîte de gélose GNAB. Si les colonies ne sont pas correctement isolées. (Fig 14)
- La lecture se limite à la présence ou l'absence de colonies spécifiques, en tenant compte que les vibrions se présentent le plus souvent sous forme de colonies plates, lisses et transparentes.
- L'identification biochimique des souches suspectes a été réalisée par les galeries conventionnelles: coloration de gram ainsi des séries de tests biochimiques telles la recherche de type catalase, oxydase et le profil fermentaire envers certains sucres sur milieu TSI. (annexe 05)

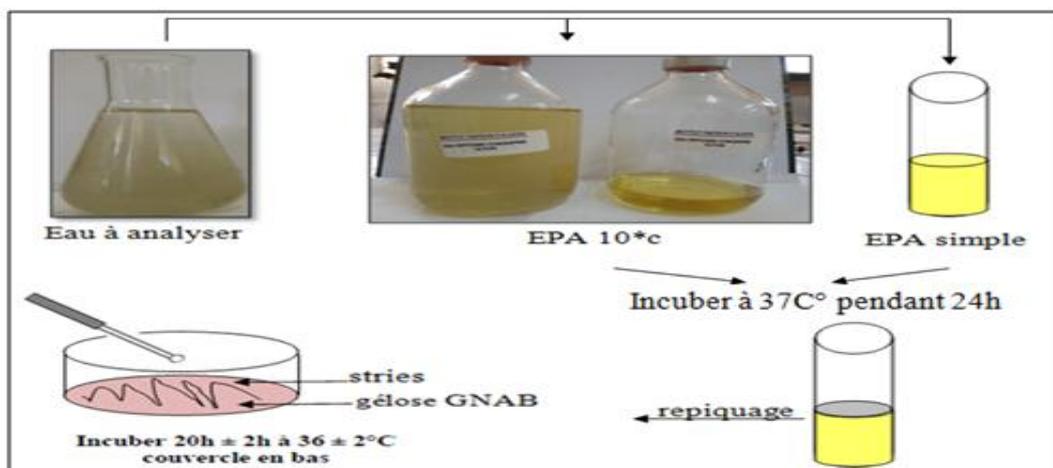


Figure 14 : Recherche des vibrions cholériques.

2.4.3.2 Salmonelles

Le protocole d'isolement des salmonelles est réalisé selon la norme EN ISO 6579 (Hamaidi-Chergui *et al.*, 2016).

- on réalise un enrichissement par inoculation de 5 mL d'échantillon dans 5 mL de bouillon d'enrichissement, deux milieux (Rappaport et SFB) ont été utilisés, ensuite les tubes sont incubés à 37° C pendant 24h.
- Après l'enrichissement, on procède à la culture sur milieu sélectif, le milieu SS Agar.
- L'identification des colonies suspectes se fait par repiquage sur milieu TSI
- On ensemence les colonies soupçonnées à l'aide d'une anse en platine d'abord par piqûre centrale dans le culot puis par des stries serrées au niveau de la pente.
- Les tubes ainsi ensemencés sont incubés à 37°C pendant 24 h.
- La lecture des résultats se limite à la présence ou l'absence de colonies spécifiques (Fig 15).

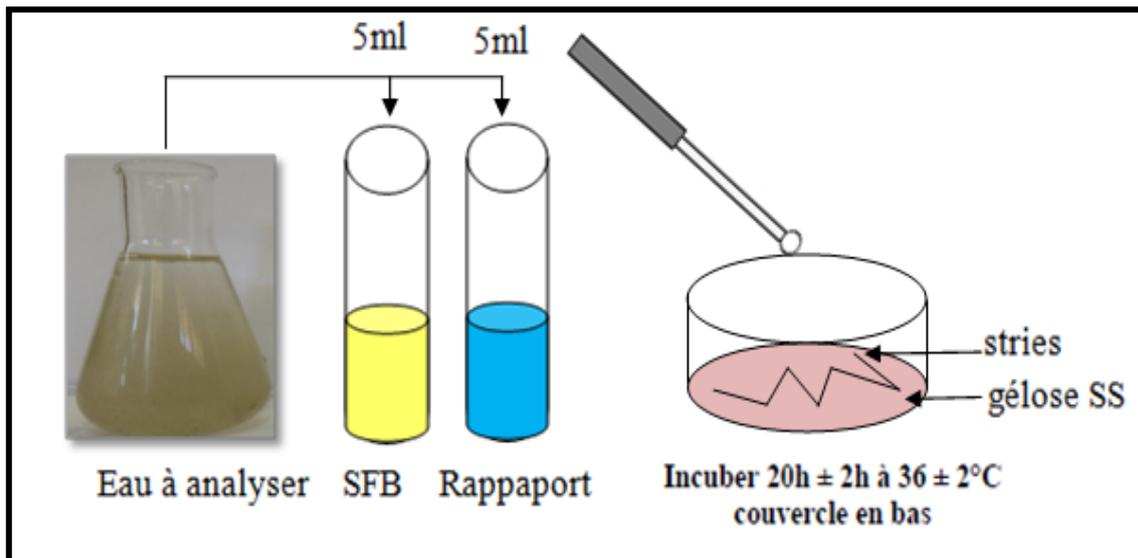


Figure 15 : Recherche des salmonelles.

2.4.3.3 Staphylocoques pathogènes

Conformément à la norme NF ISO 7218, nous avons procédé comme suit :

- On prend 2 gouttes de l'eau à analyser et l'on verse dans la boîte de Petri contenant le milieu Chapman
- L'ensemencement s'effectue par étalement.
- L'incubation à 37°C pendant 24-48 h (Fig.16).

Lecture : Sur ce milieu, les colonies de *Staphylococcus aureus* s'entourent d'un halo jaune dû à l'attaque du mannitol, Les autres espèces de *Staphylococcus* donnent des colonies généralement plus petites, rosées et n'entraînant pas de virage du couleur.

Le milieu Chapman permet la sélection des staphylocoques et l'identification de *Staphylococcus aureus* est confirmée par le test de coagulase.

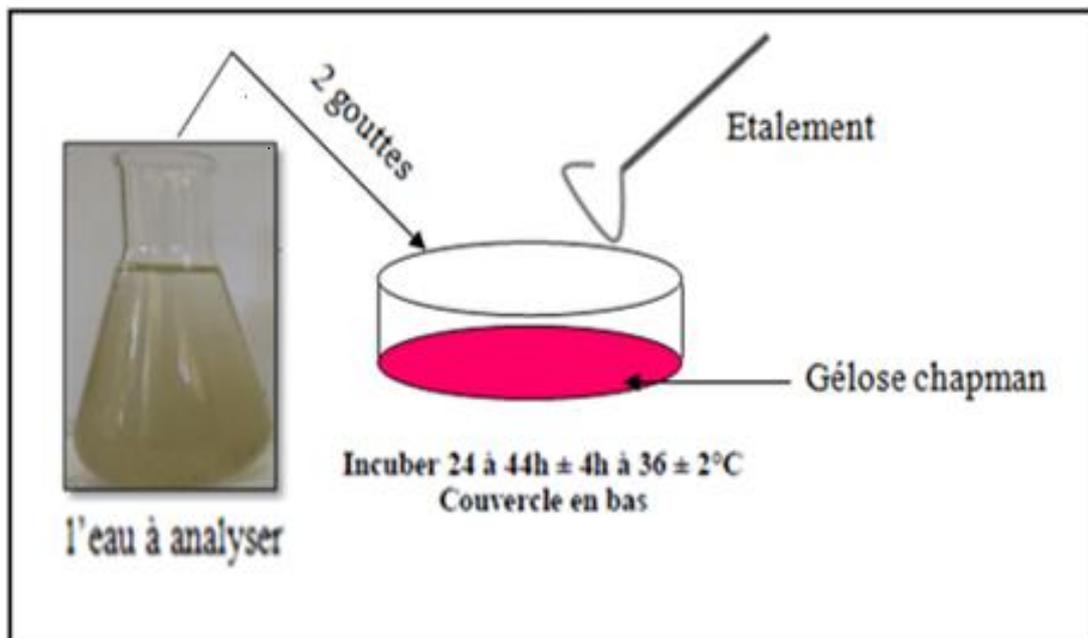


Figure16: recherche des Staphylocoques

2.4.3.4 Pseudomonas

Conformément à la norme NF EN 12780 et la norme NF V ISO 7218, on utilise un milieu sélectif : King A spécifique pour *Pseudomonas aeruginosa* et le milieu King B pour *Pseudomonas fluorescens* et autres espèces.

- On ensemence les milieux King A et King B en surface à l'aide d'une anse de platine,
- on incube pendant 24 h à 37° C (fig.17).
- Les colonies de *Pseudomonas aeruginosa* ont un diamètre de 1.5 à 2 mm avec une couleur blanc- crème, un aspect muqueux et parfois il y a production de pigment bleu-vert sur le milieu King A (présence de pyocyanine).
- *Pseudomonas fluorescens* de couleur jaune-vert fluorescent sur le milieu King B (présence de pyoverdine). (Annexe 06)

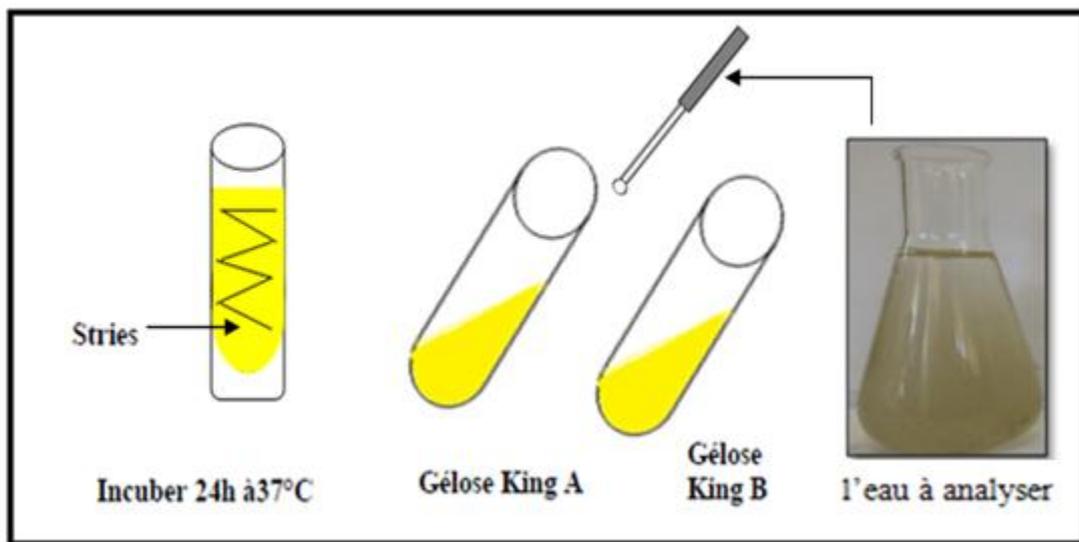


Figure 17: Recherche de Pseudomonas

2.5 Méthodes d'analyses parasitologiques

L'analyse parasitologique des eaux usées comporte principalement la recherche des œufs d'helminthes et des kystes de protozoaires

• Protozoaires

Les espèces de protozoaires intestinaux humains qui sont considérés comme pathogènes et fréquemment rencontrés dans les eaux usées sont : *Entamoeba histolytica*, *Balantidium coli*, *Giardia intestinalis*, *Cryptosporidium parvum* .

• Helminthes

La contamination parasitaire des eaux usées résulte du rejet des œufs d'helminthes avec les matières fécales de l'homme ou des animaux. Les œufs d'helminthes pathogènes pour l'homme et mis en évidence dans les eaux usées appartiennent à différents groupes taxonomiques dont :

- les nématodes : *Ascaris sp*, *Toxocara sp*, *Trichuris sp*, *Ankylostoma duodenale*.... ;
- les cestodes : *Taenia saginata*, *Taenia solium*, *Hymenolepis sp*.... ;
- les trématodes : *Fasciola sp*, *Schistosoma sp* (**Bitton, 2005**).

Dans cette étude, nous avons opté pour le choix de deux techniques : **Examen direct à l'état frais et la méthode par flottation (la méthode de Willis)(Viviane, 2007).**

2.5.1 Examen direct à l'état frais

Technique par centrifugation : elle permet de voir la mobilité des formes végétatives de certains parasites (amibes et flagellés).

- Dans cette technique, les éléments parasitaires sont concentrés sous l'action de la centrifugation à 1500 tours/min pendant 1 à 2 minutes, on les retrouve donc dans le sédiment.

- On prélève à l'aide d'une pipette le culot, dans lequel se trouvent les parasites qu'on étale sur lame de Malassez après coloration au lugol, pour l'identification puis le dénombrement.

- On observe la lame sous microscope au grossissement x40.

2.5.2 Méthode de Willis

Décrite dans le manuel de l'OMS sur l'analyse des eaux résiduaires en vue de leur recyclage en agriculture. Il s'agit d'une technique de purification fondée sur la différence de densité entre le liquide de dilution et les éléments parasitaires. Cette différence de densité permet aux œufs et aux kystes de flotter à la surface de la solution.

Le principe est basé sur l'emploi d'un liquide très dense qui provoque la flottation des éléments parasitaires à la surface et assure leur séparation des autres débris. C'est une technique simple, utilisant un matériel rudimentaire qui présente l'avantage de la simplicité d'exécution, de la rapidité et d'un faible prix de revient (eau chlorurée sodique) (Viviane., 2007).

- Nous avons adopté la technique qui consiste à la dilution directe du culot obtenu après centrifugation dans une solution d'eau chlorurée sodique (NaCl) à saturation (25g dans 100ml environ) puis filtrées rapidement.
- La suspension obtenue est versée dans un tube jusqu'à la limite supérieure, la difficulté de leur prélèvement est contournée par la possibilité que l'on a de remplir un tube avec plus de liquide qu'il ne peut contenir, provoquant ainsi la création d'un ménisque convexe en haut du tube. (fig18)
- Le prélèvement des éléments parasitaires flottants est fait en touchant ce ménisque avec la face inférieure d'une lamelle, qui est ensuite déposée sur une lame préparée avec une goutte de lugol.
- On place alors délicatement une lamelle qui doit recouvrir tout le tube sans bulle d'air.
- Un quart d'heure plus tard on retire la lamelle qui est déposée sur une lame et la lecture de la concentration est effectuée avant évaporation de l'eau et cristallisation du sel.

