

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE d'ADRAR
FACULTE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA MATIERE



MEMOIRE DE FIN D'ETUDE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE
MASTER EN CHIMIE DE L'ENVIRONNEMENT

Thème

Traitement microbiologique des eaux usées de la ville d'Adrar par les grains de *Moringa*
Oléifera

Soutenu le : 01 Juin 2016

Présenté par :

M^{ème}. BEKOUICHE Halima

M^{elle}. BELNASRA Oum kalthoum

M^{elle}. BOULAHYA Khedidja

Membres de jury :

Président :

Mr. YOUNSI. M Univ. d'ADRAR

Encadré par :

Dr. KALLOUM Slimane Univ. d'ADRAR.

Mr. BOULAL Ahmed Univ. d'ADRAR

Examineurs

Mr. DAHOU. M.A Univ. d'ADRAR

Année Universitaire 2015/2016

Remerciement

*Nous remercions tout d'abord **ALLAH**, qui nous a donné la volonté et le courage de faire ce travail.*

*Nos premiers remerciements vont à notre encadreur Monsieur **KALLOUM Slïmane** et **BOULLAL Ahmed** qu'il trouve ici l'expression de notre profonde reconnaissance pour toutes les connaissances que nous avons acquises à ses côtés.*

*Nous remercions membre de jury le président **YOUNSI. M** et l'examineur **DAHOU M.A.***

*Nous remercions tous l'équipe de l'Unité de Recherche en Energie Renouvelable (URER) Monsieur **BARAKO Omar** à un grand merci à lui et **MEKNASSI. A**, et **KAIDI.K.** Nous exprimons notre gratitude à l'équipe de l'CAQE, en particulier Mr. **BOUKADI. A** et **DIHMANI. A**, qui nous ont appris le travail de terrain et beaucoup de technique d'analyse.*

Enfin, que tous ceux qui ont participé de près ou loin à la bonne marche de ce travail et la réalisation de ce mémoire trouvent ici l'expression de notre reconnaissance et de nos remerciements les plus profonds.

Tous ceux qui m'ont aidé de près ou loin dans ma formation



DEDICACES

Je dédie ce travail à :

Ma très chère mère qui m'a toujours apportée

Son amour et son affection

Mon cher père, qui m'a toujours encouragée, conseillée et

Soutenue dans mon travail

Mon mari et mes enfants

Mes très chères sœurs

Mes très chers frères

Toute ma famille et belle famille.

Halima
Halima



DEDICACES

Je dédie ce travail à :

Ma très chère mère qui m'a toujours apportée

Son amour et son affection

Mon cher père, qui m'a toujours encouragée, conseillée et

Soutenue dans mon travail

Mes très chères sœurs

Mes très chers frères

Toute ma famille et belle famille.

Tous mes collègues et mes professeurs et tout mon grand respect chez leur
A tous les étudiants de mon promotion surtout 2^{ème} année master Chimie
d'environnement 2016, et 3^{ème} année GP 2013.

Tous ceux qui m'ont aidé de près ou loin dans ma formation.

Tous mes amis de l'université d'Adrar, sans exception. Surtout Rabi

A mon binôme Khedidja et Lobna.

Oum Kalthoum
Oum Kalthoum



DEDICACES

Je dédie ce travail à :

Ma très chère mère qui m'a toujours apportée

Son amour et son affection

.03 Mon cher père, qui m'a toujours encouragée, conseillée et

Soutenue dans mon travail

Mes très chères sœurs

Mes très chers frères

Toute ma famille et belle famille.

Tous mes collègues et mes professeurs et tout ma grand respect chez leur

*A tous les étudiants de mon promotion surtout 2^{ème} année master Chimie
d'environnement 2016, et 3^{ème} année GP 2013.*

Tous ceux qui m'ont aidé de près ou loin dans ma formation.

Tous mes amis de l'université d'Adrar, sans exception. Surtout Rabi

A mon binôme Oum Kalthoum et Lobna

Khedidja
Khedidja

Résumé:

Résumé.

Le but de cette étude est d'étudier une technique de traitement des eaux usées de la ville d'Adrar pour respecter les normes existantes avant tout rejet dans le milieu naturel. L'objectif principal est l'étude de l'efficacité de traitement des eaux usées par les grains de *Moringa Oléifera* sur quelques genres bactériens (*Germes totaux*, *Coliformes totaux*, *Coliformes fécaux* *Staphylococcus aureus*, *Streptocoques* et *Clostridium*),

Le travail consiste à mélanger quatre différentes quantités de poudre des grains de *Moringa Oléifera* (2,5, 5, 7,5 et 10g) avec un litre d'eau usée pour chaque quantité, le temps de traitement été d'une heure et demi. Un prélèvement d'échantillon d'eau traitée est réalisé chaque les 30 minutes.

Les résultats obtenus confirment que les grains de *Moringa Oléifera* ont un effet positif sur l'abattement des germes pathogène dans les eaux usées. Pour 5g de poudre des grains de *Moringa* et pour un temps de contact de 60 minutes. La concentration en *GAMT* passe de $14,65 \times 10^8$ UFC/100ml à 190×10^6 UFC/100ml. Pour les mêmes conditions opératoires (5g et 60min), l'effet de réduction sur les germes pathogène, on utilisant les grains de *Moringa* a été plus évident pour les *clostridium*. Où nous avons enregistré une réduction totale de ces germes. Concernant la réduction des *Coliformes totaux*. Le taux de réduction trouvé été de 82,5%. Toujours dans les mêmes conditions opératoires (5 g et 60min), les taux de réduction trouvés sont 81,33, 88,23 et 89,18%, pour *Coliformes fécaux* *Staphylococcus aureus* *Streptocoques*, respectivement.

Mots clés: eaux usées, *Moringa Oléifera*, germes pathogène, grains, taux de réduction

الملخص

الهدف من هذه الدراسة هو دراسة تقنية لمعالجة مياه الصرف الصحي المحلي لمدينة أدرار لاحتزام المعايير القائمة قبل تصريفها في البيئة الطبيعية, والهدف الرئيسي هو دراسة فعالية معالجة مياه الصرف الصحي باستعمال بذور المورينجا اوليفيرا على بعض الأجناس البكتيرية (مجموع الجراثيم، ومجموع القولونيات، القولونية البرازية ، المكورات العنقودية الذهبية، العقدية، والمطثيات).

العمل يتضمن خلط اربع كميات متباينة من مسحوق بذور المورينجا اوليفيرا (2,5, 5,5, 7, 10غ) في (1ل) لتر من ماء الصرف الصحي لثلى كمية على حدى، كان وقت المعالجة مدة ساعة ونصف , اذ يتم اخذ عينة للمعالجة كل ثلاثين دقيقة.

وتؤكد النتائج المتحصل عليها ان بذور المورينجا لها تأثير ايجابي على الحد من البكتيريا المسببة للأمراض في مياه الصرف الصحي. من اجل 5غ من مسحوق بذور المورينجا عند 60 دقيقة تركيز مجموع الجراثيم انتقل من $14,65 \times 10^8 \text{UFC}/100\text{ml}$ الى $190 \times 10^6 \text{UFC}/100\text{ml}$ من اجل نفس الظروف التطبيقية (5غ، 60 دقيقة)، وكان استعمال بذور المورينجا تأثير في انخفاض الجراثيم المسببة للأمراض، ويبدو ذلك أكثر وضوحا بالنسبة لكلوستريديوم. حيث سجلنا الانخفاض الإجمالي لهذه الجراثيم. وفيما يتعلق بمعدل انخفاض إجمالي القولونية. ه و 82.5%. في نفس الظروف (5غ، 60 دقيقة) بينما كانت نسب التخفيض، 81.33، 88.23 و 89.18% لبرازي القولونيات المكورات العنقودية الذهبية العقديات، على التوالي.

الكلمات المفتاحية: مياه الصرف الصحي، المورينجا اوليفيرا، بذور، معدل الانخفاض.

Résumé:

Abstract:

The aim of this study is to investigate a technique for treating domestic waste water of the city of Adrar to meet existing standards prior to discharge into the natural environment. The main objective is to study the effectiveness of treatment of waste water by the seeds of *Moringa oleifera* on some bacterial genera (Total germs, Total coliforms, fecal coliforms *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus* and *Clostridium*)

The work consists of four mixed various amounts of powdered seeds of *Moringa oleifera* (2,5, 5, 7,5 and 10g) with a liter of wastewater. For each quantity. treatment time was an hour and a half. A water sampling treated is carried out each 30 minutes.

The results confirm that the seeds of *Moringa oleifera* have a positive effect on the reduction of pathogenic bacteria in wastewater. For 5g powder moringa seeds and a contact time of 60 minutes. The concentration GTAG Password $14,65 \times 10^8$ UFC / 100ml to 190×10^6 UFC / 100ml. For the same operating conditions (5g and 60min), the reduction effect on pathogenic germs, is using *Moringa* seeds was more obvious for *clostridium*. Where we registered a total reduction of these germs. Regarding the reduction of total coliforms. The found reduction rate was 82.5%. Still in the same operating conditions (5 g and 60min), the reduction rates are found, 81.33, 88.23 and 89.18% for Fecal Coliforms *Staphylococcus aureus* *Streptococci*, respectively.

Keywords: waste water, *Moringa oleifera*, pathogenic germs, seeds, reduction rate

Sommaire :

Sommaire

Liste des tableaux	i
Liste des figures.....	ii
Liste des photos	iii
Liste des abréviations	iv
Introduction générale.....	1
<i>Chapitre I: Généralité sur les eaux usées</i>	
I.1. Introduction.....	2
I.2. Définition des eaux usées	2
I.3. Origine des eaux usées.....	2
I.3.1. Les eaux domestiques	3
I.3.2. Les eaux industrielles.....	3
I.3.3. Les eaux agricoles	3
I.3.4. Les eaux pluviales	3
I.4. Composition des eaux usées	5
I.5. Caractéristiques des eaux usées	5
I.5.1. Caractéristiques physico-chimiques.....	5
I.5.1.1. Température (T)	5
I.5.1.2. Potentiel hydrogène (ph)	5
I.5.1.3. Turbidité	6
I.5.1.4. Matière en suspension (MES)	6
I.5.1.5. La conductivité électrique	7
I.5.1.6. Demande biochimique en oxygène(DBO ₅).....	7
I.5.1.7. Demande chimique en oxygène (DCO)	7
I.5.1.8. La Biodégradabilité	7
I.5.2. Caractéristiques microbiologiques	7
I.5.2.1. Les bactéries	7
I.5.2.2. Les protozoaires	8
I.5.2.3. Les virus	8
I.5.2.4. Les helminthes	8
I.6. Pollution des eaux usées	9
I.6.1. Pollution physique	9
I.6.1.1. Pollution mécanique.....	9

Sommaire :

I.6.1.2. Pollution thermique	9
I.6.1.3. Pollution radioactive	10
I.6.2. Pollution chimique	10
I.6.2.1. Pollution organique	10
I.6.2.2. Pollution minérale	10
I.6.3. Pollution microbiologique.....	11
I.7. Procédés de traitements des eaux usées.....	11
I.7.1. Traitement préliminaire (prétraitement).....	11
I.7.1.1. Dégrillage	12
I.7.1.2. Dessablage	12
I.7.1.3. Déshuilage dégraissage.....	12
I.7.2. Traitement primaire.....	12
I.7.2.1. La décantation (processus physique).....	12
I.7.2.2. La flottation (processus physique).....	12
I.7.2.3. La décantation associée à l'utilisation d'un coagulant- flocculant (voie physicochimique	12
I.7.3. Le traitement secondaire ou biologique	13
I.7.3.1. Boues activées	13
I.7.3.2. Lit bactérien	14
I.7.3.3. Le lagunage	15
I.7.4. Traitement tertiaire.....	18
I.8. Conclusion	19
 <i>Chapitre II: Etude bibliographique sur Moringa Oléifera</i>	
II.1. Introduction.....	20
II.2. Histoire et origine de la plante <i>Moringa Oléifera</i>	20
II.3. Définition	21
II.4. Description botanique	21
II.5. Composition et propriétés	23
II.6. Classification.....	24
II.7. Distribution géographique.....	25
II.8. Les usages	26
II.9. Propriétés médicinales	29

Sommaire :

II.10. Activité Antibactérien de Moringa Oléifera	31
II.11. Conclusion	31
Chapitre III: Matériels et méthodes	
III.1. Introduction.....	32
III.2. L'échantillonnage.....	32
III.3. Préparation des graines de Moringa Oléifera.....	34
III.4. Méthodes de recherche et dénombrement.....	36
III.4.1. Recherche et dénombrement des <i>germes aérobies mésophiles totaux</i>	36
III.4.2. Recherche et dénombrement des <i>coliformes totaux</i> et <i>coliforme fécaux</i>	38
III.4.3. Recherche et dénombrement de <i>Streptocoques fécaux</i>	40
III.4.4. Recherche et dénombrement de <i>Staphylococcus aureus</i>	41
III.4.5. Recherche et dénombrement de <i>Clostridium sulfito-reducteurs</i>	43
III.5. Conclusion	45
Chapitre IV: Résultats et discussion	
IV.1. Les résultats et discussion	46
IV.1.1 Les résultats	46
IV.1.1 Les <i>germes totaux</i>	46
IV.1.2 Les <i>coliformes totaux</i>	48
IV.1.3 Les <i>coliformes fécaux</i>	50
IV.1.4 Les <i>Clostridium sulfito-reducteurs</i>	52
IV.1.5 Les <i>Staphylococcus aureus</i>	54
IV.1.6 Les <i>Streptocoques fécaux</i>	55
IV.1.2 Le taux de réduction	58
IV.1.3 Discussion.....	60
Conclusion générale	62
Références bibliographiques.....	63
Annexe.....	i

Liste des tableaux:

Liste des Tableaux:

Tableau N° 1: Composants majeurs typique d'eau usée domestique.....	5
Tableau N° 2: Les normes internationales selon l'organisation mondiale de la santé respective pour les eaux usées.....	6
Tableau N° 3: Charge polluante engendrée par un habitant.....	11
Tableau N° 4: partie de la plante et leur intérêt.....	23
Tableau N° 5: Taxonomie de <i>Moringa Oléifera</i>	24
Tableau N° 6: Les propriétés médicinales des différentes parties de <i>Moringa Oléifera</i>	29
Tableau N° 7: Résultat des <i>germes totaux</i>	45
Tableau N° 8: Résultats des <i>coliformes totaux</i>	48
Tableau N° 9: Résultat des <i>coliformes fécaux (C.F)</i>	50
Tableau N° 10: Résultats des <i>Clostridium sulfito-reducteurs</i>	52
Tableau N° 11: Résultats des <i>Staphylococcus aureus</i>	54
Tableau N° 12: Résultats des <i>Streptocoques</i>	56
Tableau N° 13: Le taux de réduction pour chaque germe.....	59