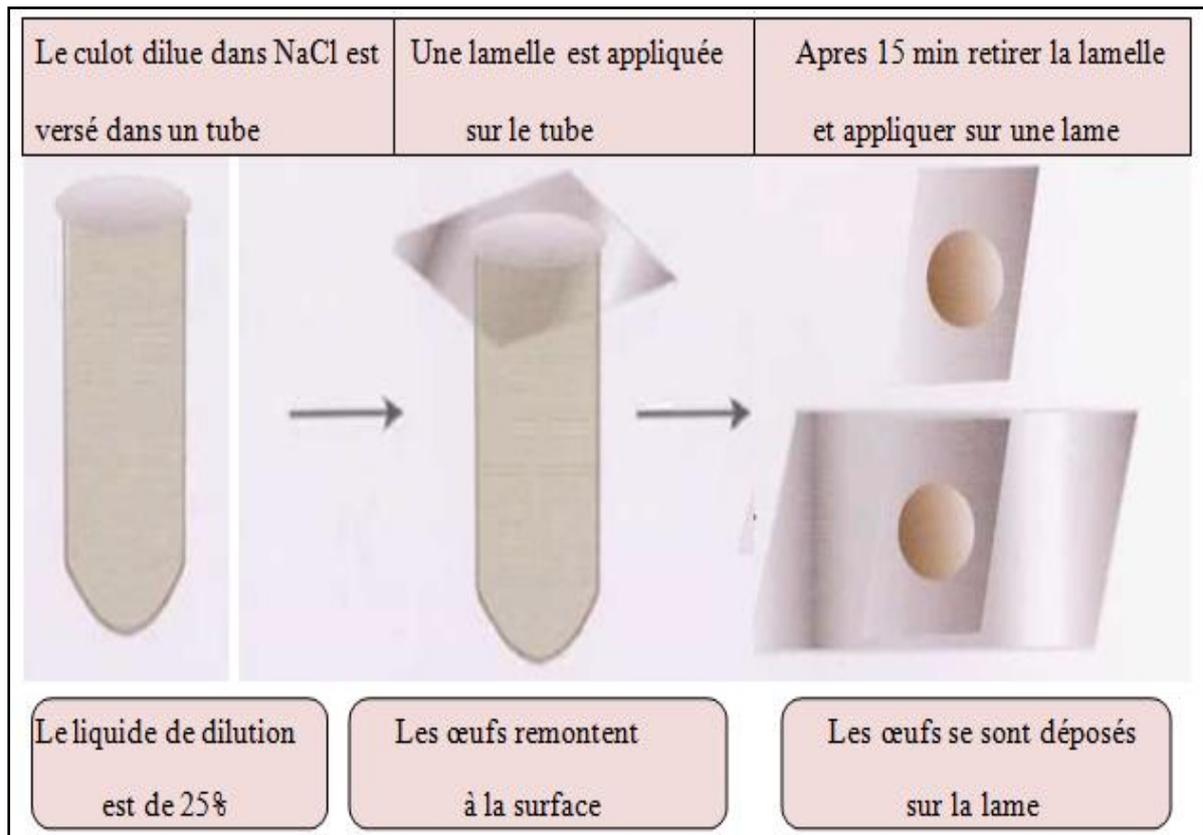


Figure 18: méthode de flottaison de WILLIS (Viviane G, 2007)

1.5.4. Identification des œufs

Elle a été faite grâce au manuel de diagnostic de Handbook of Water and Wastewater Microbiology de Mara et Horan, 2003 et Viviane, 2007. Les critères utilisés pour l'identification des œufs d'helminthes et les kystes de protozoaires sont essentiellement : la taille, la forme, l'épaisseur de la coque, l'existence d'embryophore, la présence ou non de bouchons polaires et d'une larve à l'intérieur de l'œuf.

2.5.4. Dénombrement des œufs

Les la cellule de Malassez est utilisée pour la quantification des œufs d'helminthes et les kystes de protozoaires

Pour réaliser le remplissage de la cellule, il faut :

- Humidifier les glissières latérales sur lesquelles va reposer la lamelle
- Déposer la lamelle sur les rebords, celle-ci doit adhérer par un "effet ventouses"
- Placer l'extrémité de la pipette contre la lamelle et délivrer par capillarité le liquide en évitant tout débordement vers les rigoles.
- On totalise le nombre de cellules présentes dans chaque rectangle, arbitrairement, il est convenu de ne tenir compte que des cellules positionnées sur les côtés droits et inférieurs.
- On ne comptera les cellules que dans 5 des 25 rectangles pris au hasard dans la cellule, et le comptage se fait au grossissement x 40.
- On fait ensuite la somme des cellules observées dans chaque rectangle, on divise ce nombre par 5 (nombre de rectangles comptés), on obtient ainsi le nombre de cellules par rectangle, il suffit de multiplier le nombre obtenu par 100 pour connaître le nombre d'entités cellulaires par mm^3 .

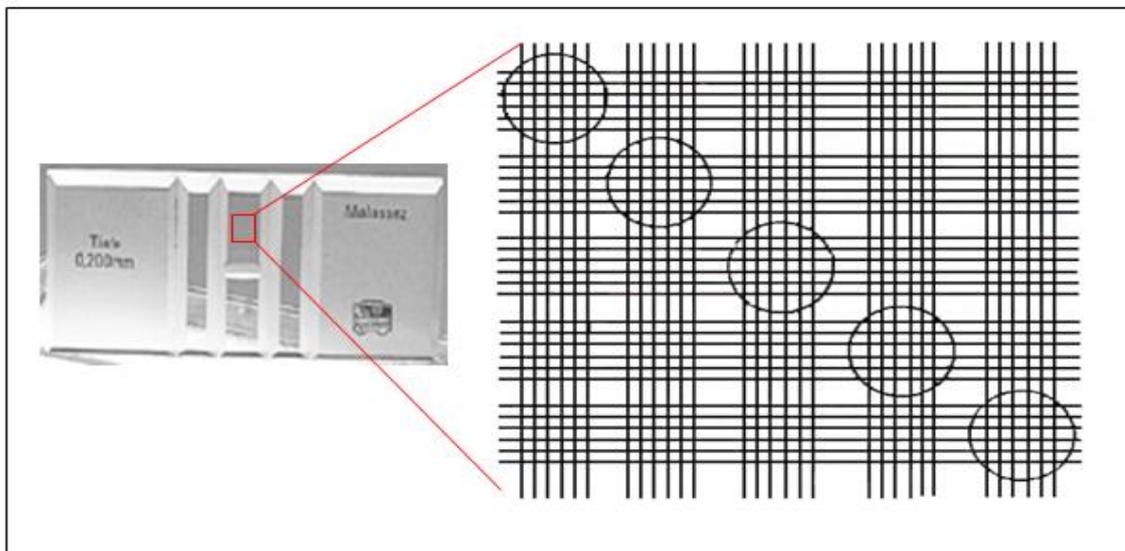


Figure19: La cellule de Malassez (Viviane G, 2007)

La quantification est effectuée par numération des œufs présents dans le ménisque. Pour le calcul du nombre d'œufs par litre, nous avons utilisé la formule suivante : Le nombre total des œufs d'helminthes et les kystes de protozoaires par litre (N) présent dans l'échantillon d'eau usée traitée ou non.

$$N = X/P * V/S$$

N : nombre d'œufs par litre d'échantillon

X : nombre d'œufs comptés dans la cellule de Malassez ou moyenne du nombre d'œufs trouvés dans trois lames.

P : volume de la cellule = 0,25 ml

V : volume total du produit examiné en ml ($v \leq 5$ ml)

S : volume de l'échantillon d'eau usée (litre).

2.2. Traitement des données

2.6.1 Abattement microbiologique ou l'efficacité de traitement

2.6.1.1. Abattement bactériologique

Ce descripteur traduit le taux de réduction de la concentration en pathogènes entre l'entrée et la sortie de la station, et d'autre part entre les eaux brutes et les eaux traitées par les graines de *Moringa oleifera*. (Hamaidi-Chergui *et al.*, 2016).

L'abattement des germes totaux et les trois types d'indicateurs de contamination fécale a été étudié sur les trois types de l'eau (eaux brutes, eaux épurées et eaux traitées par les graines de *Moringa oleifera*) .

L'abattement A_1 considéré par cette étude est la différence des concentrations entre l'entrée et la sortie de la station d'épuration, il est exprimé en pourcentage

On le calcule selon la formule suivante

$$A_1 = ((E-S)/E) \times 100$$

E: concentrations a l'entrée de la station

S: concentration a la sortie de la station

L'abattement A_2 est la différence des concentrations entre les eaux brutes et les eaux traitées par les graines de *Moringa oleifera*

On le calcule selon la formule suivante

$$A_2 = ((E_b - E_m)/E_b) \times 100$$

E_b : concentrations des germes dans les eaux brutes

E_m : concentrations des germes après le traitement avec les graines de *Moringa oleifera*.

2.6.1.2. Abattement parasitologique

Ce descripteur traduit le taux de réduction de la concentration en parasites entre l'entrée et la sortie de la station ainsi entre les eaux brutes et celles traitées par les graines de *Moringa oleifera*.

Chaque rendement est calculé à l'aide de la formule suivante : (**Hamaidi-Chergui et al ., 2016**)

$$R = (P_i - P_0) / P_i \times 100$$

R : est le rendement de traitement.

P_i : est le chiffre de la concentration en parasites entre l'entrée.

P_0 : est le chiffre du même paramètre à la sortie ou après traitement par les graines de *Moringa oleifera*.

2.7 Analyses statistiques des données

Selon **Jarvis, 2016**

- Toutes les expériences ont été réalisées en triplicats.
- Les résultats obtenus ont fait l'objet d'un traitement graphique et statistique par le logiciel Excel version 2007.
- Les résultats des analyses de laboratoire nous ont permis de procéder à des calculs de moyennes.
- La moyenne arithmétique a été calculée pour les données bactériologiques à l'exception pour les coliformes ainsi, elle a été utilisée pour le calcul des parasites.

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} = \left(\sum_{i=1}^n x_i \right) / n$$

- La moyenne géométrique pour les bactéries coliformes (**OMS, 2006**):

$$\bar{x} := \sqrt[n]{x_1 \times x_2 \times x_3 \times \dots \times x_n}$$



Chapitre 3
Résultats et discussion



Chapitre 3 : Résultats et discussions**1. Résultats****1.1. Résultats des analyses bactériologiques**

Les analyses bactériologiques effectuées sur les eaux usées de l'entrée, et de la sortie de la station et ainsi que les eaux traitées par les graines de *M.oleifera*, consistent en la recherche et au dénombrement des germes de contamination fécale suivants : les germes totaux (GT), les coliformes totaux (CT) et fécaux (CF), *Escherichia coli* (*E. coli*), les streptocoques fécaux (SF), les Clostridium sulfito-réducteurs (CSR), ainsi que les germes pathogènes (les salmonelles, les staphylocoques, les pseudomonas et les *vibrio sp*).

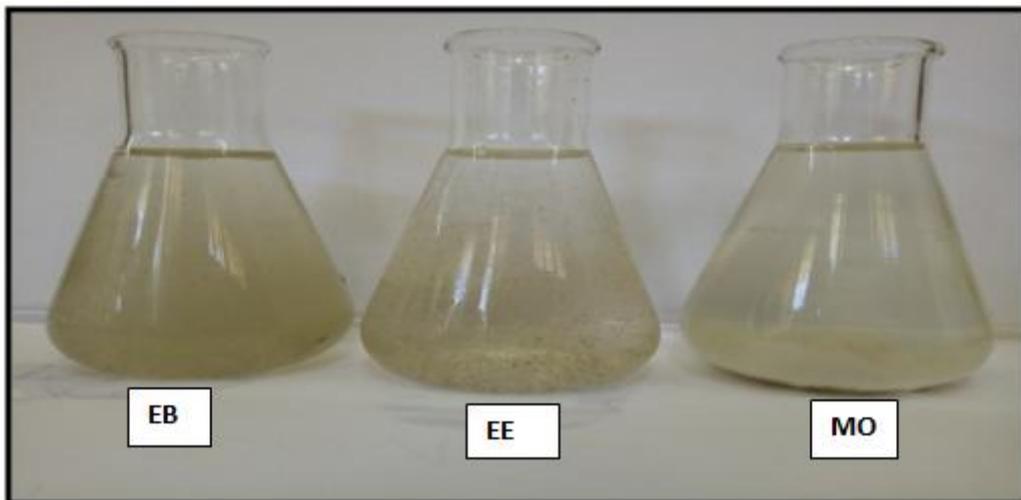


Figure 20: Les trois types d'eau utilisés dans les analyses.

1.1.1 Germes totaux

Les eaux usées brutes analysées sont fortement chargées en germes totaux avec une concentration de $3,16 \times 10^{12}$ UFC/ ml et $3,05 \times 10^{11}$ UFC/ ml à 22°C et à 37°C respectivement (Fig 21). Une réduction significative de ces germes a été observée dans les eaux épurées et les meilleurs résultats ont été enregistrés avec les eaux traitées par les graines de *Moringa oleifera*.

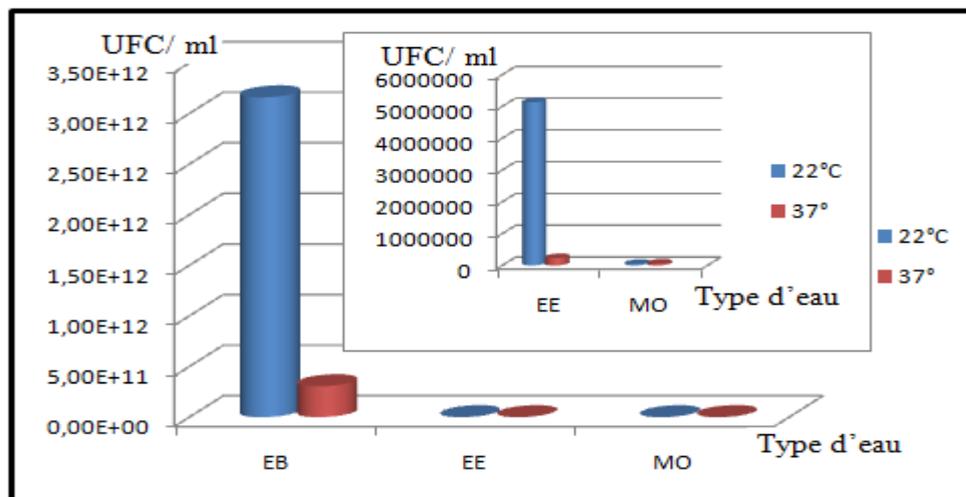


Figure 21: Le dénombrement des germes totaux dans les trois types d'eau.

1.1.2 Coliformes totaux (CT)

Sur la base des données représentées par la Figure 22, on constate que l'effluent brute est caractérisé par des teneurs très élevées en coliformes totaux oscillant entre 27.10^9 et 11.10^{10} UFC / 100 ml d'eau usée avec une moyenne de 6.10^{10} UFC /100ml. Les résultats montrent une grande concentration de coliformes totaux dans les eaux usées à l'entrée ce qui signifie une dense contamination des eaux. Cette concentration est remarquablement diminuée dans les eaux épurées de sortie de la station qui varie entre 74.10^3 et 240.10^3 UFC/100 ml avec une moyenne de 13.10^4 UFC/100 ml tandis que dans les eaux traitées par les graines de *Moringa oleiferales*, les valeurs sont comprises entre 11.10^2 et 24.10^3 UFC/100 ml avec une moyenne de 28866 UFC/100 ml.

1.1.3 Coliformes fécaux (CF)

Les coliformes fécaux 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 des germes indicateurs de contamination fécale avec des valeurs qui varient entre 4.10^8 et 15.10^8 UFC/100 ml. Nous remarquons que nombre des coliformes fécaux à la sortie de la station varie entre $15. 10^3$ et 92.10^3 UFC/100 ml, alors que pour les eaux traitées par les graines de *Moringa oleifera*, les coliformes fécaux ont des valeurs qui sont comprises entre 15.10^2 et 920 UFC/100 ml. (Fig22)

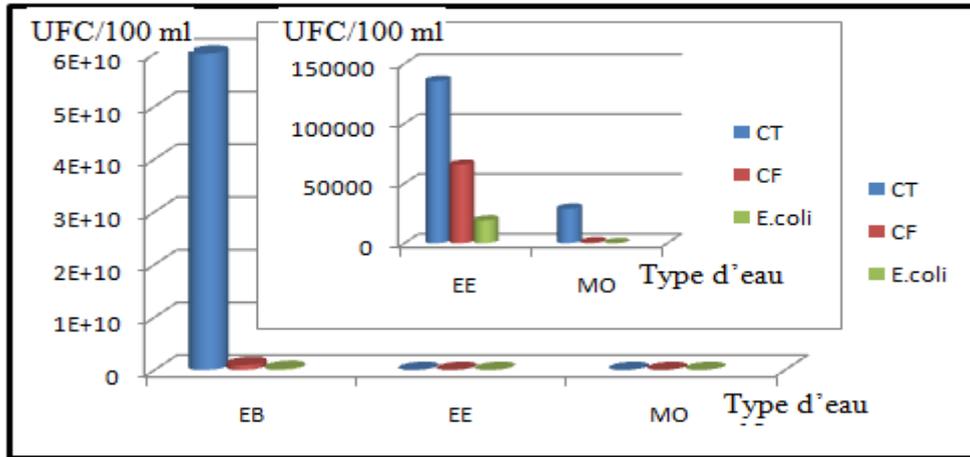


Figure 22: Les coliformes totaux, fécaux et *E.coli*.

1.1.4 Streptocoques totaux(ST) et fécaux (SF)

Les analyses montrent des concentrations assez élevées à l'entrée de la STEP oscillant entre $4 \cdot 10^3$ et $12 \cdot 10^4$ UFC/100 ml pour les Streptocoques totaux tandis que pour Streptocoques fécaux les résultats sont relativement stables oscillant autour d'une valeur de l'ordre de 890 UFC/100 ml d'eau brute. Ces concentrations tendent à diminuer au point de rejet avec des valeurs de 92 à 460 UFC /100 ml, 36 à 93 UFC /100 ml d'eau traitée pour les Streptocoques totaux et fécaux respectivement, alors que pour les eaux traitées par les graines de *Moringa oleifera*, les résultats montrent des concentrations en Streptocoques totaux varient entre 46 et 140 UFC/100 ml, tandis que les Streptocoques fécaux ont des valeurs très diminuées oscillant autour de 1 UFC/100 ml. (Fig 23).

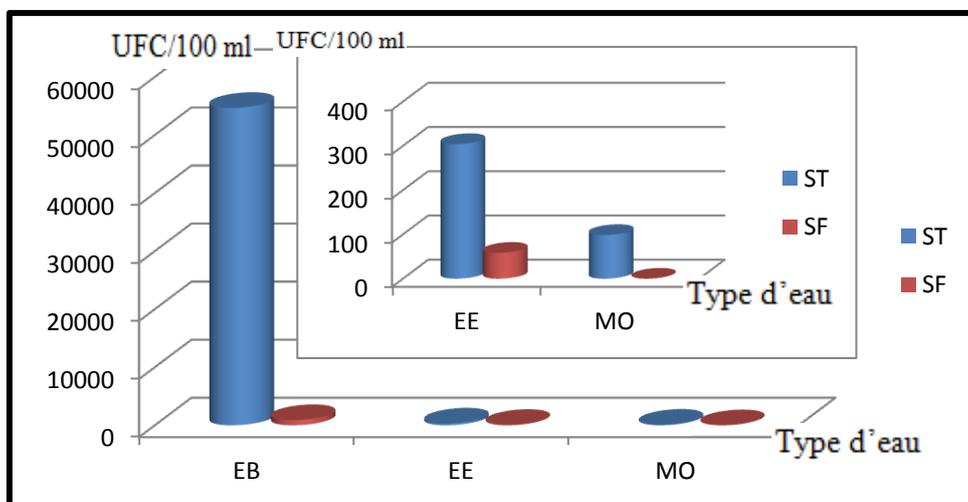


Figure 23: Streptocoques totaux(ST) et fécaux (SF).

1.1.5 Spores de Clostridium sulfito-réducteurs (CSR)

Les spores des clostridium peuvent survivre dans l'eau et dans l'environnement pendant plusieurs mois, elles ne seraient pas toujours inactivées par le chlore et par les rayons ultraviolets (Dellaras, 2014).

Durant cette étude, les teneurs en CSR sont relativement élevées oscillant autour d'une valeur moyenne de l'ordre de 5833 UFC/20 ml à l'entrée du système d'épuration. A sa sortie, la valeur moyenne est de l'ordre de 736 UFC/20 ml alors que pour les eaux traitées par les graines de *Moringa oleifera*, les Spores de Clostridium sulfito-réducteurs sont presque absents 1 UFC/20 ml (Fig 24-25).

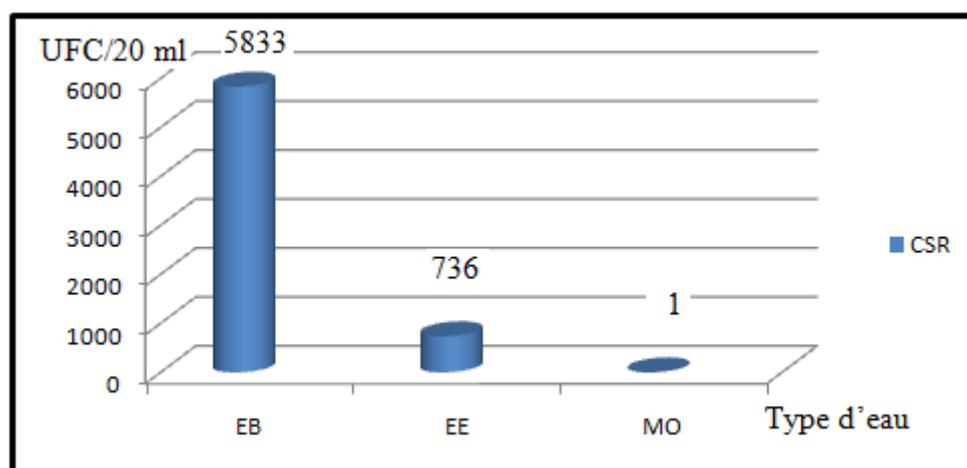


Figure 24: Spores de Clostridium sulfito-réducteurs (CSR)



Figure 25: Les spores de Clostridium sulfito-réducteurs dans les trois types d'eau.

1.1.6 Germes pathogènes

Concernant les germes pathogènes, seuls les salmonelles, les staphylocoques, les pseudomonas et les *vibrio sp* ont été déterminés, étant donné le risque épidémiologique associé à la présence de ces germes pathogènes dans une eau qui peut être destinée à la réutilisation (Rodier et al., 2009; FUNASA, 2013). (Fig 26-27).

Les résultats de la recherche bactériologique des germes pathogènes sont résumés dans le tableau.

Le tableau 8: la recherche bactériologique des germes pathogènes dans les eaux usées, épurées par la STEP et traitées par MO :

	EB	EE	M O
<i>Staphylococcus aureus</i>	137	51	2
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	P	P	A
<i>Vibrio sp</i>	P	P	A
<i>Salmonella sp</i>	A	A	A

D'après le tableau 8, nous remarquons que les eaux usées brutes sont chargées en germes pathogènes alors que pour les eaux traitées par les graines de *Moringa oleifera*, nous remarquons une absence totale de ces germes.



Figure 26: Les Staphylocoques dans les trois types d'eau.



Figure 27: les Pseudomonas dans les EB, les EE et Mo.

1.2. Résultats de l'Analyse parasitologique

L'analyse parasitologique traduit une diversité parasitaire et une différence sur le plan quantitatif. L'observation microscopique révèle la présence d'œufs d'helminthes parasites et des kystes de protozoaires, pour ce là on a adopté deux méthodes: une observation directe de l'eau à analyser et la technique par flottation de WILLIS.

1.2.1. Résultats de l'eau usée brute

- Les protozoaires

Les espèces les plus fréquentes de protozoaires sont *Entamoeba histolytica*, *Entamoeba coli* et *Giardia lamblia* avec des teneurs moyennes de $1,2 \times 10^3$ kystes/l ; $1,6 \times 10^3$ kystes/l et $3,7 \times 10^3$ kystes/l respectivement (fig 28-29).

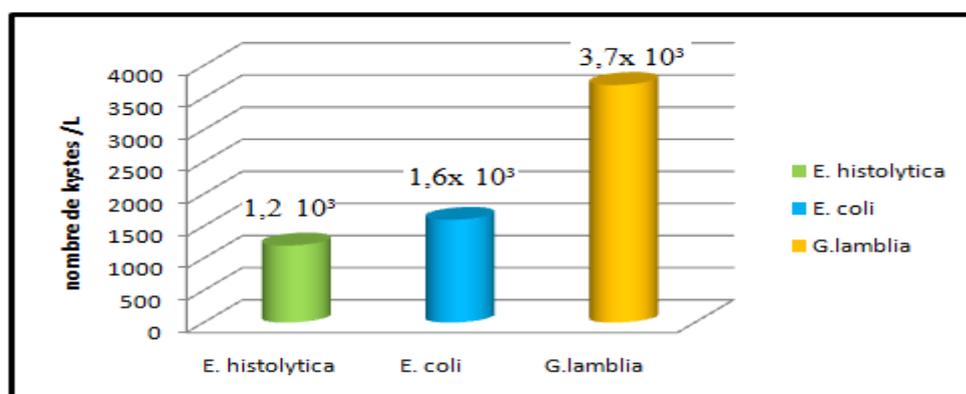


Figure 28: Dénombrement des protozoaires dans les eaux usées.

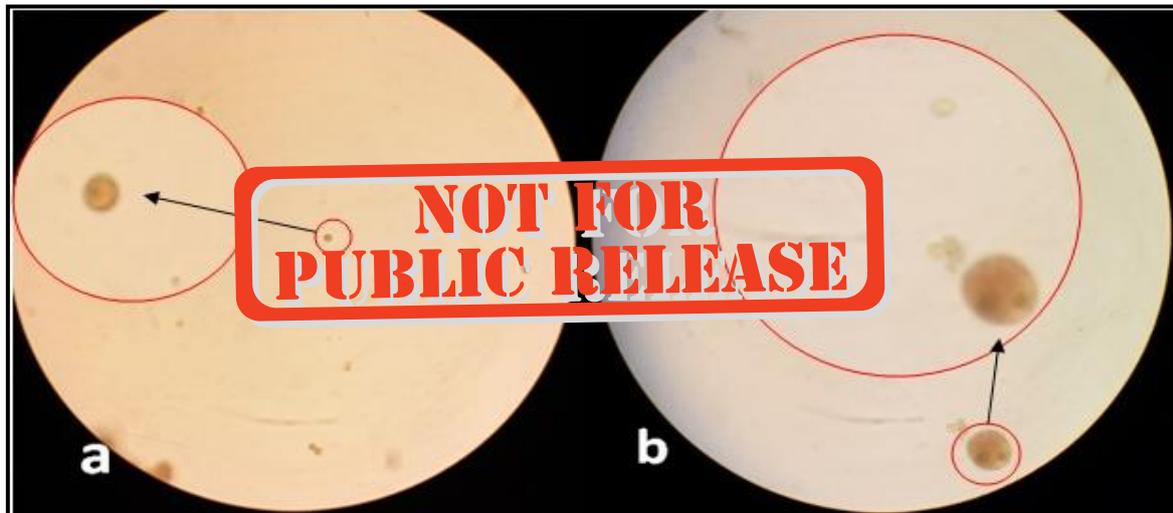


Figure 29: les protozoaires dans les eaux usées.

a) Kyste d'*Entamoeba histolytica* Gx10

b) Kyste d'*Entamoeba coli* Gx40

• Les helminthes

Pour les helminthes, l'analyse quantitative a permis de distinguer trois groupes d'helminthes dans les échantillons d'eau usée : les nématodes, les cestodes et les trématodes, avec une nette prédominance des nématodes. Notre étude a permis de mettre en évidence les œufs d'*Ascaris sp*, *Strongiloides sp*, *Trichuri spp*, et *Ankylostoma sp* avec des pourcentages de 57,79 %; 23,03 %; 14,42%; et 4,75 % respectivement. La teneur moyenne de ces œufs est de l'ordre de 12,9 œufs/l ; 5,14 œufs/l ; 3,22 œufs/l ; 1,06 œufs/l respectivement. (fig 30-32)

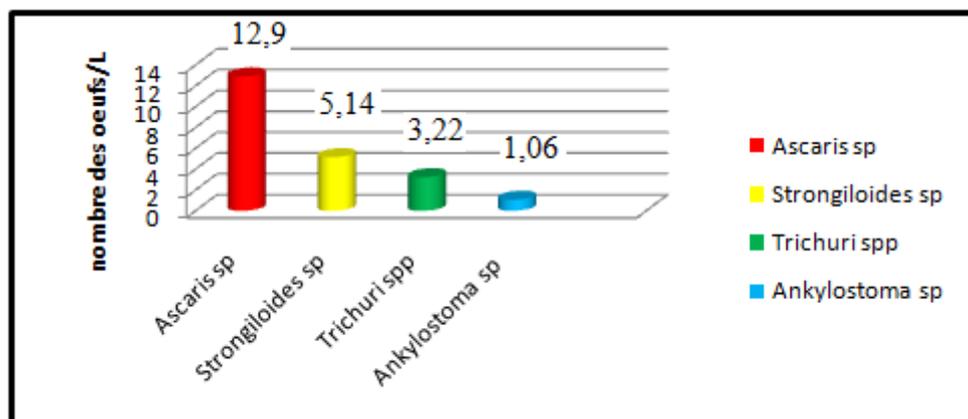


Figure 30: Le dénombrement des helminthes dans les eaux usées.

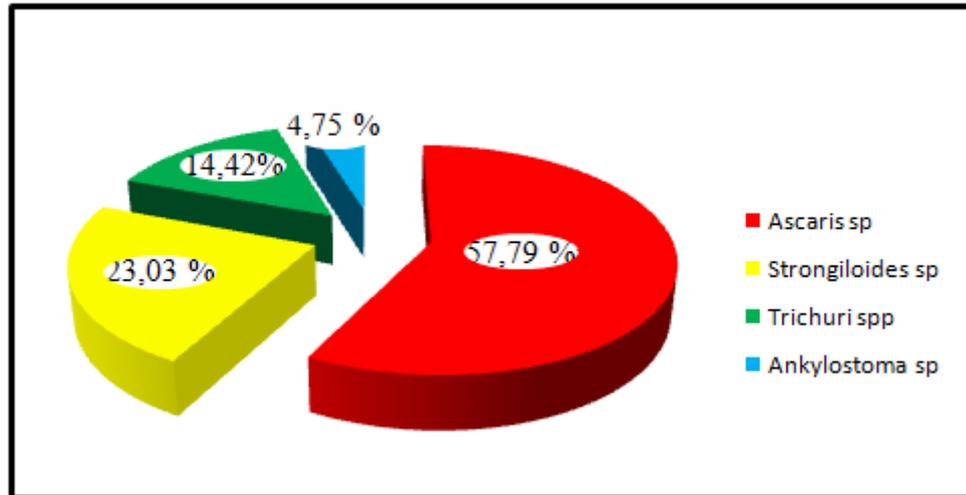


Figure 31: Le pourcentage des helminthes dans les eaux usées.



Figure 32: Les larves d'helminthes dans les eaux usées G x40.

1.2.2 Résultats des eaux épurées

- **Les protozoaires**

Les résultats de l'étude parasitologique, concernant les eaux usées traitées montrent un nombre moins élevé en protozoaires : *Entamoeba histolytica*, *Entamoeba coli* et *Giardia lamblia* avec 320 kystes/l, 390 kystes/l, 209 kystes/l, des pourcentages de 34,82%, 42,44%, 22,74% respectivement, ainsi que un taux d'abattement de l'ordre de 73,33%, 75,62%, 94,35% pour chaque espèce de protozoaire respectivement. (fig 33)

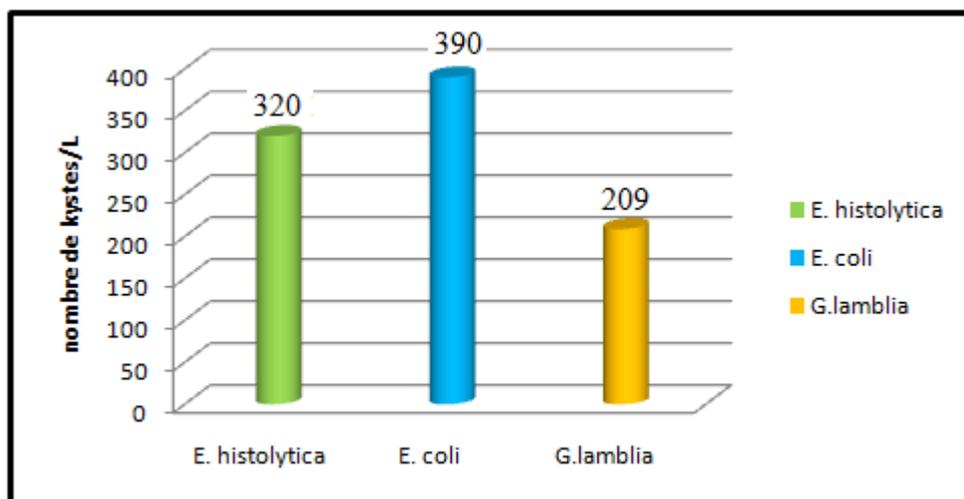


Figure 33: Dénombrement des protozoaires dans les eaux épurées.