Liste des figures:

Liste des figures:

Figure N° 1:	Schéma générale de mode de fonctionnement de lagunage à boues activées.....	14
Figure N° 2:	Schéma de lagunage naturel	16
Figure N° 3:	La carte géographique représente les sites de la plante Moringa Oléifera dans le monde	25
Figure N° 4:	Utilisations des différentes parties du Moringa Oléifera	28
Figure N° 5:	Mode de traitement des eaux usées.....	35
Figure N° 6:	Dénombrement des <i>Streptocoques fécaux</i>	41
Figure N° 7:	Dénombrement des <i>Clostridium</i>	45
Figure N° 8:	Evolution des <i>germes totaux</i> en fonction de temps avec la quantité de la poudre des grains de <i>MO</i>	47
Figure N° 9:	Evolution des <i>coliformes totaux</i> en fonction de temps avec la quantité de la poudre des grains de <i>MO</i>	49
Figure N° 10:	Evolution des <i>coliformes fécaux</i> en fonction de temps avec la quantité de la poudre des grains de <i>MO</i>	51
Figure N° 11:	Evolution des <i>clostridium</i> en fonction de temps avec la quantité de la poudre des grains de <i>MO</i>	53
Figure N° 12:	Evolution des <i>Staphylococcus</i> en fonction de temps avec la quantité de la poudre des grains de <i>MO</i>	55
Figure N° 13:	Evolution des <i>Streptocoques fécaux</i> en fonction de temps avec la quantité de la poudre des grains de <i>MO</i>	57

Liste des photos:

Liste des photos:

Photo N° 1: Canalisation de rejet	2
Photo N° 2: fourrage de dernier bassin	4
Photo N° 3: Canalisations en acier	4
Photo N° 4: Le premier bassin de station	16
Photo N° 5: la plante de <i>Moringa Oléifèra</i>	20
Photo N° 6: Les qualités nutritives de <i>Moringa oléifèra</i>	24
Photo N° 7: les graines des quelques espèces de <i>Moringa Oléifèra</i>	25
Photo N° 8: Certains médicaments médicinaux de <i>Moringa Oléifèra</i>	29
Photo N° 9: URERMS Adrar	32
Photo N° 10: l'entrée de bassine	33
Photo N° 11: <i>Moringa oléifèra</i> et les grains	33
Photo N° 12: Le broyage(Micobroyeur)	34
Photo N° 13: Balance électrique	34
Photo N° 14: Les pisés de la poudre des graines de M Oléifèra.....	34
Photo N° 15: bain marie.....	44
Photo N° 16: Les colonnes des germes totaux sur milieu PCA.....	46
Photo N° 17: Les colonnes des coliformes totaux sur milieu VRBL	48
Photo N° 18: Les colonnes des Coliformes fécaux sur milieu VRBL.....	50
Photo N° 19: Les colonnes des Clostridium sulfito-reducteurs sur milieu VF.....	52
Photo N° 20: Les colonnes des Staphylococcus aureus sur milieu BP.....	54
Photo N° 21: Les colonnes des Streptocoques fécaux sur milieu Roth.....	56
Photo N° 22: Les colonnes des Streptocoques fécaux sur milieu Lytsky.....	56

Liste des Abréviations:

Liste des Abréviations

BP:	Baird Parker
CSR:	Clostridium
CF:	Coliformes Fécaux.
CT:	Coliformes Totaux.
QPGMO:	Quantité de poudre des Graines de <i>Moringa Oléifera</i>.
°C :	Degrés Celsius
DBO₅:	Demande Biochimique en Oxygène pendant 5 jours.
DCO:	Demande Chimique En Oxygène.
E. Coli:	Escherichia Coli
ERI:	Electronique Recycler International.
FAO:	Food and Agriculture Organisation
H⁺:	Ions Hydrogène
GAMT:	Germes Aérobie Mésophiles Totaux.
GT:	Germes Totaux.
MES.	Matière En Suspension.
METOX.	Métaux Toxiques.
MO	<i>Moringa Oléifera</i>.
N:	Azote.
OMS.	Organisation Mondiale de la Santé.
P:	Phosphore.
PCA:	Plat Cant Agar
pH:	Potentiel Hydrogène
REUE:	Réutilisation des Eaux Usées Epurées.
STEP:	Station d'Epuration.
S/C:	Simple Concentration.
T:	Température.
URERMS:	Unité de Recherche en Energies Renouvelables en Milieu Saharien.
UTN:	Unités de Turbidités par Néphélométrie.
UFC:	Unité Formant Colonie
VF:	Viande-Foie
VRBL:	Gélose Bilié Rouge Violet Lactose.

INTRODUCTION

GENERALE

Introduction générale:

Introduction générale

Les eaux usées sont des eaux altérées par les activités humaines à la suite d'un usage domestique (eaux ménagères lessives, cuisine et bain ainsi que les eaux de vannes), industriel, artisanal, agricole ou autre et qui doit être traité avant d'être réintroduite vers d'autres sources d'eaux pour qu'elle ne cause pas de pollution de ces autres sources. **(Bougherda. F Z et Toumi. N, 2011)**

Selon la nature et l'importance de la pollution, différents procédés peuvent être mise en œuvre pour l'épuration des eaux résiduaires en fonction des caractéristiques de celles-ci et du degré d'épuration souhaité. Les procédés biologiques présentent des rendements assez bons et sont très avantageux du point de vue coût, du moment qu'ils n'utilisent que la seule force épuratrice des microorganismes présents dans l'eau.

Cette étude est basée sur la technique de traitement des eaux usées par la plante *Moringa Oléifera*. Le *Moringa Oléifera*, est probablement la plante la plus populaire de la banque de semences d'espèces tropicales. Cet arbre est originaire de l'Inde. Il existe environ 13 espèces de *Moringa*, lesquelles appartiennent à la famille des *Moringaceae*, Parmi ces espèces, le *Moringa Oléifera* est la plus connue **(Martin L. Price, 2007)**. Les extraits et les graines de *Moringa* sont très performant pour clarifier facilement l'eau polluée du point de vu physicochimique et microbiologique.

En effet la problématique des eaux usées est l'une des plus préoccupants problèmes de l'Afrique saharienne, de ce fait, nous sommes intéressés aux grains de la plante de *Moringa Oleifera*, qui peuvent être utilisées pour la purification de l'eau d'ailleurs, son nom arabe *Shajarat al rauwaq* signifie "arbre purificateur". Mélangées à de l'eau sale, elles attirent comme un aimant les virus et les bactéries.

Ce travail réalisé au niveau du Laboratoire de l'Unité de Recherche en Energies Renouvelables en Milieu Saharien d'Adrar, a pour objectif l'épuration d'une eau usée par les graines de la plante de *Moringa Oleifera* cultivée à la région d'Adrar – Algérie et en suite faire les analyses microbiologique.

Le présent travail est composé de 02 parties, la première partie est l'étude bibliographique qui contient 02 chapitres.

- Chapitre 01 : Généralités sur les eaux;
- Chapitre 02 : Généralités sur la plante *Moringa Oléifera*;
- La deuxième partie est l'étude expérimentale contienne aussi deux chapitres:

Chapitre 03 : Matériels et méthodes; Chapitre 04 : Résultats et discussion.

On termine avec une conclusion générale.

Chapitre I:

Généralité sur les eaux usées

Introduction

Les eaux résiduaires quelle que soit leur origine, sont généralement chargées en éléments indésirables, qui selon leur quantité et selon leur composition, qui représentent un danger réel pour les milieux récepteurs ou leurs utilisateurs. L'élimination de ces éléments toxiques exige de concevoir une chaîne de traitement. Toutefois, avant de concevoir tout procédé d'épuration, il est impératif de caractériser l'effluent à traiter, quantitativement et qualitativement (**Bougherda et Toumi, 2011**)

I.1. Définition des eaux usées:

Une personne consomme en moyenne 150 à 200 litres d'eau par jour. Une fois utilisée, elle devient de l'eau dite « eau usée ».

(**Kebir et Kharef, 2011**)

Les eaux usées sont des eaux altérées par les activités humaines à la suite d'un usage domestique (eaux ménagères lessives, cuisine et bain ainsi que les eaux de vannes), industriel, artisanal, agricole ou autre et qui doit être traité avant d'être réintroduite vers d'autres sources d'eaux pour qu'ils ne causent pas de pollution de ces autres sources.



Photo N°1:Canalisation de rejet Koussane Adrar (**N. Nedjah et al, 2011**)

I.2. Origine des eaux usées :

Les eaux usées proviennent de plusieurs sources, Tout ce que vous évacuez en tirant la chasse d'eau et lorsque vous utilisez vos éviers est considéré comme de l'eau usée. L'eau de pluie, ainsi que les différents polluants qui s'écoulent dans les égouts, aboutissent dans les établissements de traitement des eaux usées (**Bougherda et Toumi, 2011**)

Selon Eckenfelder, (1982), les eaux usées proviennent de quatre sources principales:

- 1- Les eaux domestiques ;
- 2- Les eaux industrielles ;
- 3- Les eaux de pluie et de ruissellement dans les villes ;
- 4- Le ruissellement dans les zones agricoles; (**Djeddi, 2007**).

I.3.1. Les eaux domestiques :

Sont énumérées comme étant notamment celles issues des installations sanitaires, des cuisines, du nettoyage des bâtiments, des lessives à domicile, de certains petits

établissements et qui sont destinées à être déversées dans une station d'épuration. (**Husson et Gobert, 2012**).

Elles proviennent des différents usages domestiques de l'eau. Elles sont essentiellement porteuses de pollution organique. Elles se répartissent en:

a) **Eaux usées normales:** les eaux provenant de :

❖ **Eaux ménagères :** qui ont pour origine les salles de bains et les cuisines, et sont généralement chargées de détergents, de graisses, de solvants, de débris organiques, etc...

(**Jean Rodier et coll.**)

❖ **Eaux vannes:** Il s'agit des rejets des toilettes, chargés de diverses matières organiques azotées et de germes fécaux. (**Belnasra et Boulahya, 2013**).

b) **Eaux usées autres que normales:** Les eaux usées provenant :

- Des fabriques, ateliers, dépôts ou laboratoire ;

- Des hôpitaux et cliniques ;

- Les eaux usées provenant d'élevage important dont les ménageries permanentes et de jardins zoologiques. (**Bruno, 2008**).

I.3.2. Les eaux industrielles:

Celles provenant des usines. Si ces eaux contiennent des pollutions trop importantes ou dangereuses, un premier traitement se fait dans l'usine avant de réunir les eaux industrielles avec les eaux domestiques. (**Bougherda et Toumi, 2011**). Leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. (**Belnasra et Boulahya, 2013**)

Selon leur origine industrielle elles peuvent également contenir:

- Des graisses (industrie agroalimentaire).
- Des hydrocarbures (raffineries).
- Des métaux (traitements de surface, métallurgie).
- Des acides, des bases et divers produits chimiques.
- De l'eau chaude (centrales nucléaires, traitement des déchets radioactifs). (**Metahri, 2012**).

I.3.3. Les eaux agricoles : sont des « eaux usées provenant d'établissements ou sont gardés ou élevés des animaux entraînant une charge polluante globale inférieure à un chiffre maximal fixe par le Gouvernement et qui ne sont ni des jardins zoologiques ni des ménageries permanentes ». (**Husson, Gobert, 2012**) L'agriculture est une source de pollution des eaux car elle apporte les engrais et les pesticides. (**Belnasra et Boulahya, 2013**).

I.3.4. Les eaux pluviales:

Eaux de pluies qui ruissellent sur le sol en emportant toute la pollution du sol (chewing-gum, mégots, huiles, hydrocarbures ...). (Ghadbane, 2003). L'artificiel d'origine pluviale sont aussi considérées comme étant des eaux usées, si ce n'est qu'elles font, dans certains cas, l'objet d'un traitement séparé dans le cadre de leur évacuation. Les eaux de pluies collectées normalement à la fois avec les eaux usées puis déversées acheminées vers une station d'épuration (khemici, 2014), sont souvent drainées directement dans les rivières entraînant ainsi une pollution intense du milieu aquatique. (Metahri, 2012)



Photo N°2: fourrage de dernier bassin
(Koussane Adrar, .2016)

- **L'assainissement :**

L'assainissement de l'eau constitue l'ensemble des dispositions relatives à l'évacuation des déchets liquides d'une agglomération et à leur traitement, de manière à ce qu'ils ne puissent provoquer aucune nuisance pour l'hygiène publique.

Les méthodes d'évacuations des eaux usées tiennent compte, aussi bien de la quantité des déchets liquides à évacuer, que des moyens disponibles pour leur collecte et leur traitement, avant leur évacuation vers le milieu nature (Chribet et Ben Hassane, 2011).



Photo N°3: Canalisations en acier
(Koussane Adrar, .2016)

- **L'importance d'assainissement:**

Les eaux usées non traitées ou mal traitées, constituent des polluants présentent un risque pour la santé publique, les eaux destinées à la consommation et pour les eaux superficielles ainsi qu'une menace à l'équilibre écologique. Selon l'Organisation Mondiale de la Santé, « une évacuation hygiénique des excréta et des déchets liquides qui ne comporte aucun danger pour la communauté doit être l'objet fondamental de tous les

programmes d'assainissement» (Direction des politiques de l'eau Service des eaux municipals, 2009).

I.3. Composition des eaux usées

La composition des eaux usées (Tableau 1), est extrêmement variable en fonction de leur origine (industrielle, domestique, etc.).

Tableau N°1: Composants majeurs typique d'eau usée domestique (Djeddi. H, 2007)

constituants	Concentration (mg/L)		
	Fort	Moyen	Faible
Solides totaux	1200	700	350
Solides dissous (TDS)	850	500	250
Solides suspendus	350	200	100
Azote (en N)	85	40	20
Phosphore (en P)	20	10	6
Chlore	100	50	30
Alcalinité (en CaCO ₃)	200	100	50
Graisses	150	100	50

I.4. Caractéristiques des eaux usées:

I.5.1. Caractéristiques physico-chimiques:

I.5.1.1. Température (T) :

La température de l'eau varie naturellement au cours de l'année, les rejets industriels contribuent à élever la température de l'eau. La température de l'eau en affect la qualité, notamment parce que l'eau chaude diminue la concentration en oxygène dissous, au détriment de la vie aquatique. (Baouid et Belkhiter, 2010), (Joseph et al, 2002).

I.5.1.2. Potentiel hydrogène (pH):

Le pH est la mesure de la concentration en ions hydrogène (H⁺) de la solution, qui lui confère son caractère acide ou basique. Cette mesure peut apporter des renseignements sur la qualité d'une eau. (Franck, 2002).