- **Les helminthes**

L'analyse qualitative et quantitative des helminthes, a permis de distinguer trois groupes d'helminthes dans les échantillons d'eau usée traitée aussi bien que les eaux usées brutes : les nématodes, les cestodes et les trématodes, avec une nette prédominance des nématodes. Notre étude a permis de mettre en évidence les œufs de *Ascaris sp*, *Strongiloides sp*, *Trichuri spp*, et *Ankylostoma sp* avec des pourcentages de 64,87 %; 22,41 %; 9,60%; et 3,09 % respectivement. La teneur moyenne de ces œufs est de l'ordre de 6,08 œufs/l ; 2,1 œufs/l ; 0,9 œufs/l ; 0,29œufs/l respectivement. (fig 34-35)

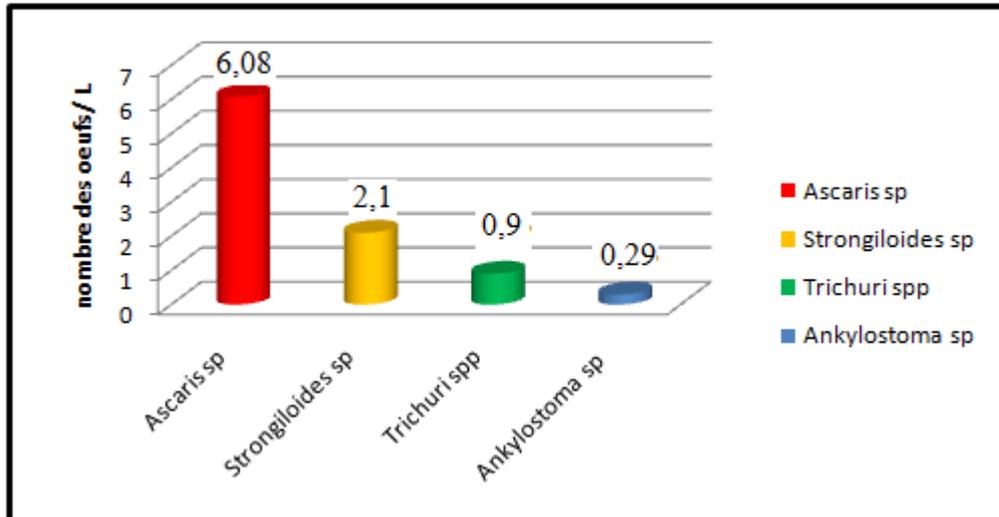


Figure 34: Dénombrement des helminthes dans les eaux usées épurées.



Figure 35: les protozoaires et les helminthes dans les eaux usées épurées.

- **Rendement épuratoire**

Pour les protozoaires: On a observé un rendement d'élimination totale de l'ordre de 85,86%, avec un abattement élémentaire pour chaque espèce des protozoaires comme suit : 73,33%, 75,62%, 94,35% respectivement (Figure 36 (a)).

Pour les helminthes: On a observé un rendement d'élimination totale de l'ordre de 58,02%, avec un abattement élémentaire pour chaque espèce d'helminthes comme suit respectivement: 52,86%, 59,14%, 72,05%, 72,64%. (Figure 36 (b)).

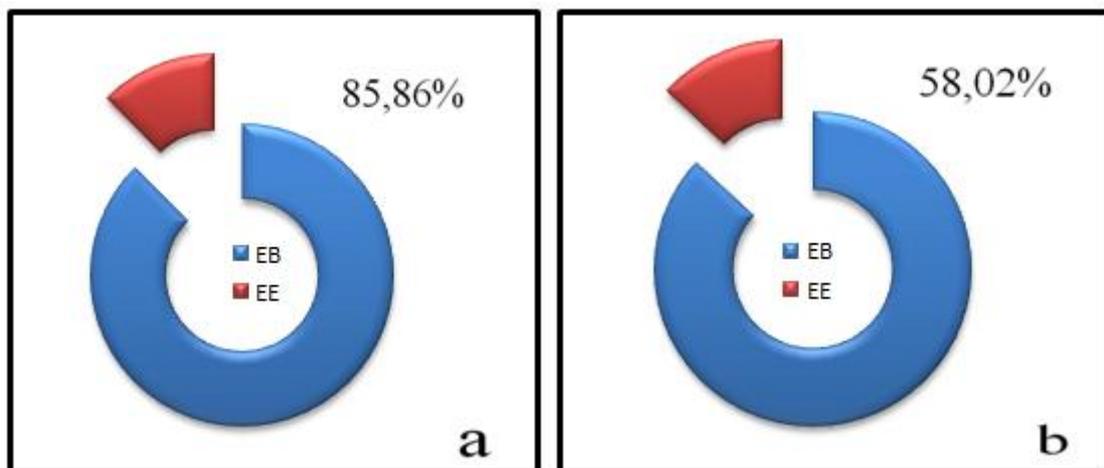


Figure 36: Le rendement épuratoire des parasites par la STEP.

a: L'abattement des protozoaires.

b: L'abattement des helminthes.

1.2.3 Eaux usées traitées par les graines de *Moringa oleifera*

Afin de réaliser l'analyse quantitative et qualitatives des kystes de protozoaires et des œufs d'helminthes, on a effectuée une observation microscopique d'une part du surnageant de l'eau traitée par *Moringa oleifera*, et d'autre part du sédiment de cette eau.

- **Le surnageant**

L'observation microscopique de surnageant montre un liquide clair, il y avait une absence totale des kystes et des œufs d'helminthes (figures 37 (a))

- Le sédiment de l'eau traitée par les graines de *Moringa oleifera*

L'examen microscopique des parasites traités a montré une anomalie de la morphologie et un effet dégénératif. Cet effet se caractérise par une perte de structure des parasites dans le sédiment de l'eau usée traitée par *Moringa oleifera*, qui indique la destruction de ces parasites (figures 37 (b)), Cela est probablement à un effet cytotoxique sur les formes parasitaires avec altération de la couche kystique des protozoaires.



Figure 37: Observation microscopique de l'eau traitée par *Moringa oleifera*
grossissement x 40.

a: observation de surnageant.

b: observation de sédiment.

2. Discussion

2.1. Analyses bactériologiques

Afin d'évaluer le rendement épuratoire bactériologique du traitement par boues activées au niveau de la station d'épuration de AIN DEFLA, et celui de traitement des eaux usées avec les graines de *Moringa oleifera*, nous avons comparé les résultats de ces eaux d'une part avec des recherches d'autres auteurs et d'autre part avec les réglementations de l'OMS et des Normes Algériennes.

2.1.1 Germes totaux

Le dénombrement des germes totaux est considéré comme un type d'indicateurs beaucoup plus générale, vis-à-vis de toute pollution microbiologique, celui-ci détermine la totalité de la charge bactérienne présente dans les eaux usées. Le résultat obtenu est de $3,16 \cdot 10^{12}$ germes/ml à 22°C, et $3,05 \cdot 10^{11}$ germes/ml à 37°C pour l'eau brute, ce résultat est légèrement inférieur à celui retrouvé par **Ounoki et Achour, 2014** de la ville d'Ouargla qui ont enregistré $3 \cdot 10^{13}$ germes/ml des eaux brutes.

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

Concernant les eaux épurées qui sont utilisés comme indicateur d'efficacité de traitement biologique, les résultats montrent que ces eaux usées traitées sont caractérisées par des concentrations de $51 \cdot 10^5$ UFC/ml à 22°C et $23 \cdot 10^4$ UFC/ml à 37°C. On constate que le taux de ces germes a fortement diminué mais restent supérieur à ceux retrouvés par **Bedouh, 2014** de la ville de Guelma qui sont de l'ordre de $38 \cdot 10^3$ UFC /100 ml, ce nombre important de la flore totale peut indiquer la présence de germes pathogènes.

On a observé également une réduction considérable des germes totaux dans les eaux brutes traitées par les graines de *M. oleifera* qui est de 99,99%, cette réduction a été observée par **Egbuikwem, 2013** où l'abattement microbien était de l'ordre de 90 - 99%. Un résultat similaire a été également obtenu par **Ravikumar, 2013** avec une élimination de 90,00% à 99,99% des germes totaux présents dans l'eau usée brute.

2.1.2 Coliformes totaux

La présence de coliformes totaux témoigne habituellement une contamination d'origine fécale ou provenant d'eaux enrichies en matière organique. Les analyses montrent des concentrations assez élevées à l'entrée de la STEP oscillant entre $27 \cdot 10^9$ UFC/100 ml et $11 \cdot 10^{10}$ UFC/100ml. Cette charge bactérienne est proche de celle rapportée par **Hamaidi-Chergui et al ., 2016** ,oscillant entre $7,40 \cdot 10^9$ et $15,3 \cdot 10^9$ UFC/100 ml d'eau usée.

L'abondance en coliformes totaux dans l'effluent traité, dépend de la qualité microbiologique des eaux brutes d'une part et d'autre part de l'efficacité de la filière de traitement à éliminer les bactéries. Les valeurs enregistrées pendant notre expérimentation varient entre 74.10^3 UFC/100 ml et 240.10^3 UFC/100. Les résultats montrent que le taux de ces germes a fortement diminué après le traitement utilisé par la STEP. Ces valeurs sont inférieures à celles retrouvées par **Hamaidi-Chergui et al ., (2016)** avec des concentrations comprises entre $2,10 \times 10^6$ et $5,70 \times 10^6$ germes/100 ml sont. Au regard de ces données, il ressort que le taux d'abattement des coliformes totaux enregistré par nos résultats (99.99%), est proche d'une part de celui enregistré par **Elhaité, (2011)** (98%) et d'autre part de celui enregistré par **Hamaidi-Chergui et al ., (2016)** (99,96%).

Le nombre de ces germes a fortement régressé après traitement par les graines de *M. oleifera* où on a dénombré dans 100 ml d'eau traitée, des valeurs comprises entre 11.10^2 et 24.10^3 avec une réduction dépassant 99.99%, ces résultats obtenus sont très encourageants d'où le rôle que joue cette plante dans la diminution de la matière organique, car la diminution de la charge organique influe positivement sur l'abattement des coliformes.

2.1.3 Coliformes fécaux

Les résultats des analyses microbiologiques indiquent que les valeurs des coliformes fécaux oscillant entre 4.10^8 UFC/100 ml et 15.10^8 UFC/100 ml avec une moyenne géométrique de l'ordre de $9,4.10^8$ UFC /100 ml. Ces valeurs élevées des coliformes fécaux trouvées lors de cette étude concordent avec celles de **Hamaidi-Chergui et al ., (2016)** relatives aux eaux usées de la ville de Médéa, Qui enregistre des concentrations en coliformes fécaux dans les eaux brutes comprises entre $2,20 \times 10^9$ et $4,80 \times 10^9$ UFC /100 ml. Ces valeurs très élevées sont dues à la capacité de ces germes à résister aux conditions environnementales difficiles.

Le nombre de ces germes a régressé après traitement où on a dénombré dans 100 ml d'eau épurée, des valeurs comprises entre 15.10^3 UFC /100 ml et 9.10^4 UFC /100 ml, avec une moyenne géométrique de l'ordre de 5.10^4 UFC /100 ml. Cette charge est inférieure à celle retrouvée par **Hamaidi-Chergui et al ., (2016)** (7.10^5 et 2.10^6 UFC/100 ml). Cependant ces valeurs dépassent la limite préconisée par l'OMS et la réglementation algérienne pour les

normes de rejet qui ne devront jamais excéder 10^3 UFC /100 ml Ces normes représentent la limite au-delà de laquelle la santé publique n'est plus assurée (OMS, 2006).

En plus de ces paramètres microbiologiques, On estime un abattement des coliformes fécaux de l'ordre de 99.99%, celui-ci est comparé avec celui retrouvé par **Hamaidi-Chergui et al ., 2016**, ce dernier est de l'ordre de 99,98%.ainsi que celui signalé par **Zobeidi, (2017)**, qui est de l'ordre de 98%.

L'élimination des coliformes fécaux dans la station d'épuration est due à la combinaison de plusieurs conditions qui leur sont défavorables. La température du milieu a une action directe sur la survie des microorganismes (**Elhaite, 2011**). Selon **Kone et al., (2002)** la vitesse d'élimination des bactéries augmenterait, avec la température par augmentation de leur activité métabolique. Selon **Biton, (2005)**, le rayonnement UV peut avoir une action directe sur l'élimination des germes indicateurs par leur action photochimique, induisant des dommages dans le matériel génétique des cellules et empêchant ainsi leur reproduction. Le facteur oxygène dissous pourrait revêtir également une importance quant à l'effet sur la viabilité des bactéries dans l'eau (**Kone et al ., 2002**).

Le traitement des eaux usées par des graines de *Moringa oleifera* montre que l'utilisation de celles-ci provoque une régression considérable des coliformes fécaux tendent a 651 UFC /100 ml avec un pourcentage supérieure à 99,99%, Ces valeurs trouvées lors de cette étude concordent avec celles de **Kabore, (2013)** avec un abattement de 82-94 % des coliformes fécaux, ainsi que celles de **Asrafuzzaman , (2011)** qui a marqué une réduction de 96% de ces derniers.

Tableau 9 : Comparaison avec les normes de **JO, Arrêté du 02/01/2012; OMS, 2006**

Paramètres microbiologiques	Eau traitées par la station	Paramètres Eau traitées par <i>Moringa oleifera</i>	Normes l'OMS	Normes Algériennes
Coliformes fécaux	49893 U /100ml	651 U /100ml	200 à $10^3/100\text{ml}$	$10^3/100\text{ml}$

D'après les résultats reportés dans le tableau 9, on remarque que les coliformes fécaux des eaux usées traitées par les graines de *M. oleifera* sont conformes aux normes prescrites par l'OMS et la réglementation algérienne comme le stipule l'Arrêté du **02/01/2012**. Selon ces normes, la qualité sanitaire de ces eaux serait alors acceptable dans le cas d'une réutilisation.

Cependant, les coliformes fécaux des eaux usées épurées analysés par la STEP ont une valeur qui dépasse ces normes. Afin de corriger ce paramètre, on peut procéder à une désinfection. Cette désinfection peut contribuer à la réduction des coliformes pour que ces eaux usées traitées soient réutilisée en irrigation (**JO, Arrêté du 02/01/2012; OMS, 2006**).

2.1.4 *Escherichia coli*

Les analyses montrent des concentrations assez élevées à l'entrée de la STEP oscillant entre 74.10^6 et 36.10^7 germes/100 ml d'eau brute, Ces concentrations semblent proches à celles rapportées par l'OMS (**OMS, 2006**), environ 10^9 UFC/L pour *E. coli*.

Ces concentrations en *E.coli* tendent à diminuer au point de rejet avec une concentration comprise entre 74.10^2 et 14.10^3 UFC /100 ml d'eau traitée avec un rendement épuratoire de 99,99%, cela est probablement due à l'importante prolifération algale qui contribue par deux processus différents, à savoir : l'augmentation du pH par consommation du CO₂ dissous dans l'eau (**Gerardi, 2006**) et la sécrétion de certaines substances bactéricides. Les principaux facteurs identifiés par ces auteurs comme ayant une influence directe sur l'abattement de ces bactéries sont : le rayonnement solaire et la température de l'eau. D'autres facteurs tels que la charge en DBO₅, les concentrations en oxygène dissous semblent avoir respectivement des effets positifs et négatifs sur leur survie (**Gauvin, 2006**).

De plus, on a observé une réduction de 99,99% d'*Escherichia coli* par les graines de *M. oleifera* ;qui a été également signalée par **Kabore et al., (2013)** avec une élimination oscillant entre 81-100 %, d'une part et une élimination supérieure à 99,9% signalée par **Ravikumar ,(2013)** d'autre part. Ces résultats attestent d'un rôle très satisfaisant que joue cette plante dans la décontamination des eaux usées brutes.

2.1.5 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**). Les résultats de la recherche et du dénombrement des streptocoques dans les eaux usées brutes montrent que les concentrations déterminées varient entre 4.10^3 germes /100 ml et 12.10^4 germes/100 ml avec une moyenne de 54666 germes/100 ml.

Concernant l'analyse des streptocoques fécaux (SF), on a obtenu un nombre assez élevé dans les eaux brutes et cela est dû à la capacité de ces germes à résister aux conditions environnementales difficiles. Ces valeurs trouvées lors de cette étude restent inférieures à celles de OMS, 2006 10^8 UFC/L. Cela probablement dû aux pluies qui provoquent la dilution des eaux usées (**Lucas et al., 2014**).

Pour les eaux épurées, le nombre a diminué sous l'effet du traitement et une moyenne de 58 UFC /100 ml avec un taux d'abattement de l'ordre de 93.44%. Ce résultat est légèrement inférieur à celui de **Hamaidi-Chergui et al ., (2016)**, qui a signalé un taux de 98,91 % . et à celui de **Zobeidi, (2017)**, qui est proche de 98% pour les SF.

Dans les eaux brutes traitées par les graines de *Moringa oleifera*, les résultats montrent que les concentrations en streptocoques fécaux ont régressé considérablement, on a signalé un taux d'abattement de 99.87%. Ces observations sont semblables à celles faites par **Kabore et al., (2013)** qui signale un abaissement de la concentration en streptocoques fécaux qui est atteint 94-100 %.

2.1.6 Clostridium sulfito-réducteurs

L'analyse bactériologique des Clostridium montre que les effluents de la STEP sont caractérisés par des teneurs élevées en Clostridium sulfito-réducteurs oscillant entre 3200 UFC /20 ml et 8000 UFC /20 ml, avec une moyenne de 890 UFC /20 ml, 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

significatif en raison de la capacité de ces bactéries à produire des spores qui résistent aux conditions environnementales difficiles. Cependant, Ces valeurs sont inférieures à celles retrouvées par **Hamaidi-Chergui et al., (2016)** avec une concentration de $3,43 \times 10^4$ spores/20 ml.

Il est à noter également que la charge microbienne en CSR a régressé de façon importante dans l'effluent traité. Avec un rendement épuratoire qui atteint 87.37%, comparé avec celui de **Hamaidi-Chergui et al., (2016)** (97%) et **Zobeidi, (2017)** (69,96%) .

Concernant les résultats obtenus des Clostridium sulfito-réducteurs dans les eaux brutes traitées par les graines de *Moringa oleifera*, ces derniers montrent que les concentrations sont régressées considérablement, on a enregistré un taux d'abattement de 99.98%. il est à noter qu'on a pas trouvé dans la littérature des études sur l'effet des graines sur la réduction des Clostridium sulfito-réducteurs.

2.1.7 Germes pathogènes

Salmonella, *Vibrio cholerae*, *pseudomonas*, et *staphylococcus aureus* occupent une place importante dans la pathologie humaine et animale. Ce sont les pathogènes les plus recherchés dans les eaux usées. L'étude de ces germes isolés à partir des effluents urbains fournit des informations utiles sur les germes pathogènes en circulation dans les populations qui génèrent ces effluents.

La recherche des germes pathogènes a révélé la présence des *Vibrio sp*, *pseudomonas aeruginosa*, et *staphylococcus aureus* durant la période de cette étude, que ce soit dans les eaux usées brutes ou dans les eaux usées épurées par la station à l'exception des eaux traitées par les graines de *Moringa oleifera*.

Par ailleurs, On a signalé une absence totale des Salmonelles dans les eaux usées étudiées. Les Salmonelles n'ont pas été détectées dans les eaux usées de la station étudiée, ceci est en accord avec les travaux d'**Aboukacem et al, (2007)**, et de **Talouizte et al. Chergui-Hemaidi et al., (2016)**. Ceci pourrait être expliqué par l'effet de la baisse de la température (T° moyenne des eaux usées = $21,2^\circ\text{C}$) et également par l'absence de porteurs de la maladie, car la concentration de ces bactéries pathogènes dans les eaux usées dépend des conditions épidémiologiques et environnementales des régions où sont réalisées les études.

Il apparaît également que le traitement biologique utilisé dans la station n'est pas efficace pour l'abattement des germes pathogènes.

Les résultats obtenus peuvent s'expliquer d'une part par le fait que le traitement biologique utilisé dans la station favorise la croissance bactérienne pour dégrader la pollution carbonée ou azotée et, d'autre part, par l'absence d'un traitement de désinfection qui sert à la destruction des germes pathogènes. De plus, l'eau usée est considérée comme le milieu optimal pour la prolifération microbienne (**Gerardi, 2006**).

Les eaux usées de la station contaminées par les germes pathogènes sont souvent utilisées dans l'irrigation. Ceci pourrait constituer un risque sanitaire et un danger potentiel direct pour les utilisateurs de cette eau. Le risque de contamination par ceux-ci est très grand, sachant que ces eaux males traitées sont déversées dans le milieu naturel avoisinant de la station et dans l'oued qui coulent jusqu'à la région agricole le long de oued CHLEF qui alimente les terres agricoles avoisinantes de la station et la plaine de AIN DEFLA, c'est la Mitidja de AIN DEFLA, qu'elles participent d'une grande partie dans la production des légumes notamment les pommes de terre.

De plus, L'utilisation de cette eau peut aussi engendrer des risques sanitaires pour les consommateurs des cultures maraîchères irriguées par cette eau ainsi que les agriculteurs utilisant cette eau contaminée. (**FAO, 2003** et **OMS, 2006**).

Ces résultats ne correspondent pas aux normes de l'OMS, la législation Algérienne (La loi n°05-12 (JO N°60, 2005)), et la norme des eaux destinées à l'irrigation décrites dans l'arrêté ministériel: n° 07-149, 2007, qui exigent une absence absolue de ces germes dans les eaux destinées à l'irrigation des cultures maraîchères (**OMS, 2006**). Ces résultats sont à rapporter aux diverses conséquences sur l'environnement et font envisager la possibilité d'une désinfection des eaux usées avant leur rejet. (**Hannachi, 2014**).

Le traitement avec les graines de *Moringa oleifera* s'est avéré très efficace, sachant qu'on a observé une absence totale des germes pathogènes dans les eaux traitées par celles-ci, à l'exception des Staphylocoques où on a signalé une réduction de 98%. Une étude similaire avait déjà montré une diminution des staphylocoques au cours du traitement de l'eau par des extraits des graines (**Suarez et al., 2005**). D'autres auteurs ont aussi prouvé cette capacité des graines de *M. oleifera* à provoquer l'élimination des staphylocoques (**Magaji et al., 2015, Omodamiro et al., 2014**).

De ces résultats, il ressort que le traitement des eaux brutes avec les graines de *M. oleifera* améliore considérablement la qualité microbiologique des eaux. Cela s'observe avec tous les germes étudiés dans les eaux usées.

2.2. Paramètres parastologiques

2.2.1 Eaux usées brutes

La contamination parasitaire des eaux usées résulte du rejet des kystes de protozoaires et des œufs d'helminthes avec les matières fécales de l'homme ou des animaux. Certaines sont pathogènes pour l'homme et d'autres non pathogènes. Il faut cependant signaler que la concentration en œufs d'helminthes parasites et kystes des protozoaires dans les eaux usées urbaines est fortement liée au facteur démographique et par conséquent, au nombre d'habitants raccordés à la STEP.

L'analyse parastologiques montre que les effluents de la STEP sont caractérisés par des teneurs élevées en protozoaires de l'ordre de 6500 kystes /L. Les espèces les plus fréquentes de protozoaires sont *Entamoeba histolytica*, *Entamoeba coli* et *Giardia lamblia* avec des teneurs moyennes de $1,2 \times 10^3$ kystes/l, $1,6 \times 10^3$ kystes/l et $3,7 \times 10^3$ kystes/l respectivement.

Nos résultats, concernant la charge en kystes de protozoaires, sont proche de ceux rapportés par **El ouali lalami et al., (2014)** sur les eaux usées de la ville de Fès au Maroc qui sont : *Entamoeba histolytica*, *Entamoeba coli* et *Giardia lamblia* avec des teneurs moyennes de l'ordre de $4,3 \times 10^4$ kystes/l; $8,4 \times 10^3$ kystes/l et $5,2 \times 10^4$ kystes/l respectivement. Certains auteurs estiment la présence des protozoaires dans les eaux usées de l'ordre de 4 et 125 à 100 000 pour *Entamoeba histolytica* et *Giardia lamblia* respectivement.

De nos résultats, il ressort que la concentration moyenne en œufs d'helminthes dans les eaux usées brutes est de 22,32 œufs/l. Ceci révèle que les eaux usées brutes sont très chargées. Ces œufs proviennent essentiellement des matières fécales de l'homme et des animaux. Ainsi, cette forte concentration en œufs traduit le taux d'infestation de la population humaine et animale des quartiers desservis par le réseau d'égout.

Cette charge en œufs d'helminthes est inférieure à celles rapportées par **Hmaïdi-Chergui et al., (2016)** pour les eaux usées de Médéa qui est de l'ordre de $60,29 \pm 21,9$ œufs/l.

Les différents genres rencontrés dans les eaux usées pourraient traduire l'infestation qui sévit dans la zone concernée. Le genre *Ascaris* est le plus rencontré avec une fréquence de 57,79 %, suivi par le genre *Strongyloïdes* (23,03%). Les genres *Trichuris* et les genres *Ankylostoma* sont observés dans des proportions plus faibles (4,75 %). On a enregistré l'absence des œufs de cestodes et des œufs de trématodes, cela est peut être liée à la densité de ces œufs.

Cette répartition montre une prédominance des œufs de nématodes, preuve de leur transmission facile et de leur pouvoir de contamination élevé. Cette prédominance des œufs de nématodes a été également signalée par **Hmaïdi-Chergui et al., (2016)**, avec une teneur moyenne est de $34,85 \pm 12,96$ œufs/l dans les eaux usées brutes. Les espèces présentes, appartiennent aux genres, *Ascaris*, *Toxocara*, *Nematodirus*, *Ankylostoma*, et les strongles. La présence des nématodes intestinaux et particulièrement *Ascaris sp* dans les eaux usées est considérée comme un risque majeur pour la santé et pour la réutilisation de ces eaux en agriculture.

La teneur moyenne des cestodes est de $18,65 \pm 6,63$ œufs/l à l'entrée de la STEP et les espèces identifiées sont *Taenia sp.*, *Hymenolepis nana* et *Hymenolepis diminuta*. (**Hmaïdi-Chergui et al., 2016**)

Les œufs d'helminthes identifiés dans ces eaux usées appartiennent à la classe des nématodes. Cette prédominance des nématodes a été également signalée par plusieurs auteurs au monde (**Mara et Horan, 2003**) ont trouvé les résultats suivants: *Ascaris* 5 à 111 œufs/l, *Ancylostoma* 6 à 188 œufs/l, *Trichuris* 10 à 41 œufs/l. ces auteurs ont rapporté que les œufs des nématodes intestinaux sont plus résistants que ceux des cestodes dans les eaux usées.

2.2.2 Eaux épurées par la station

D'après nos résultats, les nombres de kystes des protozoaires présents dans les eaux épurées par la station d'épuration sont fortement diminués: *E. histolytica*, *E. coli* et *G.lamblia* avec des teneurs de 320 kystes/l 390 kystes/l 209 kystes/l et un taux d'abattement de 73,33% 75,62% 94,35% respectivement. On constate une réduction totale de 85,86%.

Ces valeurs sont nettement supérieures à celles enregistrées par **Hamaidi-cherqui et al., 2016** qui a estimé un nombre de kystes des protozoaires de l'ordre de $0,26\pm 0,32$ kystes/l au niveau des eaux traitées de la ville de Médéa. D'après **Hamaidi-cherqui** le système de traitement des eaux usées par boues activées entraîne une réduction de 90 à 99% des protozoaires et d'helminthes. Cette différence peut être interpréter par le fait que les analyses étaient réalisées pendant une période pluviale lors de laquelle plusieurs auteurs signalent la diminution de la capacité épuratrice des boues, en raison des conditions environnementales qui influencent négativement sur l'abattement des parasites (**Lucas et al., 2014**).

Concernant les résultats d'analyses des helminthes les valeurs enregistrées sont 6,08 œufs/l, 2,1 œufs/l, 0,9 œufs/l et 0,29 œufs/l avec des pourcentages de 52,86%, 59,14%, 72,05% et 72,64%. Pour *Ascaris sp*, *Strongiloides sp*, *Trichuri spp* et *Ankylostoma sp* respectivement. On a marqué une réduction totale de l'ordre de 58%.

Ces résultats également inférieur à celles de **Hamaidi-cherqui, (2016)** qui enregistrent une charge parasitaire moins dense avec une moyenne de $5,06\pm 2.64$ oeufs/l, et un taux de réduction de 92%.

On a également observé un abattement nettement inférieur a ceux retrouvés par (**Akpo, (2013)** et **Zobeidi, (2017)**), qui suggère un abattement jusqu'à 100 % en œufs d'helminthe.

Nous observons que le rendement d'élimination des œufs d'helminthes est inférieur à celui des kystes de protozoaires (85,86% pour les protozoaires et 58% les helminthes). Celui-ci a été confirmé par **Bitton, (2005)** qui souligne l'influence des conditions environnementales sur la survie des éléments parasitaires dans les eaux usées. Ainsi, pour les kystes de protozoaires, il signale l'importance des phénomènes de prédation. En revanche, les œufs d'helminthes possèdent une plus grande résistance vis-à-vis des différentes conditions environnementales.

Les normes Algériennes de la qualité des eaux destinées à l'irrigation décrites dans l'arrêté ministériel n° 07-149 du 20 mai 2007 (JO N°60 ., 2005 et JO n° 35, 2007) exigent une concentration en œufs inférieure ou égale à 1 œuf/l dans ces eaux. Selon l'OMS (2006), la présence des nématodes intestinaux et particulièrement *Ascaris sp*, *Trichuris sp* et *Ankylostoma sp* dans les eaux usées est considérée comme un risque majeur pour la réutilisation de ces eaux en agriculture.

2.2.3 Eaux usées traitées par les graines de *Moringa oleifera*

Nos résultats ont révélé une absence totale des kystes de protozoaires et des œufs d'helminthes dans le surnageant ainsi que dans le sédiment des eaux usées traitées par les graines de *Moringa oleifera*, sachant que les eaux usées brutes étaient initialement très chargées par les parasites avec des teneurs de l'ordre de $6,5 \times 10^3$ kystes /L et 22,32 œufs/L pour les kystes de protozoaires et des œufs d'helminthes respectivement. Le taux d'abattement parasitaire est de 100%.

D'après nos résultats, l'absence totale des kystes de protozoaires et des œufs d'helminthes dans le surnageant des eaux traitées par les graines de *Moringa oleifera*, a deux raisons:

- Les parasites qui sont attachés à la matière organique présente dans ces eaux se sédimentent par gravité vers le fond du récipient sous l'effet de floculation des graines de *Moringa oleifera* (**Egbuikwem et al., 2013; Magaji et al., 2015; James et Zikankuba, 2017**). Cette propriété est due a des protéines cationiques de faible poids moléculaire et solubles dans l'eau, qui agissent comme un flocculant qui attire et agrège les particules retenues chargées négativement, et enfin les précipitent vers le fond par gravité sous forme de flocons, laissant l'eau plus claire. (**Asrafuzzaman et al ., 2011**).
- Un effet direct des composées actives contenues dans les graines de *Moringa oleifera*. Plusieurs chercheurs (**Raut et al., 2012; Magaji et al., 2015; Romeo et al., 2018**), ont signalé l'activité antimicrobienne de celles-ci contre des variétés de bactéries, de champignons et de parasites (**Padla et al., 2012**). Elles peuvent agir directement sur

les micro-organismes en perturbant leur membrane cellulaire et en provoquant leur mort. (Suarez *et al.*, 2005; Walter *et al.*, 2011; Mangale *et al.*., 2012; Vrushali *et al.*., 2018).

Ces résultats sont concordés avec ceux signalé par Kabore *et al.*, (2013), qui a enregistré une élimination de 100 % des kystes de *Giardia intestinalis*.

Les résultats obtenus semblent très encourageants et les graines de la plante s'avèrent très efficaces pour la décontamination des eaux usées qui pourrait être réutilisées dans le domaine de l'agriculture. De plus, ils répondent aux exigences et normes nationales et internationales (OMS et FAO), concernant les caractéristiques des eaux d'irrigation.