D'après le (Tableau 2), les valeurs de pH des eaux usées de la station oscillent entre 6,82 et 7,02. Ces valeurs sont conformes avec les normes de rejet algériennes (6,5 < pH < 8,5) (JORA, 1993).

Tableau N°2: Les normes internationales selon l'organisation mondiale de la santé respective pour les eaux usées (MENOUER. S et TAIBI. S, 2014).

Caractéristiques	Utilisées (OMS)
pH	6.5-8.5
DBO ₅	<30 mg d'O ₂ /l
DCO	<90mg d'O ₂ /l
MES	<20 mg/l
NH ₄ ⁺	<0.5 mg/l
NO ₂	1 mg/l
NO ₃	<1mg/l
P ₂ O ₅	<2mg/l
Température T	<30°c
Couleur	Incolore
Odeur	Inodore

I.5.1.3. Turbidité:

La turbidité est une autre façon de mesurer la transparence de l'eau. Elle s'exprime en UTN (unités de turbidités par néphélémétrie) est causée par la présence de matières en suspension, telles que l'argile, le limon, les particules organiques, le plancton et les autres organismes microscopiques. (Azouzi, 2010), (Bernard et Nicole, 2009)

I.5.1.4. Matières en suspension (MES):

Elles comportent à la fois des éléments minéraux et organiques qui sont présentes dans les eaux naturelles ou polluées. Les MES comprennent les matières décantables et les colloïdes, mais pas les matières dissoutes. Elles représentent la cause essentielle de la turbidité de l'eau. Elles s'exprimées en (mg/l) (Stephan, 2010).

I.5.1.5. La conductivité électrique

Est une mesure de la capacité d'eau à conduire le courant électrique ; elle est liée à la présence des ions, et augmente avec la température. Elle traduit la minéralisation totale de l'eau ; elle s'exprime en ($\mu\text{s}/\text{cm}$). (Kebir et Kharef, 2011)

I.5.1.6. Demande biochimique en oxygène (DBO₅)

Elle correspond à la quantité d'oxygène consommée en 5 jours par une biomasse pour décomposer les matières organiques. Elle est mesurée à partir d'un DBO mètre, et exprimée en mg d'O₂/ l L'échantillon est incubé dans l'enceinte thermostat à 20°C en présence d'air. Les microorganismes présents, consomment l'oxygène en provenance du volume d'air situé au-dessus de l'échantillon. La mesure de cette perte en oxygène est effectuée durant cinq jours par le principe hydrostatique (changement de niveau de mercure). (Baumont, 2004)

I.5.1.7. Demande chimique en oxygène (DCO)

Est la quantité d'oxygène consommée par les matières oxydables existantes dans l'eau par processus chimique. La mesure correspond à une estimation des matières oxydables présentes dans l'eau, quelle que soit leurs origines organique ou minérale, il s'exprime en (mg/l).), (Kebir et Kharef, 2011). La DCO est la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder toutes les matières organiques et les matières minérales contenues dans l'eau. (Baumont, 2004)

I.5.1.8. La Biodégradabilité:

La biodégradabilité traduit l'aptitude d'un effluent à être décomposé ou oxydé par les micro-organismes qui interviennent dans le processus biologique des eaux. (Metahri, 2012).

I.5.2. Caractéristiques microbiologiques:

Les eaux usées contiennent tous les micro-organismes peut être classé en quatre grands groupes : les bactéries, les protozoaires, les virus et les helminthes.

I.5.2.1. Les bactéries :

Les bactéries sont les microorganismes les plus communément rencontrés dans les eaux usées. Les eaux usées urbaines contiennent environ 10^6 à 10^7 bactéries/100 ml dont la plupart sont des *Proteus* et des entérobactéries, 10^3 à 10^4 des *Streptocoques* et de 10^2 à 10^3 des *Clostridium*. La concentration en bactéries pathogènes est très variable et peut atteindre 10^4 germes par litre. Parmi pathogènes les plus détectées, les *Salmonelles*, dont celles responsables de la typhoïde, des paratyphoïdes et des troubles intestinaux. Les *coliformes thermo-tolérants* sont des germes témoins de contamination fécale communément utilisés

pour contrôler la qualité relative d'une eau. (Toze, 1999). En plus de ces germes les eaux usées d'une station d'épuration contiennent des espèces autochtones considérées comme acteurs majeurs des biodégradations telles que : *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, *Micrococcus*, *Flavobacterium* et d'autres. (Pelmont, 2005)

I.5.2.2. Les protozoaires :

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

Plusieurs protozoaires pathogènes ont été identifiés dans les eaux usées (Gennaccaro et al, 2003). Parmi les plus importants du point de vue sanitaire, il faut citer *Entamoeba histolytica*, responsable de la dysenterie amibienne, *Giardia lamblia* et *Cryptosporidium parvum* (Toze, 2006). Il est considéré que seulement 10 à 30 kystes forment une dose suffisante pour causer des troubles sanitaires. (Campos, 2008).

I.5.2.3. Les virus :

Les virus sont des parasites intracellulaires obligatoires qui ne peuvent se multiplier que dans leur cellule hôte. Leur concentration estimée dans les eaux usées urbaines est comprise entre 10^3 et 10^4 particules par litre. Leur isolement et leur dénombrement dans les eaux usées restent difficiles, ce qui conduit vraisemblablement à une sous-estimation de leur nombre réel. Les virus entériques sont ceux qui se multiplient dans le trajet intestinal. Parmi les virus entériques humains les plus nombreux il faut citer les entérovirus, les rotavirus, les rétrovirus, les adénovirus et le virus de l'Hépatite A. Il semble que les virus soient plus résistants dans l'environnement que les bactéries, du fait qu'au cours de processus de traitement des eaux usées les virus sont plus difficiles à éliminer que les bactéries classiques couramment utilisées comme indicateurs de la qualité bactériologique des eaux (Toze, 2006).

I.5.2.4. Les helminthes :

Les helminthes sont des parasites intestinaux, fréquemment rencontrés dans les eaux résiduaires. Dans les eaux usées urbaines, le nombre d'œufs d'helminthes peut être évalué entre 10 et 10^3 germes/l. Beaucoup de ces helminthes ont des cycles de vie complexes comprenant un passage obligatoire par un hôte intermédiaire (Aulicino et al, 1996). Le stade infectieux de certains helminthes est l'organisme adulte ou larve, alors que pour d'autres, ce sont les œufs. Les œufs et les larves sont résistants dans l'environnement et le risque lié à leur présence est à considérer pour le traitement et la réutilisation des eaux

résiduaire. En effet, la persistance de ces organismes à différentes conditions environnementales ainsi que leur résistance à la désinfection permet leur reproduction, ce qui constitue leur risque potentiel. Les helminthes pathogènes rencontrés le plus fréquemment dans les eaux usées sont : *Ascaris lumbricoides*, *Oxyuris vermicularis*, *Trichuris trichiura*, *Taenia saginata*. (Campos, 2008).

I.6. Pollution des eaux usées :

Les origines de la pollution des eaux sont variées et intimement liées aux activités humaines. Il existe différentes formes de pollution: d'origine organique, d'origine microbiologique, d'origine minérale, d'origine toxique (minérale et organique).

A chacune de ces formes de pollution correspond nécessairement une modification du milieu récepteur qui se traduit indirectement et à plus ou moins long terme, par des conséquences néfastes sur l'individu.

I.6.1. Pollution physique:

C'est une pollution due aux agents physiques (tout élément solide entraîné par l'eau), elle est d'origine domestique, essentiellement industrielle. On peut la répartir en trois classes: mécanique, thermique et radioactive (A. MIZI, 2006); (F. GALAF et S. GHANNAM, 2003).

I.6.1.1. Pollution mécanique:

Elle résulte des décharges de déchets et de particules solides apportés par les ERI, ainsi que les eaux de ruissellement. Ces polluants sont soit les éléments grossiers soit du sable ou bien les matières en suspension MES.

I.6.1.2. Pollution thermique:

Les eaux rejetées par les usines utilisant un circuit de refroidissement de certaines installations (centrales thermiques, nucléaires, raffineries, aciéries...); ont une température de l'ordre de (70 à 80) °C. Elle diminue jusqu'à (40 à 45) °C lorsqu'elle contacte les eaux des milieux aquatiques entraînant un réchauffement de l'eau, qui influe sur la solubilité de l'oxygène.

En outre tout changement de température cause des effets significatifs sur la survie des organismes aquatiques. Un abaissement important de température ralentit la plupart des réactions chimiques vitales voire les arrêter. Au contraire, des augmentations de température peuvent tuer certaines espèces, mais également favoriser le développement d'autres organismes causant ainsi un déséquilibre écologique (A. MIZI, 2006).

I.6.1.3. Pollution radioactive:

C'est celle occasionnée par une éventuelle radioactivité artificielle des rejets qui trouvent leur source dans l'utilisation de l'énergie nucléaire sous toutes ces formes (installations et centrales d'exploitation de mine d'uranium, traitement des déchets radioactifs). Les éléments radioactifs s'incorporent dans les molécules des organismes vivants. Plus on s'élève dans la chaîne alimentaire plus les organismes sont sensibles aux rayonnements (A. MIZI, 2006).

I.6.2. Pollution chimique:

Elle résulte des rejets chimiques, essentiellement d'origine industrielle. La pollution chimique des eaux est regroupée dans deux catégories :

Organiques (hydrocarbures, pesticides, détergents, phénols..) ;
Minérales (métaux lourds, cyanure, azote, phosphore...)

I.6.2.1. Pollution organique :

La pollution organique constitue souvent la fraction la plus importante d'autant plus que dans son acceptation la plus large, cette forme de pollution peut être considérée comme résultant de diverses activités chaque activité rejette des composés spécifiques biodégradables ou pas.

On distingue pour les eaux usées urbaines les matières organiques banales (lipides, glucides). (Belnasra et Boulahya, 2013).

I.6.2.2. Pollution minérale :

Il s'agit principalement d'effluents industriels contenant des substances minérales tels que Les sels, les nitrates, les chlorures, les phosphates, les ions métalliques, le plomb, le mercure, le chrome, le cuivre, le zinc et le chlore.

Ces substances suscitent:

- Peuvent causer des problèmes sur l'organisme de l'individu.
- Perturbent l'activité bactérienne en station d'épuration.
- Affectant sérieusement les cultures.

Tableau N°3 : Charge polluante engendrée par un habitant (Bruno, 2008).

Caractéristiques	Charge polluante engendrée par un habitant
Matière en suspension (MES)	90 g/j
Matière oxydable MO = (2*DBO5 + DCO) / 3	57 g/j
Azote (N)	15 g/j
Phosphore (P)	4 g/j
Métaux toxiques (METOX)	0,23 g/j

I.6.3. Pollution microbiologique :

L'eau peut contenir des microorganismes pathogènes (virus, bactéries, parasites) ils sont dangereux pour la santé humaine, et limitent donc les usages que l'on peut faire de l'eau (industrie, utilisation domestique...) (A. botta, 2001)

Les eaux usées domestiques contiennent des concentrations très importantes en microorganismes d'origine fécale. Par exemple, la concentration en Coliformes fécaux dans les eaux usées brutes arrivant en STEP sont de l'ordre de 10^7 à 10^8 UFC/100 ml. Alors qu'il y a encore cinquante ans, ces eaux usées étaient le plus souvent rejetées sans traitement dans les milieux aquatiques (Servais. P et al, 2006)

La pollution microbiologique devient très dangereuse lorsque les eaux usées sont rejetées dans un milieu récepteur pouvant provoquer des maladies dangereuses pour l'individu.

I.7. Procédés de traitements des eaux usées:

I.7.1. Traitement préliminaire (prétraitement):

Enlèvement des solides grossiers et d'autres grands fragments de l'eau usée brute (FAO, 2003).

En tête d'une station d'épuration, ces procédés permettent de retenir les matières volumineuses grâce à des grilles (dégrillage), les sables (dessablage), les matières flottantes grossières (écumage) et les liquides moins denses que l'eau (désuilage). Les déchets solides peuvent être déchiquetés (dilacération) par des « pompes dilacératrices », cette opération facilitant leur dispersion (Desjardins, 1997).

I.7.1.1. Dégrillage :

Il permet de séparer les matières volumineuses, Son principe est extrêmement simple, puisqu'il consiste à faire passer l'eau brute à travers des grilles composées de barreaux placés verticalement ou inclinés de 60 à 80° sur l'horizontale. L'espacement des barreaux varie de 10 à 100 mm. Le nettoyage des grilles est réalisé généralement de façon automatique par un dispositif mécanique agissant en amont ou en aval du champ de la grille. (Boeglin, 2002).

I.7.1.2. Dessablage :

Il débarrasse les eaux usées des sables et des graviers par sédimentation. Ces particules sont ensuite aspirées par une pompe. Les sables récupérés sont essorés, puis lavés avant d'être soit envoyés en décharge, soit réutilisés, selon la qualité du lavage.

I.7.1.3. Déshuilage dégraissage :

Le déshuilage-dégraissage se rapporte à l'extraction de toutes les matières flottantes d'une densité inférieure à celle de l'eau.

Les huiles et graisses, lorsqu'elles ne sont pas émulsionnées, sont séparées sous forme de boues flottantes dans des ouvrages comportant une zone d'aération où les bulles d'air augmentent la vitesse de montée des particules grasses et une zone de tranquillisation où s'effectue la récupération. (FAO, 2003).

Le plus souvent, le dessablage et de déshuilage sont combinées dans un même ouvrage, muni d'un pont roulant sert simultanément à racler dans le fond les matières déposées et à écrémer en surface par pompe suceuse les matières flottantes.

I.7.2. Traitement primaire :

I.7.2.1. La décantation (processus physique) : le principe de séparation solide-liquide est la pesanteur, les matières en suspension ou colloïdales tendent à se séparer du liquide par sédimentation.

I.7.2.2. La flottation (processus physique) : par opposition à la décantation, la flottation est un procédé de séparation solide-liquide ou liquide-liquide qui s'applique à des particules dont la masse volumique réelle ou apparente (flottation assistée) est inférieure à celle du liquide qui les contient.

I.7.2.3. La décantation associée à l'utilisation d'un coagulant- floculant (voie physicochimique): le principe est ici de favoriser l'agrégation des molécules en suspension grâce aux techniques de coagulation et de floculation de façon à augmenter la sédimentation grâce à l'obtention de floes plus gros. (Attab. S, 2011).

I.7.3. Le traitement secondaire ou biologique :

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

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

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

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

L'épuration biologique des eaux usées peut être mise en œuvre dans les micro-organismes se développent en suspension dans l'eau (boues activées), ou encore dans réacteurs à biomasse fixée dans lesquelles les micro-organismes se développent sur un support grossier ou sur garnissage plastique (lit bactériens), sur de disque (disques biologiques).