Conclusion et perspective



Conclusion

L'objectif de cette étude vise à évaluer l'effet antibactérien et antiparasitaire des graines de *Moringa oleifera* dans le domaine de traitement des eaux usées.

Les analyses bactériologiques et parasitologiques effectuées sur les EB, EE et les eaux traitées par les *M.oleifera* sont: la recherche et dénombrement des GT, CT, CF, ST, SF, CSR, les staphylocoques, les salmonelles, les vibrios et les pseudomonas ainsi qu'à la recherche des protozoaires et des helminthes.

Les résultats d'analyses effectuées sur les EB montrent qu'elles sont aussi bien polluées sur le plan bactériologique que sur le plan parasitologique. En effet, les résultats confirment la présence des germes recherchés en nombres importants, germes totaux qui avaient une concentration de $3,16 \times 10^{12}$ UFC/ ml, les coliformes fécaux 9.4×10^8 UFC/ ml, les streptocoques fécaux 890 UFC/ ml, les Clostridium sulfitor-ducteurs 5833 UFC/ ml, les Staphylocoques de 137 UFC/ ml, la présence des vibrio et des pseudomonas. L'étude parasitologique a prouvé la présence des kystes de protozoaires avec 6500 kystes/L et des œufs d'helminthes avec 22.32 œufs/L.

Les résultats bactériologiques et parasitologiques obtenus pour les EE par la STEP, ont révélé une bonne régression. Cependant, le nombre des coliformes fécaux 65666 UFC/ ml, et des œufs d'helminthes 9 œufs/L. dépassent les normes fixées par la législation Algérienne et par l'OMS. Des germes pathogènes (Les Staphylocoques, les vibrio et les pseudomonas) sont également mis en évidence dans ces eaux. Vu la capacité de ces derniers à survivre longtemps dans le sol et à la surface des plantes, une prise en charge sérieuse de l'épuration des eaux usées est nécessaire. Ces eaux doivent subir un traitement plus poussé avec une désinfection incluse.

Le traitement des eaux usées par les graines de *Moringa oleifera* présente une efficacité intéressante quant à la diminution de la charge bactérienne et parasitaire. Le nombre des coliformes fécaux a fortement diminué 873 UFC/ ml, avec un taux d'élimination de presque 100%, tandis que pour les protozoaires et les helminthes, on a noté une absence totale de ces derniers (*E. histolytica*, *E. coli* et *G.lamblia*, *Strongyloïdes*, *Trichuris* et *Ankylostoma*). Cette plante prometteuse peut prendre une attention particulière, avec un brillant avenir et elle est concernée par de nombreux chercheurs.

En perspectives, il serait judicieux de

- 1- Etendre la recherche sur le plan mycologique et virologique.
- 2- Faire une purification des éléments bioactifs responsables de l'effet désinfectant.
- 3- Faire une recherche sur l'impact sanitaire de l'utilisation des graines de *M. oleifera* dans l'eau sur la santé humaine.
- 4- Faire une recherche approfondie sur l'élimination des polluants chimiques comme les nitrates, les nitrites, les métaux lourds...etc.

The page features decorative green leaf patterns in the corners. Each corner contains a cluster of small, teardrop-shaped leaves on thin stems, arranged in a way that they appear to be part of a larger plant. The leaves are a vibrant green color, and the stems are a darker green. The overall effect is a fresh and natural aesthetic.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

1. **Abd-Rabou. A, Zoheir K. M A, 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, V17 (11), pp 4929-4933 Egypt. DOI: 10.22034/APJCP.
2. **Abiodun O.A, Adegbite J.A et Omolola, A.O, (2012):** Chemical and Physicochemical Properties of Moringa Flours and Oil. Global Journal of Science Frontier Research Biological Sciences, pp 12-18, V 12, N 5 Version 1.0.ISSN: 0975-5896.
3. **Aboukacem A, Chahlaoui A, Soulaymani A, Rhazi-Filali F et Benali D, (2007):** Etude comparative de la qualité bactériologique des eaux des oueds Boufekrane et Ouislane à la traversée de la ville de Meknès (Maroc), REMISE, vol1, N°1, p : 10-22.
4. **Adebayo A. I, Arsad A.H, Samian M. R, (2017):** Antiproliferative effect on breast cancer (mcf7) of *Moringa oleifera* seed extracts. Afr J Tradit Complement Altern Med. 14(2):282-287 Malaysia, doi: 10.21010/ajtcam.
5. **Agroconsult, (2016):** Analyse des Potentialités de l'Exploitation du Moringa en Haïti, ministère de l'agriculture, des ressources naturelles et du développement rural (marndr). p 211, Haïti.
6. **Aho I. M et Lagasi J.E, (2012):** A new water treatment system using *Moringa oleifera* seed, American journal of scientific and industrial research,V3, N 6 pp 487-492 , Nigeria. Doi:10.5251/ajsir.,ISSN: 2153-649X.
7. **Akpo Y, SAWADOGO G.J, DEGNON R.G 3, (2013):** Évaluation de la contamination parasitologique des eaux usées domestiques collectées et traitées à la station d'épuration de Cambérène (Dakar), Journal of Applied Biosciences 69:5449 – 5455 ISSN 1997–5902
8. **Al-Asmari A.K, Albalawi S. M, Athar M.T, Khan A.Q, Al-Shahrani .H, Islam. M (2015):** *Moringa oleifera* as an Anti-Cancer Agent against Breast and Colorectal

- Cancer Cell Lines, PLOS ONE 10(8): e0135814, Arabie Saudite, p 14, doi:10.1371/journal.pone.0135814.
9. **Aliyu A. O, Nwaedozie J. M et Adams A, (2013):** Quality Parameters of Biodiesel Produced from Locally Sourced *Moringa oleifera* and *Citrullus colocynthis L.* Seeds Found in Kaduna, Nigeria, *International Research Journal of Pure & Applied Chemistry*, 3(4): 377-390, p 14.
 10. **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 Res. Int*, ID 381040, Arabie Saudite, p 13
 11. **Amagloh F.K, Benang .A, (2009):** Effectiveness of *Moringa oleifera* seed as a coagulant for water purification. *African Journal of Agricultural Research* Vol. 4 (1), pp 119-123, Academic Journals, Ghana, ISSN 1991-637X.
 12. **Aruna. M et Srilatha. N, (2012):** Water clarification using *Moringa oleifera* Lam seed as a natural coagulant, *Current Biotica* 5(4): 472-486, ISSN 0973-4031.
 13. **Asrafuzzaman M.d, Fakhruddin A. N. M,et Alamgir Hossain Md, (2011):** Reduction of Turbidity of Water Using Locally Available Natural Coagulants. *International Scholarly Research Network, ISRN Microbiology*, ID 632189, 6 pages doi:10.5402/2011/632189.
 14. **Atakpama W, Goussivi E, Kponor E , Kanda M, Dourma M, Nare M, Batawila K, Akpagana K,(2014):** *Moringa oleifera* LAMARCK (MORINGACEAE) : une ressource phytogénétique à usage multiple, *Semestriel du Conseil Africain et Malgache pour l'Enseignement Supérieur Science de la vie, de la terre et agronomie (SVT-A)*, *Revue CAMES*, V2, N 1, Madagascar, p 15.

15. **Barakat. H et Ghazal G. A, (2016):** Physicochemical Properties of *Moringa oleifera* Seeds and Their Edible Oil Cultivated at Different Regions in Egypt, Food and Nutrition Sciences, 7, 472-484.
16. **Basil J, (2016):** Statistical Aspects of the Microbiological Examination of Foods, ed Elsevier, 3^{ème} édition, Angleterre, ISBN: 978-0-12-803973-1.
17. **Batista A. B, Oliveira J.T.A, Gifoni J.M, Pereira M.L, Almeida M.G.G, Gomes V. M, (2014):** New Insights into the Structure and Mode of Action of Mo-CBP3, an Antifungal Chitin-Binding Protein of *Moringa oleifera* Seeds. PLOS ONE 9(10): e111427, Université de Sao Paulo, Brazil, doi:10.1371/journal.pone.0111427.
18. **Bedouh Y, (2014):** Évaluation de la toxicité des eaux usées traitées par la station d'épuration de Guelma et son impact sur l'oignon « *Allium cepa* » Thèse de doctorat L.M.D, Annaba, p158.
19. **Bitton G, (2005):** Wastewater microbiology, 3rd ed, Department of Environmental Engineering Sciences, l'universite de Florida, USA, ISBN 0-471-65071-4.
20. **Bouchaala L, Charchar N et Gherib A, (2017):** Ressources hydriques: traitement et réutilisation des eaux usées en Algérie, Algérien journal of arid environment, p 12, vol. 7, n°1, 84-95 ISSN 2170-1318.
21. **Brouillet J.L, Picot B, Sambuco J.P, Gaillard L, Soteras G, Valarié I, (2008):** Ecotechniques d'assainissement des eaux usées domestiques : évolution et perspectives, XIIIe Congrès Mondial de l'Eau – 1er au 4 septembre 2008 – Montpellier, France, p 17.
22. **Costa R.A, de Sousa O. V, Hofer E, Mafezoli J, Barbosa F. G et dos Fernandes Vieira R. H. S (2017) :** Thiocarbamates from *Moringa oleifera* Seeds Bioactive against Virulent and Multidrug-Resistant *Vibrio* Species Hindawi BioMed Research International, 6 pages, Brazil, ID 7963747.
23. **Chukwuebuka E, (2015):** *Moringa oleifera* “The Mother’s Best Friend”. International Journal of Nutrition and Food Sciences. Vol. 4, N°. 6, pp. 624-630.

24. **Delarras C, (2010):** Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux. Réglementation- Prélèvements- Analyses. Ed. TEC et DOC/ Lavoisier, Paris, p542.
25. **Delarras C, (2014):** Pratique en microbiologie de laboratoire Recherche de bactéries et de levures-moisissures, Ed. TEC et DOC/ Lavoisier, Paris, p 209, ISBN : 978-2-7430-1565-7
26. **Dhakar R. C, Maurya S. D, Pooniya B. K, Bairwa N, et Gupta M, (2011):** Moringa: The herbal gold to combat malnutrition. *Chronicles of Young Scientists*, 2(3), 119. 20, DOI:10.4103/2229-5186.90887.
27. **Egbuikwem P.N et 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* Vol. 2 No. 7, Nigeria ISSN: 2304-9693 .
28. **Elgamily H, Moussa A, Elboraey A, EL-Sayed H, Al-Moghazy M, Abdalla A, (2016):** Microbiological assessment of *Moringa oleifera* extracts and its incorporation in novel dental remedies against some oral pathogens. *Open Access Maced J Med Sci*. 4(4):585-590. Egypt.
29. **El Haité H, (2010):** Traitement des eaux usées par les réservoirs opérationnels et réutilisation pour l'irrigation, thèse de Doctorat en Sciences et Génie de l'Environnement, l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne, France, p 214.
30. **El Ouali Lalami1 A, Zanibou A, Bekhti K, Zerrouq Z, Merzouki M, (2014):** Contrôle de la qualité microbiologique des eaux usées domestiques et industrielles de la ville de Fès au Maroc ; *J. Mater. Environ. Sci.* 5 (S1), pp 2325-2332, ISSN : 2028-2508
31. **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.
32. **FAO, (2003):** L'irrigation avec des eaux usées traitées manuel d'utilisation, Bureau Régional pour le Proche-orient et Bureau sous-régional pour l'Afrique du Nord, p 73.

33. **Firth J, Balraj V, Muliylil J , Roy S , Rani L.M, Chandresekhar R , et Kang G, (2010):** point-of-use interventions to decrease contamination of drinking water: a randomized, controlled pilot study on efficacy, effectiveness, and acceptability of closed containers, *Moringa oleifera*, and In-home Chlorination in Rural South India. Am. J. Trop. Med. Hyg, 82(5), pp. 759–765 doi:10.4269/ajtmh.2010.09-0206
34. **Foidl N, Makkar H.P.S. et Becker K, (2001):** Potentiel de *Moringa oleifera* en agriculture et dans l'industrie, Tanzanie, p 20.
35. **Freire J.E.C, Vasconcelos I.M, Batista A.B, Lobo M.D.P, Pereira M.L, Lima J. P. M. S. et al., (2015):** Mo-CBP3, an Antifungal Chitin-Binding Protein from *Moringa oleifera* Seeds, Is a Member of the 2S Albumin Family, PLOS ONE 10(3): e0119871, p24, Brazil. doi:10.1371/journal.pone.0119871.
36. **FUNASA, (2013):** Manuel pratique d'analyse de l'eau, 4ème édition, Fondation Nationale de la Santé, Brasil, p 150.
37. **Gerardi M. H, (2006):** Wastewater Bacteria, Water Pollution Biology, USA, ISBN-13: 978-0-471-20691-0.
38. **Gauvin D, (2006):** Réutilisations d'effluents de stations de traitement d'eaux usées domestiques pour l'irrigation d'un terrain de golf, groupe scientifique sur l'eau, Canada, pp 17, ISBN-10 : 2-550-47652-2.
39. **Haldar R, Kosankar. S, (2017):** *Moringa oleifera*: The Miracle Tree. International Journal of Advance Research, Ideas and Innovations in Technology, V 3, I 6, pp.966-970, Inde, ISSN: 2454-132X.
40. **Hamaidi-Chergui F, Zoubiri A.F, Debib A, Hamaidi M.S, Kais H, (2016):** Evaluation de la charge en pathogénèse 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, ISSN 1112-3680, n°26, pp. 183-208.

41. **Hannachi.A, Gharzouli R, Djellouli Tabet Y, (2014):** gestion et valorisation des eaux usées en Algérie, larhyss journal, ISSN 1112-3680, n°19, pp. 51-62.
42. **Hêdji C. C, Kpoguè Gangbazo D.N.S, Houinato M. R et Fiogbé E .D, (2014):** Valorisation de Azolla spp, *Moringa oleifera*, son de riz et de coproduits de volaille et de poisson en alimentation animale, Journal of Applied Biosciences 81:7277 – 7289, pp.7277-7289, Benin, ISSN 1997–5902.
43. **Jaja-Chimedza A, Graf B.L, Simmler C, Kim Y, Kuhn P, Pauli GF et al., (2017):** Biochemical characterization and anti-inflammatory properties of an isothiocyanate-enriched moringa (*Moringa oleifera*) seed extract.USA, PLOS ONE 12(8): e0182658.
44. **James. A et Zikankuba. V, (2017):** *Moringa oleifera* a potential tree for nutrition security in sub-Sahara Africa. American Journal of Research Communication, 5(4): 1-14 ISSN: 2325-4076.
45. **Journal officiel n° 35, (2007): Le décret n° 07-149 du 20 mai 2007,** les modalités de concession d'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation ainsi que le cahier des charges y afférent.
46. **Idris M. A, Jami M .S, Hammed A .M, Jamal .P, (2016):** *Moringa oleifera* Seed Extract: A Review on Its Environmental Applications. V11, N 6, pp. Malaysia 1469-1486, ISSN 0973-6077.
47. **Ijarotimi O.S, Adeoti O.A et Ariyo.O, (2013):** Comparative study on nutrient composition, phytochemical, and functional characteristics of raw, germinated, and fermented *Moringa oleifera* seed flour. Food Science & Nutrition vol.1.No(6),pp. 452–463 ; doi: 10.1002/fsn3.70.
48. **ISO 5667-1 2006(F):** Qualité de l'eau -Échantillonnage -Partie 1: Lignes directrices pour la conception des programmes et des techniques d'échantillonnage, Deuxième édition, p 40.