I.7.3.1. Boues activées :

L'épuration biologique des eaux usées par le procédé des boues activées repose sur l'activité d'une culture bactérienne aérobie, maintenue en suspension dans un ouvrage spécifique alimenté par l'effluent à traiter et appelé bassin d'aération. Le développement des boues est assuré par un brassage, formé surtout par l'oxygène nécessaire aux réactions de minéralisations. L'oxygène est fourni artificiellement soit par insufflation d'air au sein du liquide, soit par un procédé mécanique d'agitation de fond et de surface. (Canler, 1999)

Principe de la boue activée

Il consiste à revaloriser les eaux usées en y introduisant un concentré de bactéries diverses. On ajoute à ce mélange un brassage mécanique qui permet l'oxygénation du tout, nécessaire au bon fonctionnement des bactéries et à la dégradation des matières. Ces dernières « mangent » les substances polluantes et les transforment en boue. (Revue, Futura-sciences 28/06/2013).

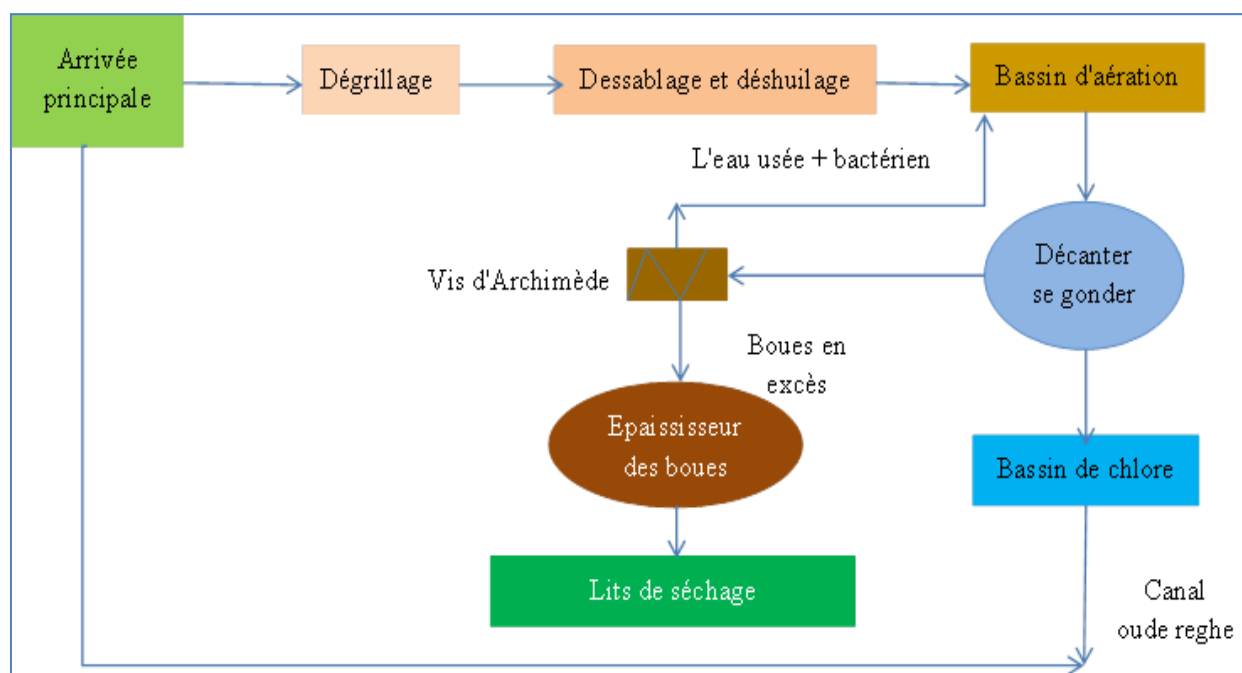


Figure N°1: Schéma générale de mode de fonctionnement de lagunage à boues activées

❖ **Avantages et inconvénients du procédé à boues activées :**

❖ **Les avantages**

- Adaptée pour toute taille de collectivité (sauf les très petites)
- Bonne élimination de l'ensemble des paramètres de pollution (MES, DCO, DBO₅, N par nitrification et dénitrification).
- Adapté pour la protection de milieux récepteurs sensibles.
- Facilité de mise en œuvre d'une déphosphatation simultanée.
- Boues légèrement stabilisées. **(Perera et Baudot, 2001)**

❖ **Les inconvénients**

L'épuration biologique à boue activée est un dispositif qui nécessite un entretien rigoureux sous peine de dysfonctionnement, voire de panne. L'investissement de départ est élevé, mais une comparaison avec les autres modes d'épuration permet de relativiser.

L'implantation d'un site dans un espace vert peut provoquer quelques nuisances, au niveau du bruit et des matériaux utilisés. La production de boues reste conséquente. **(Revue; futura-sciences, 28/06/2013)**

I.7.3.2. Lit bactérien :

Le principe de fonctionnement d'un lit bactérien consiste à faire ruisseler les eaux usées, préalablement décantées sur une masse de matériaux poreux ou caverneux qui sert de support aux micro-organismes (bactéries) épurateurs.

Une aération est pratiquée soit par tirage naturel soit par ventilation forcée. Il s'agit d'apporter l'oxygène nécessaire au maintien des bactéries aérobies en bon état de fonctionnement. Les matières polluantes contenues dans l'eau et l'oxygène de l'air diffusent, à contrecourant, à travers le film biologique jusqu'aux micro-organismes assimilateurs. Le film biologique comporte des bactéries aérobies à la surface et des bactéries anaérobies près du fond. Les sous-produits et le gaz carbonique produits par l'épuration s'évacuent dans les fluides liquides et gazeux. Le rendement maximum de cette technique est de 80 % d'élimination de la DBO₅. **(Boudraa et Attalah, 2015)**

I.7.3.3. Le lagunage:**I.7.3.3.1. Définition:**

Le lagunage peut aussi être linéaire et avoir vocation de corridor biologique (utilisant un fossé ou ici une berge de canal, en bordure de la Deûle, en aval de Lille). Le lagunage, est une technique naturelle d'épuration des eaux fondée sur la déséutrophisation. Le principe est de recréer des bassins « tampons » durant lesquels les eaux usées vont transiter, avant d'être rejetées dans le milieu naturel. Les phénomènes d'autoépuration des eaux se font ainsi dans ces bassins, de grande surface, plutôt que dans le milieu naturel (lac, rivière) qui est ainsi préservé des conséquences néfastes de ce phénomène d'autoépuration (la dégradation de la matière organique par les micro-organismes aérobies, entraîne une chute du taux d'oxygène dissous, ce qui a pour conséquence d'asphyxier la macrofaune et la microflore aquatique). **(Doulye, 2002)**

I.7.3.3.2. Type de lagunage :**A.1 Lagunage naturel:****A.1-Définition:**

C'est un procédé biologique de traitement des eaux usées. Il consiste à laisser l'eau se reposer dans des bassins ouverts peu profonds de 1 à 5 m de profondeur pendant une durée variant de 30 à 60 jours. Il aboutit d'une part à l'abattement de la charge polluante et d'autre part à la stabilisation des boues produites, sous l'action des organismes se développant dans le milieu. **(Khatabi, 2002)**



Photo N°4 : Le premier bassin de station (Koussaine Adrar, 2016)

Mode de fonctionnement

- Bassin naturel : Dans ce bassin, l'élimination des déchets passe par deux voies
- La voie physico-chimique : naturellement des réactions chimiques ont lieu dans l'eau entre les différents éléments minéraux déjà présents. Ces réactions tendent vers une certaine neutralité entre les différents composés.
- La voie microbiologique : C'est le moyen le plus efficace où les déchets organiques sont progressivement dégradés par les bactéries. Ce sont les bactéries qui jouent le rôle principal dans l'épuration des eaux en éliminant la matière organique par un processus connu sous le nom de minéralisation : Cela consiste à dégrader de la matière organique complexe en composés minéraux simples grâce à l'activité d'un enchainement de micro-organismes. (khemici, 2014).

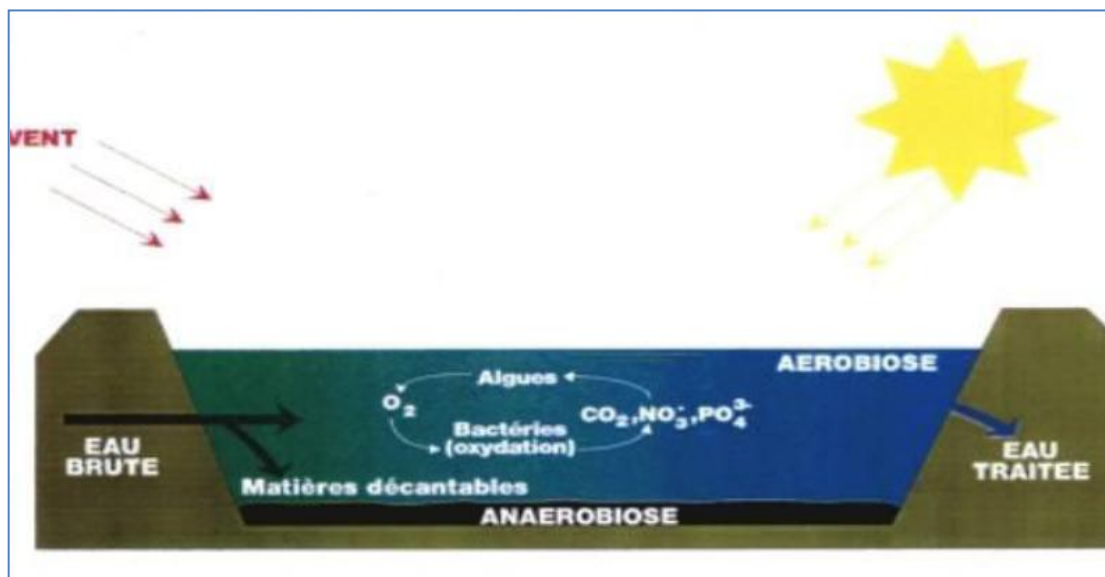


Figure N° 2: schéma de lagunage naturel.

A.2-Lagunage aéré

a. Définition :

Le lagunage aéré est une technique d'épuration biologique par culture libre avec un apport artificiel d'oxygène. L'oxygénation est, dans le cas du lagunage aéré, apportée mécaniquement par un aérateur de surface ou une insufflation d'air. En fournissant l'oxygène par un moyen mécanique, on réduit les volumes nécessaires et on peut accroître la profondeur de la lagune. La concentration en bactéries est plus importante qu'en lagunage naturel. Le temps de séjour est de l'ordre de 1 semaine et la profondeur de 1 à 4 m. Le rendement peut être 80 % et il n'y a pas de recyclage de boues. L'homogénéisation doit être satisfaisante pour éviter les dépôts. (Dhaouadi, 2008)

b. Mode de fonctionnement :

✓ **Lagune d'aération** : L'aération mécanique favorise le développement des bactéries au détriment de la population algale. Pour limiter les dépôts qui peuvent perturber le traitement et pour prévenir la formation d'algues microscopiques, il est nécessaire de surdimensionner les aérateurs. (Khemici, 2011)

✓ **Lagune de décantation** : C'est le lieu de séparation physique des boues biologiques et de l'eau épurée. Cette lagune doit être régulièrement curée afin d'éviter les odeurs et la dégradation du traitement par les dépôts de boues. La forme du bassin doit être rectangulaire avec un rapport longueur sur largeur de 2 à 3. (Aerm, 2007)

✓ **Lagune de finition**: On peut y ajouter une lagune de finition de type mixte (microphytes et macrophytes) pour affiner le traitement notamment au niveau de l'azote, voire du phosphore. L'élimination de ces deux paramètres peut se faire également pour le premier au niveau d'un réacteur de nitrification avec recirculation d'une partie des effluents en tête de lagune primaire et pour le second par voie physicochimique. (Aerm, 2007)

c. Avantages et Inconvénients du lagunage aéré :

❖ Les avantages

- Accepte les variations assez importantes de charge organique ou hydraulique
- Accepte les effluents concentrés
- Accepte les effluents déséquilibrés en nutriments
- Bonne intégration paysagère
- Boues stabilisées
- Fréquence de curage espacée (tous les deux à cinq ans)

❖ Les inconvénients

- Nécessite un agent spécialisé pour l'entretien du matériel électromécanique
- Nuisance sonore possible
- Coût d'exploitation relativement élevé (forte consommation énergétique).
(**Khemicci, 2011**).

A.3-Lagunage par plante:**1) Le lagunage à microphytes :**

C'est le système le plus simple. Un bassin de 2 m de profondeur – pour éviter l'installation de plantes autres que les algues unicellulaires – reçoit des eaux brutes chargées de matières organiques, après un « dégrillage » et un passage dans un bac dégraisseur. La présence d'une pellicule graisseuse compromettrait le bon fonctionnement du système. (**Chaib, 2002**).

❖ Mode de Fonctionnement :

Repose sur l'action combinée des algues unicellulaires et des bactéries. Grâce au rayonnement lumineux, les algues produisent de l'oxygène qui permet la respiration et le développement des colonies bactériennes. Les bactéries – ainsi que certains champignons microscopiques – dégradent la matière organique en azote ammoniacal. Celui-ci, dans un milieu bien oxygéné, se transforme en nitrates assimilables par les algues, tout comme les phosphates qui proviennent en majeure partie des eaux de lessives. Les algues se multiplient alors dans le milieu et ainsi de suite. (**Chaib, 2002**)

2) Le lagunage à macrophytes:

Plantation de végétaux (scirpes lacustres, phragmites, massettes, iris, joncs) dans 0,60 m d'eau sur un substrat sablo-graveleux de 0,40 m d'épaisseur. (**Chaib, 2002**)

❖ Mode de Fonctionnement :

Les végétaux fixent les colonies de bactéries sur la base de leurs tiges et leurs rhizomes (tiges souterraines), ce qui améliore les performances des organismes épurateurs. Par ailleurs, ils absorbent par leurs racines une partie (10 % environ) des sels minéraux – nitrates et phosphates – issus de la décomposition de la matière organique présente dans les eaux Usées. (**Chaib, 2002**)

I.7.4. Traitement tertiaire :

A l'issue des procédés décrits précédemment, les eaux sont normalement rejetées dans le milieu naturel. Dans le cadre d'une réutilisation des eaux usées épurées (REUE), les eaux usées nécessitent des traitements supplémentaires, essentiellement pour éliminer les

microorganismes qui pourraient poser des problèmes sanitaires. Ce ne sont pas des traitements d'épuration « classiques » (mis à part le lagunage) ; par contre ils sont fréquemment utilisés dans les usines de production d'eau potable (**Edline, 1996**).

I.8. Conclusion :

La détermination des différents composés et les paramètres d'une eau usée permettent de connaître son degré de pollution. Les normes de rejet diffèrent d'un pays à un autre, aussi ses valeurs différentes selon l'importance de ce rejet.

Chapitre II:

Etude bibliographique sur *Moringa Oléifera*

II.1. Introduction

Le *Moringa*, *Moringa Oléifera*, est probablement la plante la plus populaire de la banque de semences d'espèces tropicales. Cet arbre est originaire de l'Inde. Le *Moringa* a beaucoup de noms. Dans les pays francophones, il est appelé Mouroungue, ben ailé, *Moringa ailé*, benzolive, pois quénique et néverdié. Aux Philippines, où les feuilles de *Moringa* sont cuites et données aux bébés, on l'appelle le « meilleur ami des mères » et malunggay. Il existe environ 13 espèces de *Moringa*, lesquelles appartiennent à la famille des Moringaceae. Elles proviennent de l'Inde, de la région de la mer Rouge et de certaines régions de l'Afrique y compris le Madagascar. Parmi ces espèces, le *Moringa Oléifera* est la plus connue. (Martin L. Price, 2007).

II.2. Histoire et origine de la plante *Moringa Oléifera*:

Le *Moringa* était très apprécié dans l'antiquité. Les Romains, les Grecs et les Egyptien extrayaient l'huile des graines et l'utilisaient pour fixer les parfums et comme soin de peau (Diouf, 1999). Au 19^{ème} siècle, des plantations de *Moringa* aux Antilles exportaient l'huile vers l'Europe pour l'industrie de la parfumerie et comme lubrifiant mécanique. Les habitants du sous-continent indien ont depuis longtemps utilisé les fruits de *Moringa* comme légume. Les feuilles comestibles sont consommées à travers l'Afrique de l'Ouest et dans certaines parties d'Asie.

(Fuglie, Lowell J, and. The Miracle Tree, 2001).

Des dizaines d'organisations humanitaires promeuvent désormais l'utilisation du *Moringa* dans les régions pauvres pour lutter contre la malnutrition et ses effets néfastes sur l'organisme (Pham JL, 2004).

Moringa Oléifera. Appartient à une famille mono générique d'arbres et arbustes, les Moringacées. Il semble être originaire des régions d'Agra et de Oudh (Foidl. N et Becker K, 2001), au nord-est de l'Inde, au sud de la chaîne de montagne de l'Himalaya. Aujourd'hui, on le retrouve



Photo N°5: la plante de *Moringa Oléifera*

tout le long de la zone tropicale et subtropicale (*Moringa Oléifera* – l'arbre de la vie).

Elles proviennent de l'Inde, de la région de la mer Rouge et de certaines régions de l'Afrique y compris le Madagascar. Parmi ces espèces, le *Moringa Oléifera* est la plus connue (**Martin L. Price, 2007**)

II.3. Définition:

Moringa Oléifera, souvent appelée simplement Moringa, est une espèce de petit arbre pouvant mesurer jusqu'à 10 m de la famille des Moringaceae.

Elle est maintenant acclimatée dans presque toutes les régions tropicales, elle résiste bien à la sécheresse et a une croissance rapide (**Eilert U, 1981**).

C'est une Arbuste ou petit arbre, de 4-5 (-8) m de haut très souvent bas branchu, à cime ouverte, rapidement reconnaissable par ses feuilles partiellement tripennées et par ses fruits de section triangulaire. Le *Moringa Oléifera* est une plante facile à entretenir, car elle n'a pas d'exigences spécifiques. Il supporte une large gamme de type de sols et de conditions pluviométriques.

Il se caractérise par une rusticité remarquable et une croissance initiale très rapide; il fleurit dès la première année de plantation. (**Barrau J, 1990**).

II.4. Description botanique :

Moringa est un arbre pérenne, à croissance rapide, qui peut atteindre 7 à 12 mètres de hauteur et dont le tronc mesure 20 à 40 cm de diamètre.

Il a une forme largement ouverte, généralement parapluie couronne et habituellement, une seule tige. Son bois est doux et son écorce est lumière. Il a tendance à être profondément enracinée. (**F. FRED, 1992**). Ses feuilles sont imparipennées - 3 rachis à 6 cm de long avec 2 à 6 paires de pinnules. Chaque pinnule à 3 à 5 folioles obovales que sont de 1 à 2 cm de long (**Von Maydell, 1986**). La foliole terminale est souvent légèrement plus grande. Ses tracts sont tout pâle quand il est jeune, mais devenir plus riche en couleur avec maturité. Fleurs de couleur crème émergent en panicules odorante pendant périodes de sécheresse - ou de stress - lorsque l'arbre perd ses feuilles. Les gousses sont triangulaires en section transversale de 30 à 50 cm long et de légumineuses comme en apparence. Les graines huileuses sont noires et ailés. (**K.R. Dalla Rosa, 1993**).

1) Tronc:

Le tronc est généralement droit, mais il est parfois très peu développé. En général, il atteint 1,5 à 2 mètres de haut avant de se ramifier, bien qu'il puisse parfois atteindre les 3 mètres. (**Théophile MALO, 2014**) (**Angela RALEZO MAEVALANDY, 2006**)

2) Branche:

Les branches poussent de manière désorganisée et la canopée est en forme de parasol. (Foidl et al. 2001).

3) Feuille:

Les feuilles, alternes et bi ou tripennées, se développent principalement dans la partie terminale des branches. Elles mesurent 20 à 70 cm de long, sont recouvertes d'un duvet gris lorsqu'elles sont jeunes, ont un long pétiole avec 8 à 10 paires de pennes composées chacune de deux paires de folioles opposés, plus un à l'apex, ovales ou en forme d'ellipse, et mesurant 1 à 2 cm de long (Foidl et al, 2001), (Morton, 1991).

4) Fleur:

Les fleurs mesurent 2,5 cm de large et se présentent sous forme de panicules axillaires et tombantes de 10 à 25 cm. Elles sont généralement abondantes et dégagent une odeur agréable. Elles sont blanches ou couleur crème, avec des points jaunes à la base. Les sépales, au nombre de cinq, sont symétriques et lancéolés. Les cinq pétales sont minces et spatulés, symétriques à l'exception du pétale inférieur, et entourent cinq étamines. (A. Ndabigengesere, K.S. Narasiah, 1998).

5) Fruit:

Les fruits forment des gousses à trois lobes, mesurant 20 à 60 cm de long, qui pendent des branches. Lorsqu'ils sont secs, ils s'ouvrent en trois parties. Chaque gousse contient entre 12 et 35 graines. (Foidl et al, 2001) (Angela RALEZO MAEVALANDY, 2006)

6) Graine:







Les graines sont rondes, avec une coque marron semi-perméable. La coque présente trois ailes blanches qui s'étendent de la base au sommet à 120 degrés d'intervalle. Un arbre peut produire 15000 à 25000 grains par an. Une graine pèse en moyenne 0,3 g et la coque représente 25% du poids de la graine. (Makkar et Becker, 1997).

7) Récolte :

La récolte des graines se fait 2 fois par an en Avril-Mai et Septembre-Octobre. (Angela RALEZO MAEVALANDY, 2006)

Les feuilles peuvent être cueillies plusieurs fois dans l'année. Arbre ou arbuste à feuilles caduques, à croissance rapide, résistant à la sécheresse, à maturité. (Fuglie, Lowell J., and. The Miracle Tree, 2001).

Tableau N° 4 : partie de la plante et leur intérêt:

<p>Feuilles: Nutrition Remède Médicinal</p>		<p>Graine: Clarification de l'eau Remède médical Huile de cuisine Huile cosmétique Lubrifiant</p>	
<p>Fruits: Nutrition Remède Médicinal</p>		<p>Ecorce: Remède médical</p> <p>Gomme: Remède médical</p>	
<p>Flours: Remède Médecine Miel</p>		<p>Racines: Remède médicinal</p>	

II.5. Composition et propriétés:

Le *Moringa Oléifera* contient des vitamines A, B et C et des minéraux comme le calcium et le fer dans des proportions qui dépassent de loin les produits alimentaires courants.

Les feuilles fraîches de *Moringa* contiennent par gramme **3** fois plus de fer que les carottes, **3** fois plus de potassium que les bananes et **4** fois plus de calcium que le lait. Les feuilles de *Moringa Oléifera* contiennent tous les acides aminés. Elles renferment **deux (2)** fois plus de protéines que le yaourt, **7** fois plus de vitamine C que l'orange, **3** fois plus de potassium que les bananes, **3** fois plus de fer que les épinards, **4** fois plus de vitamine A que les carottes, **4** fois plus de calcium que le lait. Les montants suivants de vitamines et de minéraux se trouvent dans le Moringa (par 100grammes). (**Fuglie, Lowell J. L'arbre miracle, 2001**).

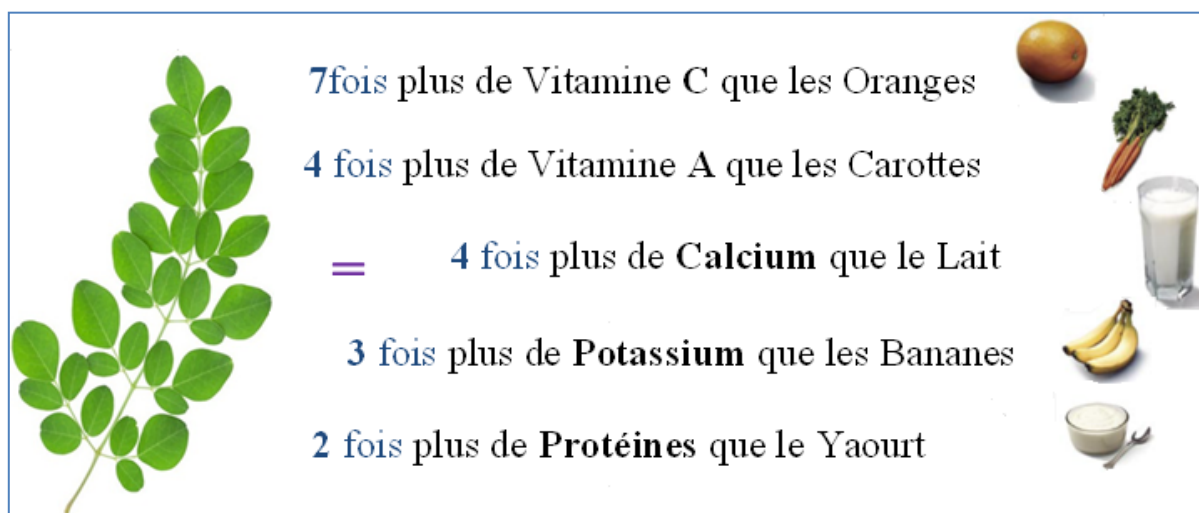


Photo N° 6: Les qualités nutritives de *Moringa oléifera* (Fuglie, Lowell J. L'arbre miracle, 2001).

II.6. Classification:

Il existe environ 13 espèces de Moringa, lesquelles appartiennent à la famille des Moringaceae:

M. Oléifera, M. Arborea, M. Borziana, M. Concanensis, M. Drouhardii, M. Hildebrandtii, M. Longituba, M. Ovalifolia, M. Pérégrina, M. ygmée, M. Rivae, M. Ruspoliana, M. Stenopetal. (Balbir S. Mathur, 2005)

Tableau N°5 : Taxonomie de *Moringa Oléifera* (Liewk. G, 2006).

Règne	Planta
Sous-règne	Tracheobionta
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous-classe	Dilleniidae
Ordre	Capparales
Famille	Moringaceae
Genre	Moringa
Nom binominal	Moringa Oléifera



Photo N°7: les graines des quelques espèces de *Moringa Oléifera*

II.1. Distribution géographique:

Le *Moringa Oléifera* est un arbre de vie. Il est originaire d'Inde mais aujourd'hui il pousse sur tous les continents, (Barrau J, 1990)

Espèce originaire d'Arabie et de l'Inde, elle s'est bien acclimatée et cultivée en Afrique tropicale sèche. Très résistante à la sécheresse, elle préfère les sols drainés et secs. Dans le Grand Nord du Cameroun le *Moringa* est actuellement l'arbre le plus prisé grâce à ses usages multiples. (G.K. Folkard; J.P. Sutherland, 1996).



Figure N°3: La carte géographique représente les sites de la plante *Moringa Oléifera* dans le monde (Vonimihango R, 2015)

II.2. Les usages:

Utilisation de *Moringa Oléifera* dans différentes parties de l'arbre *Moringa* sont utilisées à des fins variées.

Les feuilles sont d'une qualité nutritive rare. Elles contiennent une très grande

1) concentration de vitamines A et C, un complexe de vitamines B, du fer, du calcium, des protéines, du zinc, du sélénium et, phénomène assez rare pour une plante, elle possède les 10 acides aminés essentiels à l'être humain. Les feuilles pourraient ainsi aider à combattre contre la malnutrition et elles sont souvent qualifiées de « super aliment ».

(*Moringa Oléifera* Rongead 15/09/2014)

2) L'huile de *Moringa* est une huile très riche en vitamine A. Sa composition chimique est riche en acide oléique (environ 73%), comparée à entre 55% et 80% dans l'huile d'olive. Elle a des vertus régénératrices. L'huile de *Moringa* peut être utilisée comme huile végétale comestible et de cuisson (elle rancie très lentement), comme huile dans l'industrie cosmétique, ou encore comme huile d'éclairage dans les lampes à huile car elle produit une lumière claire presque sans fumée ou enfin, comme base pour les peintures fines. (*Moringa Oléifera* Rongead 15/09/2014)

3) Autres utilisations :

- ✓ Utile dans l'alimentation animale (fourrage du bétail) aliments pour poissons, tannin pour peaux de bêtes.
- ✓ La production de biogaz.
- ✓ Hormone de croissance végétale.
- ✓ Riche comme engrais vert.
- ✓ Utile dans la fabrication de pâte à papier.
- ✓ Reboisement. (*Moringa Oléifera* Rongead 15/09/2014)

4) **Traitements des eaux :**

Moringa Oléifera a une capacité de traitement de l'eau. En effet le problème de l'eau est bien l'un des plus préoccupants problèmes de l'Afrique sahélienne. Pour purifier l'eau, les sels d'aluminium sont les coagulants les plus utilisés dans le monde. Des sels ferriques et des polymères synthétiques sont des solutions alternatives mais déjà moins efficaces. De plus, ces produits demeurent coûteux. Dans ce contexte, *le Moringa Oléifera* peut s'avérer devenir une solution durable au phénomène d'approvisionnement des populations en eau potable.

En effet, ses graines, lorsqu'elles sont pilées, peuvent être utilisées pour la purification de l'eau d'ailleurs, son nom arabe *Shajarat al rauwaq* signifie "arbre purificateur". Mélangées à de l'eau sale, elles attirent comme un aimant les virus et les bactéries. Selon le Professeur **Geoff Folkard** de l'université de Leicester: l'eau filtrée après quelques heures est devenue parfaitement potable. L'extrait aqueux des graines est un coagulant naturel utilisé pour la purification de l'eau. Il est très efficace pour faire disparaître les bactéries et diminuer la turbidité de l'eau. Le coagulant du *Moringa Oléifera* est une protéine polyélectrolyte cationiques qui ont montré leur efficacité dans le traitement des eaux en remplacement du sulfate d'alumine et des autres flocculant.