49. **ISO 9308-2:2012(E)**: Water quality: Enumeration of *Escherichia coli* and coliform bacteria, Part 2: Most probable number method, 2^e édition.
50. **Kabore A, Savadogo B, Rosillon F, Traore A.S, 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, pp.209-220, ISSN : 1718-8598
51. **Kone D, Seignez C et Holliger C, (2002)**: Etat des lieux du lagunage en Afrique de l'ouest et du centre, Proceedings of International Symposium on Environmental Pollution Control and Waste Management, Tunis (EPCOWM'2002), p.698-707.
52. **Kou X, Li B, Olayanju J.B, Drake J. M et Chen N, (2018)**: Nutraceutical or Pharmacological Potential of *Moringa oleifera* Lam. Nutrients MDPI, 10, 343; Chine, p 12. doi:10.3390/nu10030343
53. **Koul B et Chase N, (2015)**: *Moringa oleifera* Lam: Panacea to several maladies, Departement de Biotechnologie et Biosciences, Lovely Professional University (LPU), J. Chem. Pharm. Res, 7(6):687-707, India, ISSN : 0975-7384.
54. **Lea M, (2010)**: Bioremediation of Turbid Surface Water Using Seed Extract from *Moringa oleifera* Lam. (Drumstick) Tree, Clearinghouse: Low-cost Water Treatment Technologies for Developing Countries, Emerging Technologies, Current Protocols in Microbiology, DOI: 10.1002/9780471729259.
55. **Leone A, Spada A, Battezzati A, Schiraldi A, Aristil J, Bertoli S, (2016)**: *Moringa oleifera* Seeds and Oil: Characteristics and Uses for Human Health : An overview. Int. J. Mol. Sci, 17, 2141.édition Maurizio Battino université de milan, Italie.
56. **Lucas F.S, Therial C, Gonçalves A, Servais P, Rocher V, Mouchel J-M, (2014)**: Variation of raw wastewater microbiological quality in dry and wet weather conditions, Environ Sci Pollut Res 21:5318–5328, DOI 10.1007/s11356-013-2361-y.

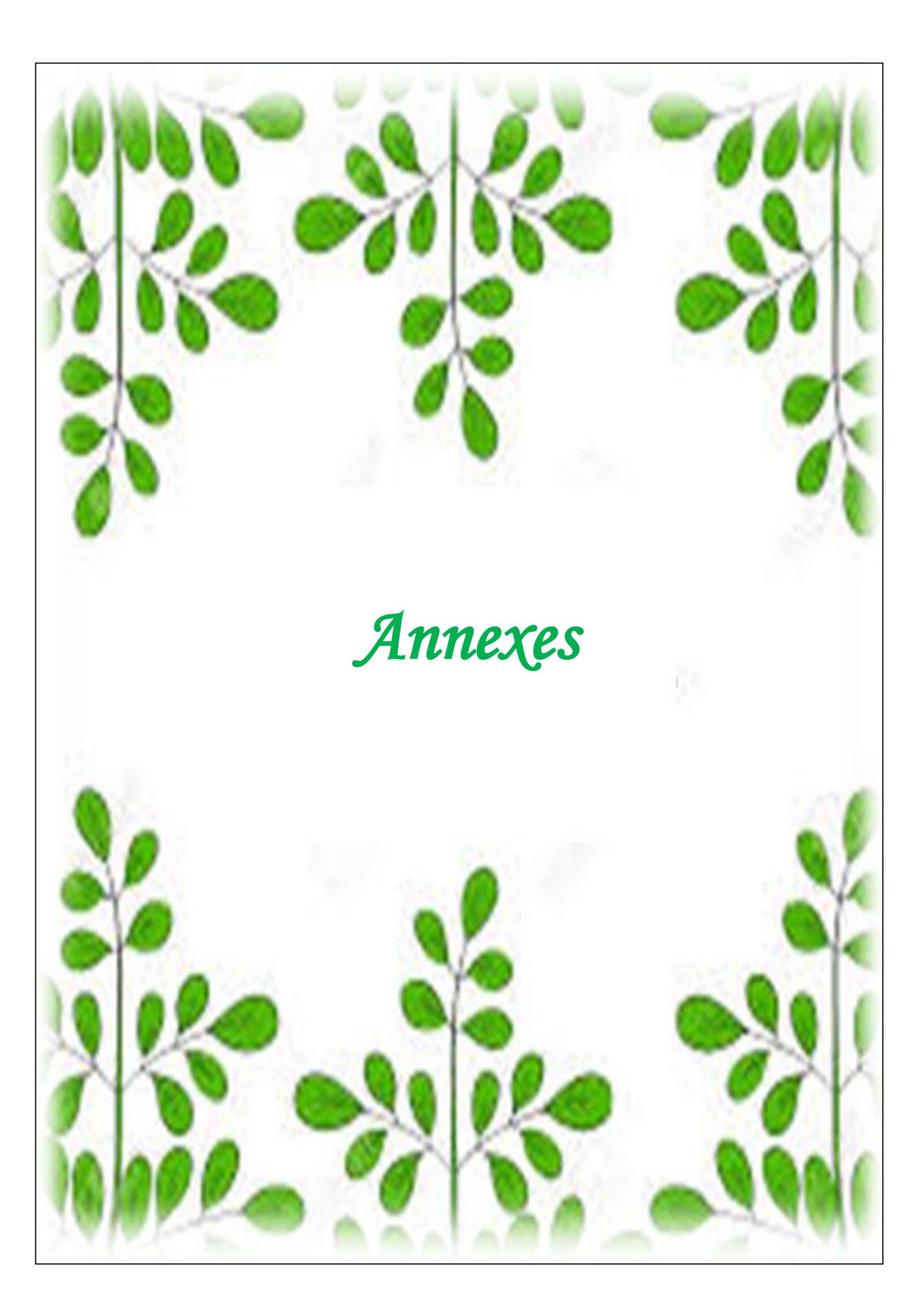
57. **Lurling. M, Beekman. W, (2010):** Anti-cyanobacterial activity of *Moringa oleifera* seeds. J. Appl. Phycol.V 22, pp 503–510. L’universite de Wageningen, the Netherlands, DOI 10.1007/s10811-009-9485-y.
58. **Magaji U. F, Sahabi D. M, Abubakar M. K, et Muhammad A. B, (2015):** Biocoagulation Activity of *Moringa oleifera* Seeds for Water Treatment, The International Journal Of Engineering And Science (IJES), V 4, N 2, PP.19-26, ISSN (e): 2319 – 1813.
59. **Mangale S. M, Chonde S. G, Jadhav A. S, et Raut P. D, (2012):** Study of *Moringa oleifera* (Drumstick) seed as natural Absorbent and Antimicrobial agent for River water treatment; J. Nat. Prod. Plant Resour, 2 (1):89-100 Inde, ISSN: 2231 – 3184 CODEN (USA): JNPPB7.
60. **Mara D et Horan N.J, (2003):** Handbook of Water and Wastewater Microbiology, School of Civil Engineering, University of Leeds, p 621, UK, ISBN 0-12-470100-0.
61. **Mashela. P.W, (2017):** Growth of Moringa (*Moringa oleifera*) seedlings in calcareous, clayey and sandy soils relative to loamy soil Green Biotechnologies Research Centre of Excellence, University of Limpopo, African Journal of Agricultural Research Vol. 12(50), pp. 3508-3512, DOI: 10.5897/AJAR2016.11617 N d’ Article: 08ADCAA66980, South Africa ISSN 1991-637X
62. **Meenakshi M, Manjunatha B. M, Manjunath N. T, (2015):** Performance Assessment of *Moringa oleifera* in Clarification of Surface Water ; International Journal of Science, Engineering and Technology Research (IJSETR), V 4, N 7, pp 2342-2345,Inde, ISSN: 2278 – 7798.
63. **Minaiyan M, Asghari G, Taheri D, Saeidi M, Nasr-Esfahani S, (2014):** Anti-inflammatory effect of *Moringa oleifera* Lam. seeds on acetic acid-induced acute colitis in rats. Avicenna J Phytomed, Vol. 4, No. 2, pp.127-136, l’université de Sciences Medicales. Iran.

64. **Milind R.G, Anand R.B et Chetan N.M, (2012):** Comparative Study of Different Forms of *Moringa oleifera* Extracts for Turbidity Removal. International Journal of Engineering Research and Development, Vol 2, N 1, PP. 14-21 ISSN: 2278-067X,
65. **Nadeem.M, Azeem M. W et Rahman R, (2014):** Assessment of transesterified palm olein and Moringa oleifera oil blends as vanaspati substitutes, J. Food .Sci .Technol. 52(4):2408–2414 Association of Food Scientists and Technologists, India. DOI 10.1007/s13197-014-1271-4.
66. **Nand V, Maata M, Koshy K,et Sotheeswaran S, (2012):** Water Purification using Moringa oleifera and Other Locally Available Seeds in Fiji for Heavy Metal Removal, International Journal of Applied Science and Technology, Vol. 2 No. 5, p 5.
67. **Neto J.X.S, Pereira M. L, Oliveira1 .T. A, Rocha-Bezerra L. C. B, Lopes T. D. P, Costa H. P. S, Sousa et al., (2017):** A Chitin-binding Protein Purified from *Moringa oleifera* Seeds Presents Anticandidal Activity by Increasing Cell Membrane Permeability and Reactive Oxygen Species Production, p 12, ed: Yuji Morita, l’universite Aichi Gakuin, Brazil doi: 10.3389/fmicb.2017.00980.
68. **Oladeji O.A, Taiwo K. A, Gbadamosi S. O, Oladej B. S et Ishola M. M, (2017):** Studies on Chemical Constituents and Nutrients Bioavailability in *Moringa oleifera* Leaf and Seed, Journal of Scientific Research & Reports, 14(1): 1-12, no.JSRR.32458 ISSN: 2320-0227, SCIENCEDOMAIN international, Nigeria. DOI: 10.9734/JSRR/2017/32458
69. **Omodamiro O. D, Nwankwo C. I, Ejiofor E. U, (2014):** Antimicrobial and Coagulant Property of Moringa Oleifera Seed in Water Purification, Sch J Agric Vet Sci; 1(4B):279-287. e-ISSN 2348–1854.
70. **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, p 22.
71. **Otunyo A. W, Wokocha A. N, (2015):** *Moringa oleifera* seed powder – a water coagulant for purification of fresh rain and borehole water in Nigeria, European

- International Journal of Science and Technology, pp 22-27. Vol. 4 No. 8 .ISSN: 2304-9693.
72. **Ounoki S, Achour S, (2014):** Evaluation de La qualité physicochimique et bactériologique des eaux usées brutes et épurées de la ville d’Ouargla, possibilité de leur valorisation en irrigation, Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°20, pp. 247-258.
73. **Padla E.P, Solisa L.T, Levidab R.M, Shenc C.C, et Ragasab C.Y, (2012):** Antimicrobial Isothiocyanates from the Seeds of *Moringa oleifera* Lam. 67 c, pp 557 – 564 .
74. **Patil R.R, Jagadale S. S, Gaikwad A.V, Mane A. V, Anekar N. R, Awasare S. D, (2017):** Use of *Moringa Oleifera* (Drumstick) seed as Natural Coagulant for Well & Bore well Water Treatment; International Journal of Engineering Research and Technology. ISSN 0974-3154 Vol 10, pp 336-340, International Research Publication House.
75. **Pise C. P, Halkude S. A, (2015):** A new technique for purification of water using natural coagulant, International Journal of Engineering and Technology (IJET), pp 2564- 2572, Vol 6, No 6, ISSN : 0975-4024.
76. **Raut P. D, Mangale S.M et Chonde S.G, (2012):** Use of *Moringa Oleifera* (Drumstick) seed as Natural Absorbent and an Antimicrobial agent for Ground water Treatment Research Journal of Recent Sciences, Vol. 1(3), 31-40, ISSN 2277-2502,
77. **Ravikumar K et Sheeja A. K, (2013):** Heavy Metal Removal from Water using *Moringa Oleifera* Seed Coagulant and Double Filtration. International Journal of Scientific and Engineering Research, Vol 4,N 5, ISSN 2229-5518 ;pp.10-13.
78. **Romeo L, Iori R, Rollin P, Bramanti P et Mazzon E, (2018):** Isothiocyanates: An Overview of Their Antimicrobial Activity against Human Infections, p18, 23, 624; doi: 10.3390/23030624.
79. **Rodier J, (2009):** L’Analyse de l’eau, DUNOD, 9e édition, France, pp 1579, ISBN 978-2-10-054179-9.

80. **Sánchez-Muñoz M. A, Valdez-Solana M.A, Avitia-Domínguez C, Ramírez-Baca P, Candelas Cadillo M.G, Aguilera-Ortíz M et al., (2017):** Utility of Milk Coagulant Enzyme of *Moringa oleifera* Seed in Cheese Production from Soy and Skim Milks. doi:10.3390/foods6080062, 6 -62, p15.
81. **Sotheeswaran. S, Nand V, Matakite M et Kanayathu K, (2011):** *Moringa Oleifera* and other local seeds in water purification in developing countries. Research Journal of Chemistry and Environment; Vol.15 (2); pp.135-138, Fiji.
82. **Suarez M, Haenni M, Canarelli S.P, Fisch F, Chodanowski P, Servis C et al., (2005):** Function Characterization and Optimization of a Plant-Derived Antibacterial Peptide, antimicrobial agents and chemotherapy, p. 3847–3857 Vol. 49, No. 9, doi:10.1128/AAC.49.9.3847–3857.
83. **Talouizte H, Merzouki M, Alami El Ouali A, Bennani L, Benlemlih M, (2007):** Evolution de la charge microbienne de la laitue irriguée avec les eaux usées urbaines de la ville de fès au maroc, pp51-62, <https://www.researchgate.net/publication/284063255>
84. **Vilaseca M, Grimau V.L et Gutiérrez-BouzánC, (2014):** Valorization of Waste Obtained from Oil Extraction in *Moringa Oleifera* Seeds: Coagulation of Reactive Dyes in Textile Effluents. L’Espane ; pp.6569-6584; doi:10.3390/ma7096569, ISSN 1996-1944.
85. **Villarruel-López A, López-de la MoraD.A, Vázquez-Paulino O.D, Puebla-Mora A.G, Torres-Vitela M.A, Guerrero-Quiroz L.A et al., (2018):** Effect of *Moringa oleifera* consumption on diabetic rats, BMC Complementary and Alternative Medicine 18:127, Mexique , p 10.
86. **Viviane G, (2007):** Biologie médicale pratique: parasitologie, auto-évaluation et manipulations, édition de boeck, France. p188.
87. **Vrushali V. S; Jondhale P. R ; Gangurde R. B ; Jadhav T. D ; Kapse S. S. , (2018):** Water Purification Using *Moringa Oleifera* (Drumstick) seed powder As A

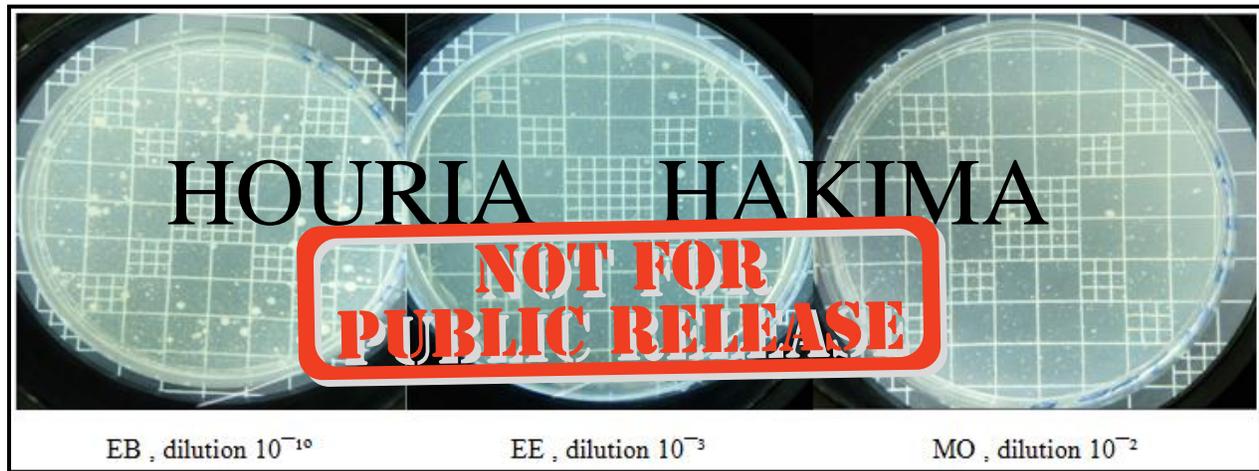
- Natural Coagulant, international journal of advance research in science and engineering, V07 , N 02 ; ISSN :2319-8354.
88. **Walter A, Wagai S, Arama P et Ogur J, (2011):** Antibacterial activity of *Moringa oleifera* and *Moringa stenopetala* methanol and n-hexane seed extracts on bacteria implicated in water borne diseases, African Journal of Microbiology Research Vol. 5(2) pp. 153-157, ISSN 1996-0808.
 89. **Wen Q, Tutuka C, Keegan A, Jin B, (2009):** Fate of pathogenic microorganisms and indicators in secondary activated sludge wastewater treatment plants. J. Environ. Manage. 90, 1442-1447.
 90. **Wery N, Monteil C, Pourcher A.M, Godon J.J, (2010):** Human specific fecal bacteria in wastewater treatment plant effluents, Water Res. 44, 1873-1883.
 91. **Yongabi. K. A, (2012):** A sustainable Low-Cost phytodisinfectant sand filter alternative for water purification, thèse de doctorat en sciences, université d'Adelaide, Australie, p 207.
 92. **Yusoff. M. M, (2016):** Aqueous enzymatic extraction of *Moringa oleifera* oil with high pressure processing pre-treatment, these de doctorat en phylosophie, department aliment et sciences alimentaires, universite de Reading, angleterre, p214.
 93. **Yusuf J, Yuakubu M. B et Balarabe A. M, (2015):** The Use of *Moringa Oleifera* Seed As A Coagulant For Domestic Water Purification. IOSR Journal of Pharmacy and Biological Sciences (IOSR-JPBS, p-ISSN: 2319-7676. Vol 10, N 1 , PP.06-09.
 94. **ZOBEIDI A, (2017):** Epuration des eaux usées urbaines par lagunage aéré en zone aride – cas de la région d’el-oued. Paramètres influents et choix des conditions optimales, thèse de Doctorat en Génie de procédés, université d’Ouargla, pp 202.