Selon le Professeur J-L Pouss et du MNHN: Ce produit semble supérieur aux sels d'aluminium utilisés pour purifier l'eau. Parmi les 13 espèces de la famille des Moringacées recensées par **Jahn (1988)**, toutes possèdent des propriétés coagulantes à divers degrés. *Moringa oléifera* est l'espèce qui demeure la plus intéressante. L'usage des graines de cette plante est bien sûr non toxique et est déjà pratiqué à petite échelle. Les propriétés coagulantes sont aujourd'hui prouvées mais le mécanisme de réaction n'est pas totalement connu. (**Lassané Placide SEKONE, 2006**)

Les graines du *Moringa* peuvent être utilisées pour clarifier l'eau : les graines peuvent être un coagulant qui clarifie les eaux ayant un haut niveau de matière en suspension.

L'avantage de l'utilisation de ces graines est double :

- la substitution de flocculant importés par un produit local facilement accessible permet une économie importante de devises pour les pays tropicaux
- ce flocculent contrairement au sulfate d'alumine est totalement biodégradable ce qui peut être intéressant dans la conservation de la biodiversité. (**Angela RALEZO MAEVALANDY, 2006**)

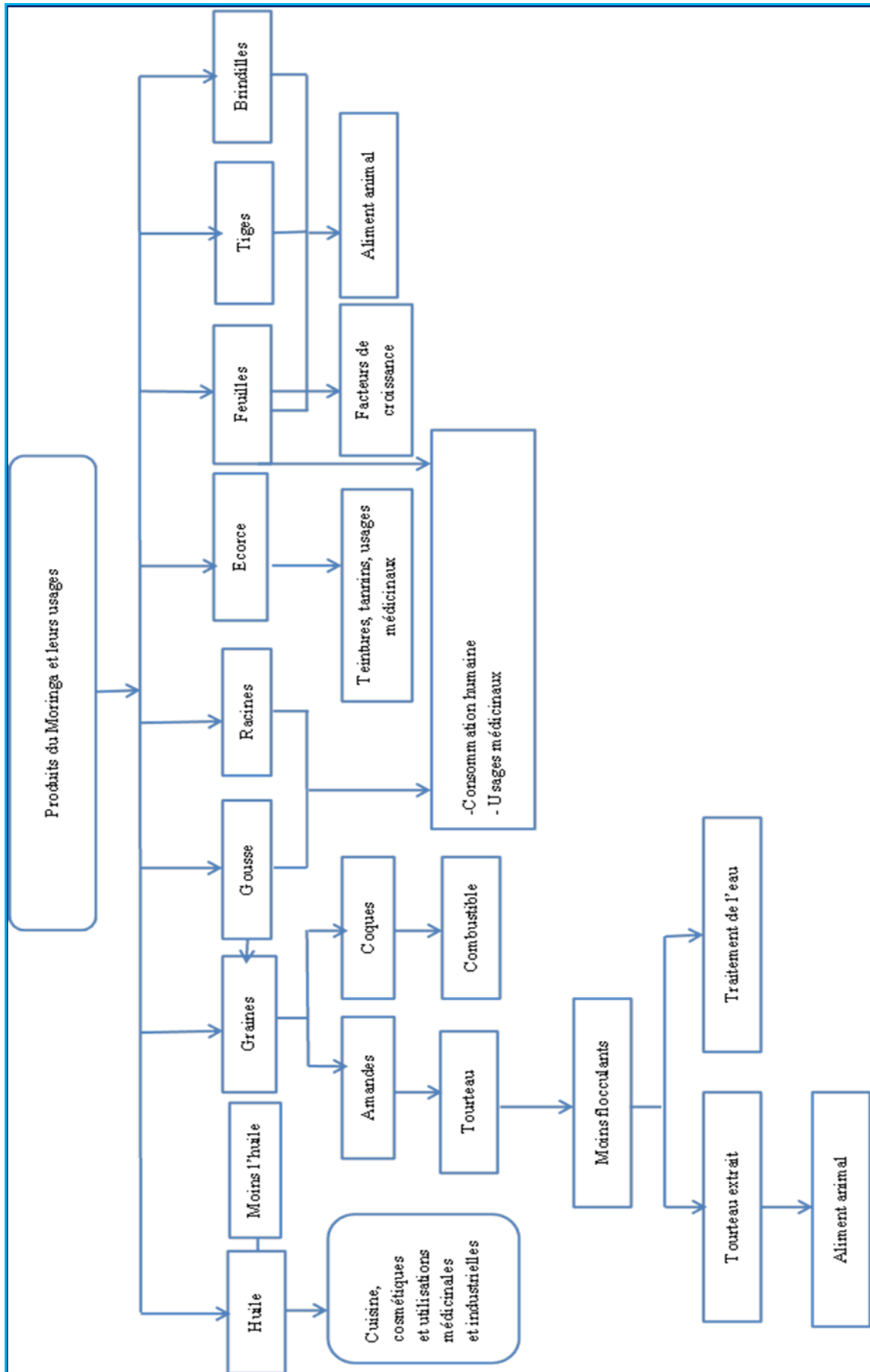


Figure N°4: Utilisations des différentes parties du *Moringa oléifera* (Foidl et al, 2002)

II.3. Propriétés médicinales:

Les 13 espèces du genre *Moringa* ont chacune des propriétés médicinales assez intéressantes. L'espèce *Moringa oléifera* est la plus étudiée, notamment en Asie, en Afrique et en Amérique pour ses multiples attributs. Les chercheurs reconnaissent à la plante entière la présence de propriétés bactéricides et elle est utilisée aussi bien en pharmacopée qu'en médecine moderne. (Walter OSSEBI, 2010)

- Le jus est utilisé pour traiter les piqûres d'insectes et les rhumatismes.
- La pâte de feuilles a des propriétés cicatrisantes sur les plaies.
- L'huile de la graine est utilisée pour traiter la goutte et les fleurs sont des toniques.

(Vanisha. N, 2006)

Outre ces applications en médecine, le *Moringa* sert à la fabrication des produits quelques propriétés médicinales des différentes parties de *Moringa oléifera*. (Walter OSSEBI, 2010)



Photo N°8: Certains médicaments médicinaux de *Moringa Oléifera*

Tableau N°6: Les propriétés médicinales des différentes parties de *Moringa oléifera*.

(Walter SSEBI, 2010)

Partie de la plante	Usage médical
Racines	Elles ont des propriétés anticonceptionnelles et anti-inflammatoires. Ces sont des stimulants de douleurs paralytiques et agissent comme un fortifiant cardiaque. Utilisées comme un laxatif et un abortif, les racines traitent le rhumatisme, les douleurs articulaires, les douleurs de reins et la constipation. Elles possèdent des propriétés antivirales, bactéricides et analgésiques. Elles sont également utilisées pour traiter les plaies, les furoncles, la dermatose, l'hypertension, le coryza, les céphalées, la bronchite, blennorrhagie, la dyspepsie, l'ictère. Le jus de la racine détruit des tumeurs et guérir des ulcères.
Fleurs	Les fleurs sont utilisées comme un stimulant, un aphrodisiaque, un abortif, un cholagogue et servent à guérir des inflammations, des maladies musculaires, l'hystérie, des tumeurs et l'agrandissement de la rate. Elles baissent le cholestérol du sérum, phospholipide, Triglycéride, VLDL, LDL cholestérol à proportion phospholipidique et l'indice thermogénique. Elles diminuent le profil lipidique du foie, du coeur et de l'aorte chez des lapins hypercholestérolémies et accrurent l'excrétion de cholestérol fécal.
Graines	L'extrait de graine exerce son effet protecteur en diminuant le foie. Les peroxydes de lipide, l'anti hypertensive, les composants Thio carbamate et isothiocyanate glycosides ont été isolés de la graine. L'extrait éthanoïque de gousses de <i>Moringa</i> associé aux graines constitue un astringent et sert à traiter la diarrhée et la dysenterie.
Ecorces (tige)	Elles sont rubéifiantes et vésicante et sont utilisées pour guérir les maladies des yeux et pour le traitement de patients délirants. Elles empêchent l'agrandissement de la rate et la formation des glandes tuberculeuses du cou. Le cocktail à base d'écorce est mis dans des oreilles pour soulager des maux d'oreilles. Les écorces servent aussi placé dans la cavité de dent comme un antalgique et a l'activité antituberculeuse.

II.4. Activité Antibactérien de *Moringa Oléifera*:

Le *Moringa Oléifera* possède des propriétés antibiotiques et antifongiques (**Michel P, 1989**). Les utilisations traditionnelles antibactériennes des écorces et surtout des racines s'expliquent par la présence des trois substances **antibiotiques** : *Ptérygospermine*, *athomine* et *spirochine* dont les spectres antibactériens sont très larges. De plus la spirochine est cardiotonique. (**Jahn, Samia Al Azharia, 1988**)

II.5. Conclusion:

Moringa Oléifera est non seulement une plante facile à planter mais en plus elle convient bien à la végétation des pays nécessiteux du sud. D'où l'intérêt de la plantation de cette arbre pour subvenir aux besoins des nécessiteux et en même temps permet un reboisement. Il ne coûte rien et il est aussi nutritionnel que tous les autres aliments riches en apport nutritif.

De plus l'accès à l'eau potable est encore un luxe que la majorité du peuple ne peut pas s'offrir, pourtant *Moringa* à un pouvoir aussi miraculeux sur la purification des eaux.

Chapitre III:

Matériels et méthodes

III.1. Introduction :

Le but de ce travail est l'étude de l'effet des graines du *Moringa* sur le traitement microbiologique des eaux usées, on utilisant différentes quantités des graines. Dans ce chapitre, nous présentons l'ensemble des dispositifs expérimentaux et toutes les méthodes d'analyses microbiologiques utilisées dans notre mémoire dans le but de faire une dépollution microbiologique d'eau usée de la ville d'Adrar. Ce travail est réalisé au sein du laboratoire des analyses physico-chimiques et microbiologiques de l'Unité de Recherche en Energies Renouvelables en Milieu Saharienne à Adrar (URERMS). Durant la période allant du 29 Février 2016 au 20 Avril 2016.



Photo N°9 : URERMS Adrar

III.2. L'échantillonnage

L'objectif de l'échantillonnage est d'obtenir des prélèvements représentatifs de l'échantillon que l'on désire à analyser.

Les échantillons sont pris dans des flacons en verre stériles. Les échantillons sont conservés dans une glacière maintenue à basse température (4°C) et transportés au laboratoire dans la même journée pour faire les analyses microbiologiques. Nous effectuons le prélèvement où débit (l'entrée) des bassins (**Voir la photo 10**) de la station d'épuration d'Adrar, car dans ce point l'eau n'a subi aucun traitement.

Le mode de prélèvement le plus fréquemment utilisé est de remplir complètement les flacons sans agiter l'eau en évitant le plus possible le contact avec l'air.

Les flacons et les bouteilles sont étiquetés sur lesquels on va noter l'identité des prélèvements, la date et l'heure de prélèvement.



Photo N°10: l'entrée de bassin

III.3. Préparation des graines de *Moringa Oléifera*

La collecte des graines mûres de *Moringa Oléifera* est effectuée au niveau d'URERMS (photo 9), ces graines sont broyées selon la technique décrite par **FOLKARD et Sutherland (2002)** (photo 12). A partir de la poudre obtenue, nous pesons quatre quantités différentes (2,5, 5, 7,5 et 10 g) pour faire le traitement de notre échantillon d'eau usée.



Photo N°11: *Moringa oléifera* et les grains



Photo N°12: Le broyage (Micobroyeur)

III.4. Procédé de traitement:

Le traitement se fait dans des erlenmeyers par la mise en contact de la quantité des différentes quantités de poudre des grains de *Moringa Oléifera* avec 1L d'eau usée à traiter durant une heure et demi. Les prélèvements se fait chaque 30 min pour faire les analyses microbiologiques.



Photo N°13: Balance électrique

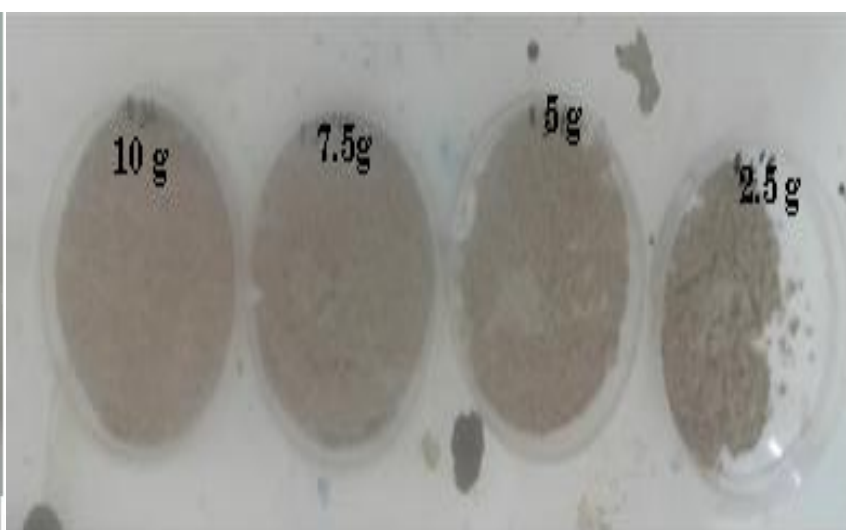


Photo N°14: Les pisés de la poudre des grains de *M Oléifera*

A la fin de traitement, nous obtenons 3 tubes pour chaque quantité utilisée plus un tube prit comme le témoin.

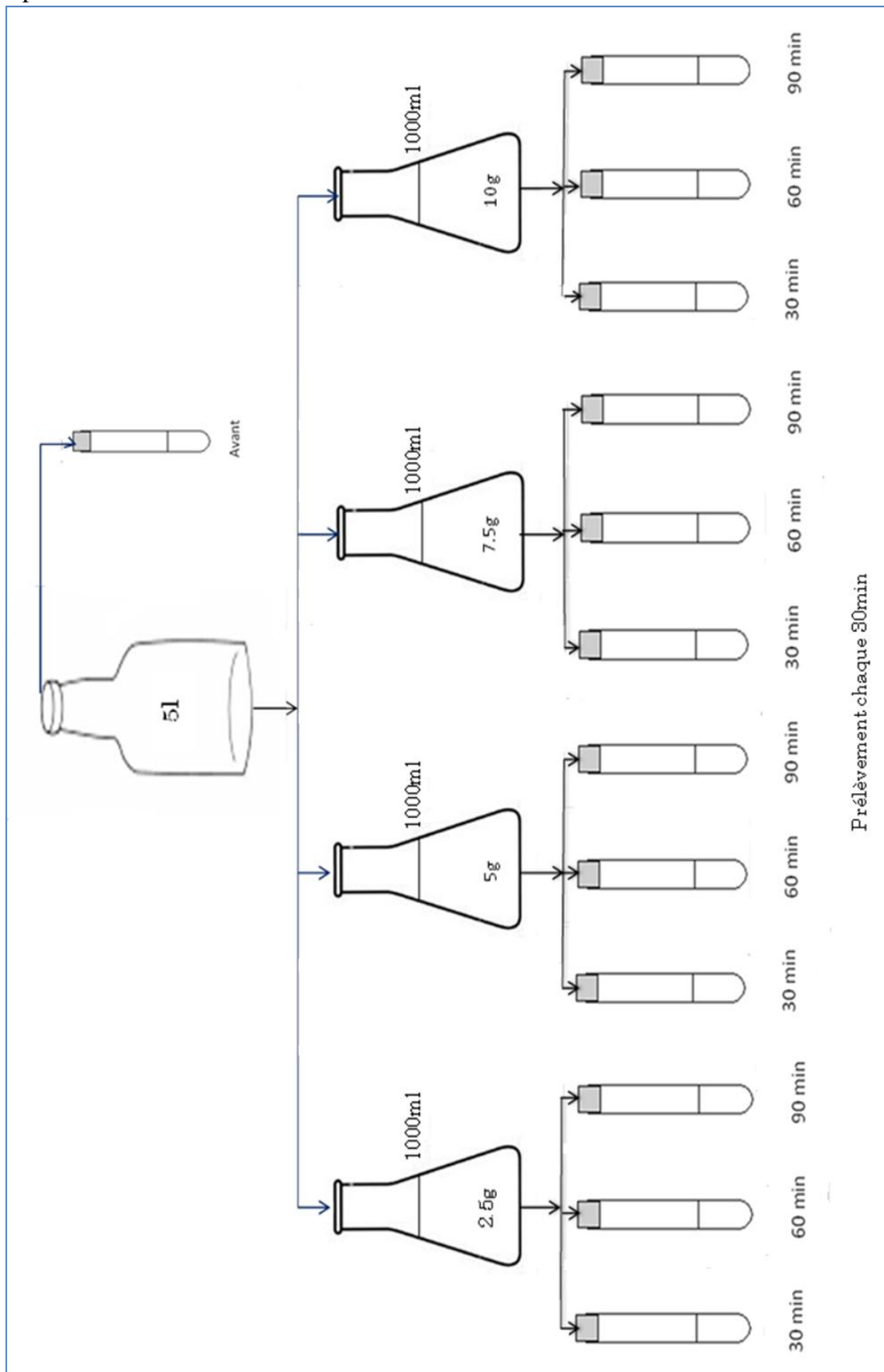


Figure N°5: mode de traitement des eaux usées

III.4. Méthodes de recherche et dénombrement

III.4.1. Recherche et dénombrement des germes aérobies mésophiles totaux (GAMT):

III.4.1.1. Définition :

Il s'agit des germes aérobies pouvant se multiplier dans des conditions ambiantes à 30°C et ne constituant pas une famille bactérienne particulière. Cette flore regroupe des entero-bacteriaceae, de *Bacillus*, de *staphylocoques*, de *Pseudomonas*, des bactéries lactiques ou d'autres agents éventuellement pathogènes. Leur présence au-delà des limites définies peut signifier un défaut d'hygiène des procédés de traitement. (Benhaida, 2015)

Habitat :

- Ils sont présents dans les eaux à la faveur d'un couple temps / température favorable à leur croissance.
- Germes (= microbes = bactéries + levures + moisissures) qui se développent en présence d'air (aérobie) à température moyenne (mésophile: 25 – 30°C). Ces caractéristiques sont celles de la méthode d'analyses en laboratoire.

Elles correspondent à des conditions optimales de développement de ces germes, appelés aussi germes d'altération. (Benhaida, 2015)

III.4.1.2. Pouvoir pathogène: Bien que, pour la plupart des espèces, ces bactéries ne soient pas dangereuses pour la santé, leur détection dans les eaux traduit une altération.

III.4.1.3. Les Milieu de culture utilisée :

❖ Gélose PCA

La gélose glucosée à l'extrait de levure appelée par les Anglo-Saxons "Plate Count Agar" est utilisée en bactériologie pour le dénombrement des bactéries aérobies dans le lait, les viandes, les produits à base de viande, les autres produits alimentaires, la purification d'eau ainsi que pour l'analyse des produits pharmaceutiques, des produits cosmétiques et de leurs matières premières.

III.4.1.4. Technique:

Les *germes totaux* représentent la totalité des micro-organismes (bactéries, levures et moisissures).

A partir des dilutions décimale allant de 1/100000 à 1/10, porter aseptiquement 1ml dans une boîte de pétri, compléter ensuite avec environ 20 ml de gélose PCA. Faire ensuite des mouvements circulaires et de va-et-vient en forme de « 8 » pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose utilisée. (Lebres, 1999)

Laisser solidifier sur paillasse, puis rajouter une deuxième couche d'environ 5 ml de la même gélose ou de gélose blanche. Ce double couche à un rôle protecteur contre les contaminations diverses. (Benhaida, 2015)

III.4.1.5. Incubation :

Les boîtes sont incubées dans une étuve à 30°C pendant 72 heures. Ces boîtes sont positionnées envers dans le but d'éliminer la tomber des gouttelettes formées par condensation sur le milieu de culture. La lecture des résultats est effectuée comme suite:

- ✓ première lecture à 24 heures;
- ✓ deuxième lecture à 48 heures;
- ✓ troisième lecture à 72 heures.

III.4.1.6. Lecture:

Les colonies de GAMT se représentent sous forme lenticulaire en masse et les résultats sont exprimés en nombres des colonies par un millilitre. (Lebres, 1999).

❖ Dénombrement :

Il s'agit de compter toutes les colonies ayant poussé sur les boîtes en tenant compte des facteurs suivants :

- Ne dénombrer que les boîtes contenant entre 15 et 300 colonies;
- Multiplier toujours le nombre trouvé par l'inverse de sa dilution;
- Faire ensuite la moyenne arithmétique des colonies entre les différentes dilutions

(Benhaida, 2015).

III.4.2. Recherche et dénombrement des *coliformes totaux et coliforme fécaux*:

III.4.2.1. Définitions :

Sont des bacilles Gram (-) appartiennent à la famille Entérobactéries. Elles sont des bactéries aérobies facultatives, non sporulées, en forme de bâtonnet qui ferment le lactose en produit du gaz et de l'acide dans les 48h à 35°C et les *coliformes fécaux* sont d'origine intestinale, ferment le lactose en produit du gaz et de l'acide à 44°C.

a. Les *coliformes totaux* :

Constituent un groupe de bactéries que l'on retrouve fréquemment dans l'environnement, par exemple dans le sol ou la végétation, ainsi que dans les intestins des mammifères, dont les êtres humains. Les *coliformes totaux* n'entraînent en général aucune maladie, mais leur présence indique qu'une source d'approvisionnement en eau peut être contaminée par des micro-organismes plus nuisibles.

b. Coliformes Thermo-tolérants :

Il s'agit là de coliformes possédant les mêmes caractéristiques que les coliformes mais à 44°C ; ils remplacent dans la majorité des cas l'appellation de «*Coliformes fécaux* »

III.4.2.2. Habitat :

Le *coliforme total* et l'*E. Coli* servent d'indicateurs pour mesurer le degré de pollution et la qualité de l'eau de puits. En effet et, analyser une eau pour tous les pathogènes connus est un procédé compliqué et coûteux. La contamination récente par des matières fécales humaines ou animales représente la principale source de pathogènes dans l'eau potable. (Lebres, 1999).

III.4.2.3. Pouvoir pathogène:

Les *coliformes* étant des bactéries vivant dans les intestins d'animaux ou humains, leur présence dans l'eau indique une pollution fécale. Ce sont donc des organismes indicateurs de la qualité de l'eau. Ils ne provoquent pas d'intoxication sauf *Escherichia coli*.

III.4.2.4. Milieu de culture:**✓ En Milieu Liquide:**

La technique en milieu liquide fait appel à deux tests consécutifs à savoir.

- Le test de présomption : réservé à la recherche des *coliformes totaux*.
- Le test confirmation : appelé encore test de Mac Kenzie et réservé à la recherche des *coliformes fécaux* à partir des réactions positives du test de présomption.

✓ Test de présomption :

Préparer dans un portoir une série de tubes contenant le milieu sélectif VBL à raison de trois tubes par dilution.

A partir des dilutions décimales allant de 10^{-3} à 10^{-1} , porter aseptiquement 1 ml de chaque dilution dans chaque des trois tubes correspondant à une dilution donnée.

Chassez le gaz présent éventuellement dans les cloches de Durham et bien mélangé le milieu et l'inoculum.

III.4.2.5. Incubation :

L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures.

III.4.2.6. Lecture :

Sont considérés comme positifs les tubes présentant à la fois :

- Un dégagement gazeux (supérieur au 1/10 de la hauteur de la cloche);
- Un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune (ce qui constitue le témoin de la fermentation du lactose présent dans le milieu);

Ces deux caractères étant témoins de la fermentation de lactose dans les conditions opératoires écrites.

La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table de Mac Grady qui se trouve en l'annexe1.

III.4.3. Recherche et dénombrement de *Streptocoques fécaux*:

✓ Définition :

Les bactéries des genres *Streptococcus* et *entero-coccus* sont des cocci à Gram positif, catalase négative, à métabolisme anaérobie. Le genre *streptococcus* rassemble les *streptocoques* sensu stricto et le *pneumocoque*. Le genre *entero-coccus* regroupe les streptocoques du groupe D, sauf *Streptococcus bovis*.

Habitat :

Les *streptocoques* regroupent de nombreuses espèces. Certaines sont des parasites de l'espèce humaine (*streptocoques* des groupes A, C et G de LANCEFIELD), d'autres des commensaux de la muqueuse buccale (*streptocoques* du groupe B et *streptocoques* non groupables et non hémolytiques) ou de la muqueuse génitale (groupe B) ou de l'intestin (anciens streptocoques du groupe Dou entérocoques considérés maintenant comme faisant partie d'un genre à part, le genre *entero-coccus*). D'autres encore sont des commensaux des animaux ou des saprophytes.

✓ Pouvoir pathogène :

Les *streptocoques* sont, après les *staphylocoques*, les *bactéries pyogènes* n° 2. Le plus pathogène d'entre eux est le *streptocoque* bêta-hémolytique du groupe A de LANCEFIELD, appelé *Streptococcus pyogenes*, qui est responsable de la majorité des affections provoquées par les *streptocoques*. Les réactions immunologiques de l'hôte infecté par *S. Pyogenes* sont beaucoup plus complexes que celles qui s'observent lorsqu'il est infecté par *S. Aureus* et peuvent conduire à la formation d'anticorps spécifiques à un taux élevé et d'auto-anticorps.

✓ Technique:

La recherche de *streptocoque fécaux* ou *streptocoque* du groupe (D) de la classification de Lance Field, se fait en milieu liquide par la technique du nombre le plus probable (NPP).

Cette technique fait appel à deux tests consécutivement à savoir :

- Test de présomption : qui se fait sur milieu de Roth S/C.

- Test de confirmation : qui se fait sur milieu Eva Lytsky. (Barako. O et Kadri. A, 2013)

❖ **Test de présomption :**

Préparer dans un portoir une série de tubes contenant le milieu sélectif de Roth S/C à raison de trois tubes par dilution.

A partir des dilutions décimales 1/1000 à 1/10, porter aseptiquement 1 ml dans chacun des trois Tubes correspondant à une dilution donnée. Bien mélanger l'inoculum dans le milieu.

✓ **Incubation :**

L'incubation se fait cette fois-ci à 37°C pendant 24 à 48 h

✓ **Lecture :**

Sont considérés comme positifs les tubes présentant un trouble microbien.

❖ **Test de confirmation :**

Chaque tube de Roth positif fera donc l'objet d'un repiquage à l'aide d'une anse bouclée sur Tube contenant le milieu Eva Lytsky.

Bien mélanger l'inoculum dans le milieu.

✓ **Incubation :**

L'incubation se fait cette fois-ci à 37°C pendant 24 à 48 h

✓ **Lecture :**

Sont considérés comme positifs les tubes d'Eva Lytsky à la fois :

- Un trouble microbien
- Une pastille blanchâtre ou violette au fond du tub.

Le nombre de *streptocoques fécaux* est exprimé par le NPP selon la table de Mac Grady.