The page features a decorative border of green leaves and stems. The leaves are small, oval-shaped, and arranged in clusters along thin, dark stems. The border is positioned around the perimeter of the page, leaving a white central area.

Annexes

Annexe 01 : La recherche et le dénombrement de germes totaux

Milieu TGEA pour le dénombrement de germes totaux.



Annexe 02 : Méthode de dénombrement en milieu liquide methode de NPP

Après l' incubation, le nombre des tubes positif sont enregistrés.

Exemple des resultats pour des dilutions de l'eau

- Dilutions : -1 -2 -3 -4
- Tubes positifs : 3 2 1 0

Choisir la bonne suite : 321 et la retrouver dans le tableau de Mac Grady (le NPPcorrespondant à 321 est 15)

Calcul $N = (NPP/V_{\text{ensemencé}}) * F_d \Leftrightarrow N = (15 / 1) * 10^1 = 150 = 1,5 \cdot 10^2$ coliformes /100ml

- N : nombre des bacteries /100ml
- NPP : le nombre la plus probable

- V : volumeensemencé
- Fd : facteur de dilution

Annexe 03 : Calcul de NPP

Table de Mac Grady 3series, 3 tubes par dilution (ISO 7218- 2007)

<i>3 tubes par dilution</i>					
Nombre caractéristique	Nombre de cellules	Nombre caractéristique	Nombre de cellules	Nombre caractéristique	Nombre de cellules
000	0.0	201	1.4	302	6.5
001	0.3	202	2.0	310	4.5
010	0.3	210	1.5	311	7.5
011	0.6	211	2.0	312	11.5
020	0.6	212	3.0	313	16.0
100	0.4	220	2.0	320	9.5
101	0.7	221	3.0	321	15.0
102	1.1	222	3.5	322	20.0
110	0.7	223	4.0	323	30.0
111	1.1	230	3.0	330	25.0
120	1.1	231	3.5	331	45.0
121	1.5	232	4.0	332	110.0
130	1.6	300	2.5	333	140.0
200	0.9	301	4.0		

Annexe 05 : La recherche des vibrions cholériques.

Milieu EPA pour l'enrichissement des Vibrio (a) positif ⇔ liquide trouble .

Gélose GNAB sélectif pour les vibrio (b) « petites colonies transparentes ».

Disque oxydase positive (c) , coloration de gram (d) « bacille en virgule gram négatif».

**Annexe 06 : La recherche de l'espèce du *Pseudomonas aeruginosa*.**

Milieu king A et B pour la recherche de l'espèce du *Pseudomonas aeruginosa*.

- Couleur bleu-vert, crème sur le milieu King A.
- Couleur jaune-vert fluorescent sur milieu King B.



Annexe 07: Arrêté interministériel correspondant au 2 janvier 2012

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

Groupe de cultures	Paramètres microbiologiques	
	Coliformes fécaux UFC /100ml moyenne géométrique	Nématodes intestinales œufs/ 1 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

1) L'irrigation doit s'arrêter deux semaines avant la cueillette, aucun fruit tombé ne doit ramasse sur le sol, l'irrigation par aspersion est à éviter.

2) Le pâturage direct est interdit et il est recommandé de cesser l'irrigation au moins une semaine avant la coupe.

3) Pour les cultures industrielles et arbres forestiers, des paramètres plus permissifs peuvent être adoptés.

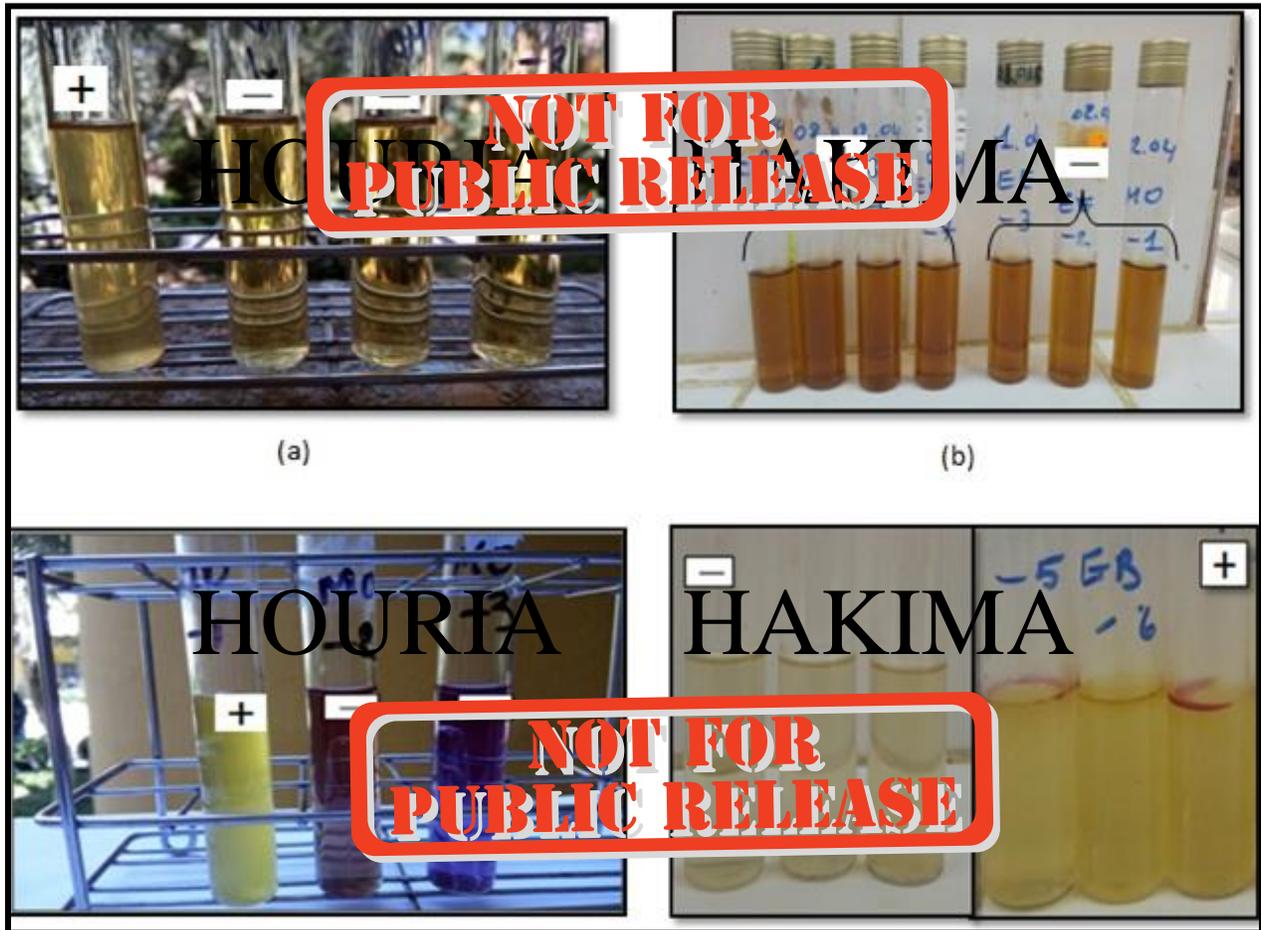
4) Une directive stricte 200 coliformes fécaux par 100 ml est justifiée pour l'irrigation des parcs et des espaces verts avec lesquelles le publique peut avoir un contact direct, comme les pelouses d'hôtels.

5) Exige une technique d'irrigation limitant le mouillage des fruits et légumes.

6) A condition que les ouvriers agricoles et la population alentour maitrisent la gestion de l'irrigation localisée et respectent les règles d'hygiène exigées.

Annexe 04 : La recherche des ST et SF / CT et CF.

Milieu de cultures des ST -Rothe- (a) et milieu de confirmation des SF eva-litsky (b)/
milieu de cultures des CT -BCPL- (c) et milieu de confirmation des CF EPEI (d) ,
(+) : tube positif ; (-) : tube négatif



Résumé

L'objectif principal de ce travail est d'évaluer l'activité antibactérienne et antiparasitaire des graines de *Moringa oleifera* dans le traitement des eaux usées.

Au cours de cette étude, des analyses bactériologiques et parasitologiques ont été effectuées sur trois types d'eau: des eaux usées brutes, des eaux usées épurées, et des eaux usées traitées par les graines de *M. oleifera*.

Les résultats obtenus montrent que les EB sont fortement polluées avec des taux élevés en germes recherchés : germes totaux $3,16 \cdot 10^{12}$ UFC/ ml, des indicateurs de pollution fécale comme les coliformes fécaux et E coli ($9,4 \cdot 10^8$ UFC/ ml, $21 \cdot 10^7$ UFC/ ml), présence des germes pathogènes tels que *Staphylococcus aureus*, *Vibrio sp*, *Pseudomonas aeruginosa*, et des parasites (*Entamoeba histolytica*, *Entamoeba coli* et *Giardia lamblia* et *Ascaris sp*, *Strongyloides sp*, *Trichuris spp*, et *Ankylostoma sp*).

Les EE révèlent une diminution appréciable des germes totaux $51 \cdot 10^5$ UFC/ ml, des coliformes fécaux $65 \cdot 10^3$ UFC/ ml et des helminthes 9 œufs/L. Cependant, ces valeurs restent supérieures aux normes Algériennes et celles de l'OMS. Les résultats obtenus des eaux usées traitées par les *M. oleifera* attestent une réduction significative des germes totaux 47133 UFC/ ml, coliformes fécaux 873 UFC/ ml, avec une absence totale des parasites.

Le taux d'abattement du nombre de GT, CT, CF, SF, CSR, Staphylocoques, kystes de protozoaires et œufs d'helminthes pour les EE était de 99.99%, 99.99%, 99.99%, 93.44%, 87.37%, 62.86%, 85,86 % et 58,02 % respectivement. Tandis que pour les eaux traitées par *M. oleifera*, le taux était de 99.99%, 99.99%, 99.99%, 99.87%, 99.98%, 98.30%, 100% et 100% respectivement.

Mots clés : eaux usées, eaux épurées, station d'épuration, taux d'abattement, analyses microbiologiques, *Moringa oleifera*.

Abstract

The main objective of this work is to evaluate the antibacterial and antiparasitic activity of *Moringa oleifera* seeds in the purification of wastewater.

During this study, bacteriological and parasitological analyzes were carried out on three types of water: raw sewage, treated sewage, and wastewater treated with *M. oleifera* seeds.

The results obtained, show that the RS have a high pollution in germs: total germs $3,16 \times 10^{12}$ UFC/ ml, indicators of faecal pollution and *E.coli* (9.4×10^8 UFC/ ml and 21.10^7 UFC/ ml) as well as pathogenic germs *Staphylococcus aureus*, *Vibrio sp*, *Pseudomonas aeruginosa*, and parasites (*Entamoeba histolytica*, *Entamoeba coli*, *Giardia lamblia* and *Ascaris sp*, *Strongyloides sp*, *Trichuris spp*, *Ankylostoma sp*).

The TS reveal a significant decrease in total germs 51.10^5 UFC/ ml, faecal coliforms 65.10^3 UFC/ m, and helminth 9 eggs /L. however; this value remain above the Algerian and WHO standards. The results obtained of wastewater treated with *M. oleifera* seeds, show a significant reduction in total germs 47133 UFC/ ml, faecal coliforms 873 UFC/ ml, parasites were not detected.

The rate of abatement of GT, CT, CF, SF, CSR, Staphylococcus, protozoan cysts and helminth eggs were of treated sewage was 99.99%, 99.99%, 99.99%, 93.44%, 87.37%, 62.86%, 85.86% and 58.02% respectively. While for water treated by *M. olieifera* was 99.99%, 99.99%, 99.99%, 99.87%, 99.98%, 98.30%, 100% and 100% respectively.

Key words: wastewater, treated wastewater, treatment plant, abatement rate, microbiological analysis, *Moringa oleifera*.

ملخص

الهدف الرئيسي من هذا العمل هو تقييم النشاط المضاد للبكتيريا والطفيليات لبذور المورينغا أوليفيرا في تنقية مياه الصرف.

في هذه الدراسة تم إجراء الاختبارات البكتريولوجية والطفيلية على ثلاثة أنواع من المياه: مياه الصرف الصحي، مياه الصرف الصحي النظيفة وكذلك مياه الصرف الصحي المعالجة ببذور المورينغا أوليفيرا.

أظهرت النتائج أن مياه الصرف على درجة عالية من التلوث: مجموع البكتيريا $3,16 \times 10^{12}$ ومم \م،

مؤشرات تلوث برازي و *E coli* (21.10^7 ومم امل) ، (9.4×10^8) مسببات الأمراض مثل *Staphylococcus*

aureus, *Vibrio sp*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Entamoeba histolytica*, *Entamoeba coli* et

lamblia *Ascaris sp*, *Strongiloides sp*, *Trichuri spp*, et *Ankylostoma sp*). *Giardia*

المياه المعالجة كشفت عن وجود انخفاض كبير في مجموع البكتيري 51×10^5 ومم /مل مؤشرات تلوث

برازي 65×10^3 ومم /مل و الطفيليات 9 بيضات/ل لكن تبقى فوق المعايير الجزائرية و منظمة الصحة العالمية.

بالنسبة لمياه المعالجة ببذور المورينغا، تظهر النتائج انخفاضاً كبيراً في هذه الجراثيم المجموع

البكتيري 47133 ومم /مل و مؤشرات التلوث البرازي 873 ومم /مل مع غياب كلي للطفيليات.

وكان معدل خفض عدد الجراثيم المذكورة GT، CA، CF، SF، CSR، *Staphylococcus aureus* وبيض

الديدان الطفيلية على التوالي ل 99.99%، 99.99%، 99.99%، 93.44%، 87.37%، 62.86% و 85.86% و

58.02%. أما بالنسبة للمياه المعالجة ببذور المورينغا أوليفيرا فكانت النتائج 99.99%، 99.99%، 99.99%،

99.87%، 99.98%، 98.30%، 100% و 100%.

الكلمات المفتاحية: مياه الصرف الصحي ، مياه الصرف الصحي المعالجة ، محطة المعالجة ، معدل التخفيض ،

التحليل الميكروبيولوجي ، المورينغا أوليفيرا.