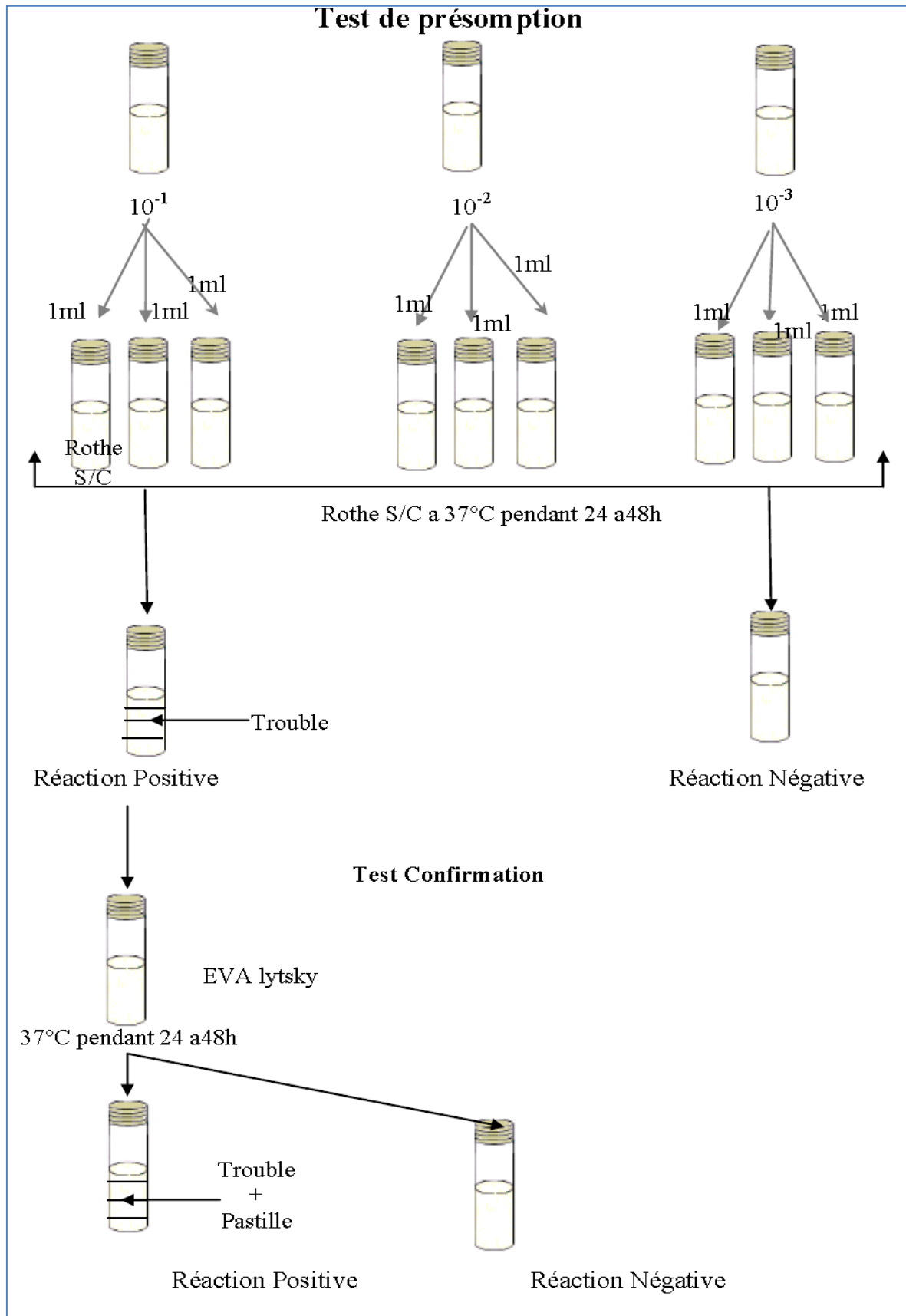


Figure N°6: dénombrement des *Streptocoques fécaux*

III.4.4. Recherche et dénombrement de *Staphylococcus aureus*:

- **Famille:** Micrococcaceae
- **Genre:** *Staphylococcus*.
- **Espèce:** *aureus*
- **Morphologie:** gram positif, coque en amas (grappes de raisin), immobile.
- **Caractères biochimiques:** catalase positif, oxydase négatif, coagulase positif, fermente le glucose sans gaz et dégrade le mannitol sur la gélose Chapman.
- **Caractères culturels:** anaérobie facultative préférentielle, mésophile, neutrophile, halophile.
- **Pouvoir pathogène:** Elle est responsable d'intoxications l'eau dues à une entérotoxine produite dans l'eau ingéré selon la disponibilité des milieux de culture, trois techniques différentes sont recommandées pour la recherche de *staphylocoque aureus* à savoir :

* Méthode Baird Parker

* Méthode d'enrichissement sur milieu Giolliti Cantonii

* Méthode sur gélose Chapman

Méthode de Baird Parker**❖ Gélose Baird Parker :**

Recherche et dénombrement de *Staphylococcus aureus*, Ce milieu contient une base nutritive riche. Il contient des accélérateurs de la croissance : le pyruvate de sodium et le glycolle.

▪ Préparation du milieu:

Au moment de l'emploi faire fondre un flacon contenant 225 ml de gélose Baird Parker, le refroidir ensuite dans un bain d'eau à 45°C, puis ajouter 15 ml d'une solution de jaune d'œuf au Téllurite de potassium.

Mélanger soigneusement et aseptiquement, puis répartir le milieu en boîtes de pétri à raison de 15 à 18 ml par boîte.

Laisser solidifier les boîtes sur paille, puis les sécher en les plaçant retournées couvercle en bas (bord de la boîte sur le bord du couvercle) dans une étuve de séchage réglée entre 45 à 55°C.

▪ Ensemencement:

A partir des dilutions décimales 10^{-3} dans le cas des contrôles de routine, porter aseptiquement 1 ml de chaque dilution réparti en surface à raison de 3 fractions

sensiblement égales dans trois boîtes contenant le milieu de Baird Parker puis étaler à l'aide d'un même étaleur en commençant par les boîtes de plus forte dilution.

▪ **Incubation:**

L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures.

▪ **Lecture:**

Seront considérées comme positives, les boîtes contenant des colonies caractéristiques à savoir des colonies noires, brillantes, convexes entourées d'une zone de transparence qui peut être translucide.

Après 24 heures, peut apparaître dans cette zone transparente, un anneau opalescent immédiatement au contact des colonies.

III.4.5. Recherche et dénombrement de *Clostridium sulfito-reducteurs*:

- **Genre:** *Clostridium*.
- **Espèce:** *perfringens*.
- **Famille:** clostridiaceae.
- **Ordre:** clostridiales.
- **Morphologie:** bacilles, gram positif.
- **Caractères culturels:** anaérobie stricte, sporulée, immobile, croissance optimale à 45°C, pH compris entre 5,0 et 8,0, réduction des sulfites en sulfures, production d'H₂S lorsqu'il est en présence d'un acide aminé soufré.

Pouvoir pathogène:

Cette bactérie est due à sa capacité de produire des entéro-toxines, qui est responsable de des toxi-infections alimentaires.

▪ **Milieu viande-foie :**

L'étude du type respiratoire d'une bactérie (c'est à dire ses rapports avec l'O₂) nécessite un milieu de culture riche contenant un gradient de pression partielle en dioxygène. Le principal milieu utilisé à cette fin est la gélose viande-foie (gélose VF).

▪ **Technique:**

Selon la disponibilité des milieux de culture, deux techniques sont recommandées pour la recherche de *Clostridium perfringens* à savoir :

- ✓ Méthode générale sur gélose Viande – Foie à 37°C,
- ✓ Méthode sélective sur gélose TSN ou TSC à 46°C. (*Clostridium perfringens*)

Préparation du milieu:

Au moment de l'emploi faire fondre un flacon de gélose Viande foie, le refroidir dans un bain d'eau à 45°C puis ajouter une ampoule d'Alun de Fer et une ampoule de sulfite de sodium. Mélanger soigneusement et aseptiquement.

Le milieu est ainsi prêt à l'emploi, mais il faut le maintenir dans une étuve à 45°C jusqu'au moment de l'utilisation.

Ensemencement:

Les tubes contenant les dilutions 10^{-2} et 10^{-1} sont soumis :

- d'abord à un chauffage à 80°C pendant 8 à 10 minutes.



Photo N°15: bain marie

- puis à un refroidissement immédiat sous l'eau de robinet, dans le but d'éliminer les formes végétatives et de garder uniquement les formes sporulées.

A partir de ces dilutions, porter aseptiquement 1 ml de chaque dilution en double dans deux tubes à vis stériles de 16 mm de diamètre, puis ajouter environ 15 ml de gélose Viande Foie prête à l'emploi, dans chaque tube. Laisser solidifier sur paillasse pendant 30 minutes. (Voir la **figure 7**)

Incubation:

Ces tubes seront ainsi incubés à 37°C pendant 16, 24 ou au plus tard 48 heures

lecture:

La première lecture doit se faire impérativement à 16 heures après incubation, car, d'une part les colonies de Clostridium Sulfito-réducteurs sont envahissantes où quel cas on se trouverait en face d'un tube complètement noir rendant alors l'interprétation difficile voire impossible et l'analyse est à refaire. - d'autre part, il faut absolument repérer toute

colonie noire ayant poussé en masse et d'un diamètre supérieur à 0,5mm. Dans le cas où il n'y a pas de colonie caractéristique ré-incuber les tubes et effectuer une deuxième lecture au bout de 24 heures voire 48 heures après incubation.

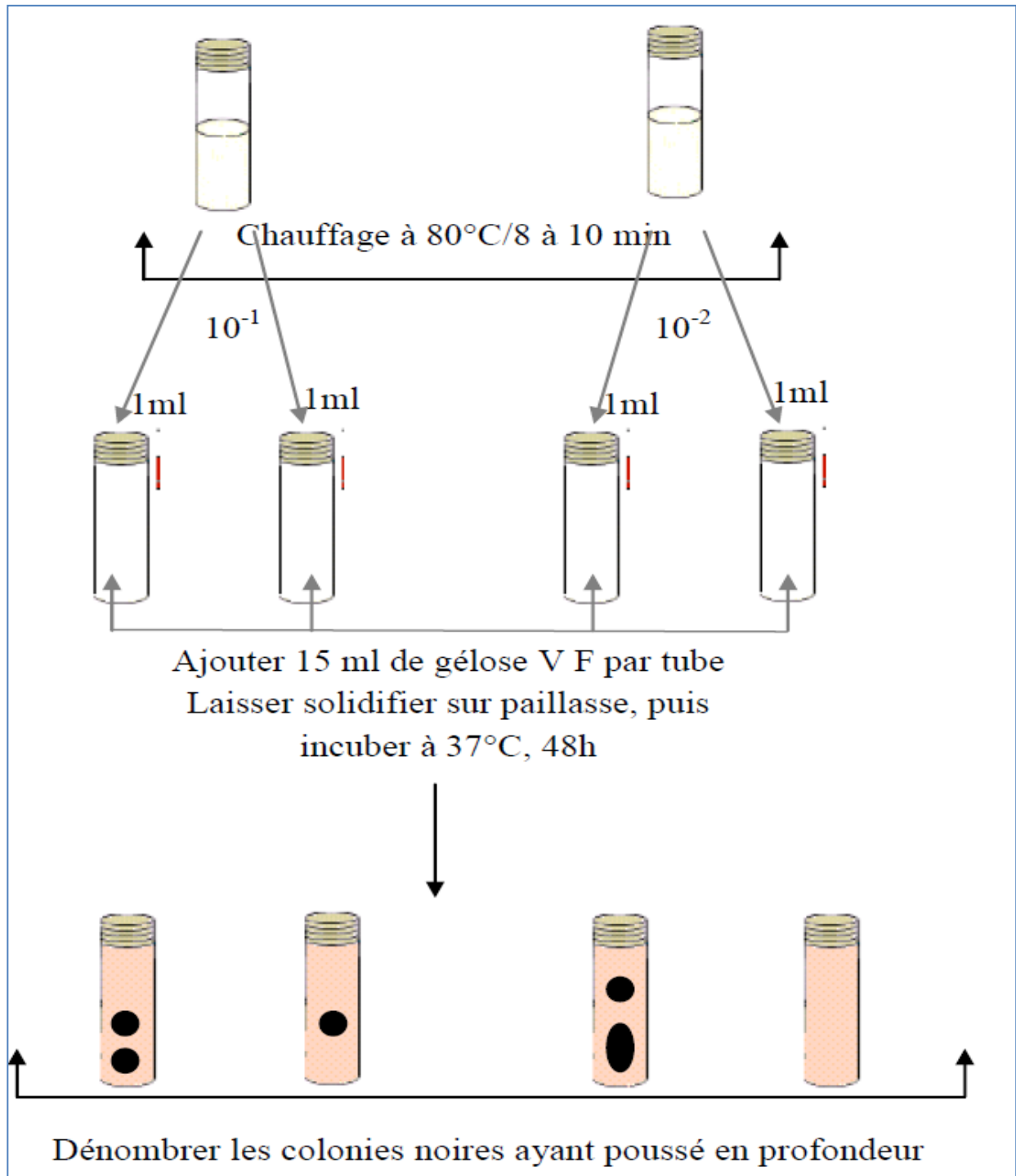


Figure N°7: dénombrement des *Clostridium*s.

Chapitre IV:

Résultats et discussion

IV.1. Résultats et discussions:

IV.1.1 Les résultats:

IV.1.1.1. Les germes totaux:

Il s'agit des germes aérobies pouvant se multiplier dans des conditions ambiantes à 30 °C et ne constituant pas une famille bactérienne particulière. Leur présence dans l'eau usée dans des limites définies est normal car ils sont ubiquitaire et signifié l'activité biologique.

La **photoN°16**, Montre que les concentrations bactériennes des eaux usées avant le traitement sont très élevées, puis nous avons enregistré une diminution remarquable de la charge microbienne après le traitement.

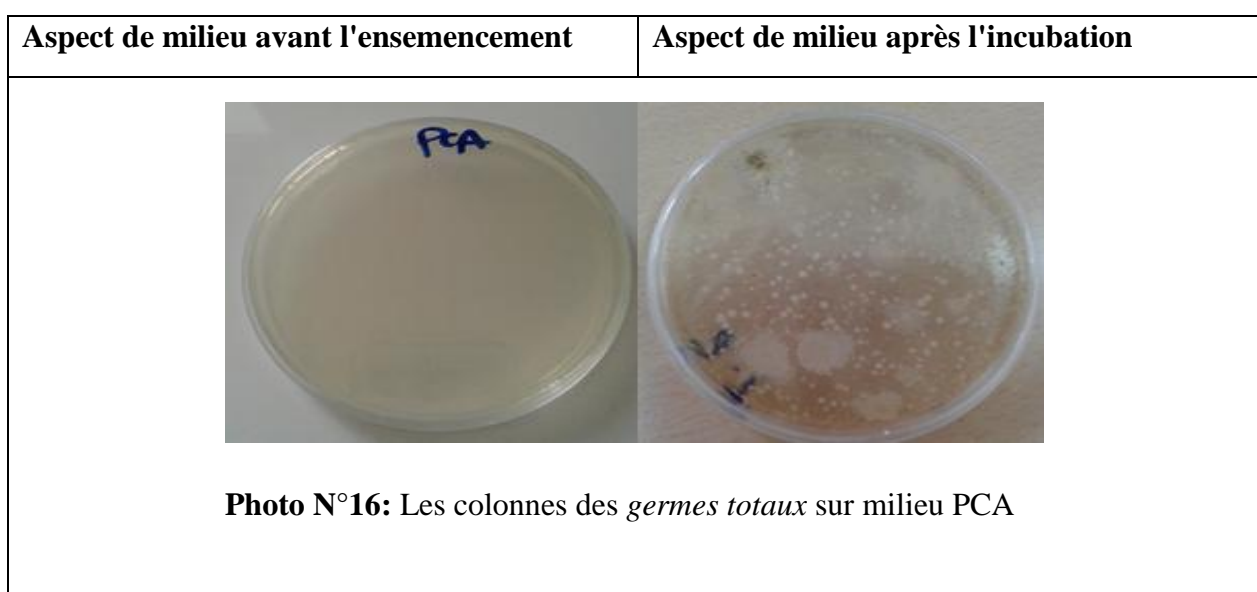


Tableau N°7: Résultats des *germes totaux*

Germes totaux (10⁶ UFC/100ml)				A: 1465
Le temps	Quantité de poudre des grains de MO			
	2,5 g	5 g	7,5 g	10 g
30 min	545	385	365	445
60 min	490	190	200	105
90 min	90	30	30	100

QPGMO : Quantité de la Poudre des Grains de *Moringa Oléifera*.

A: Avant.

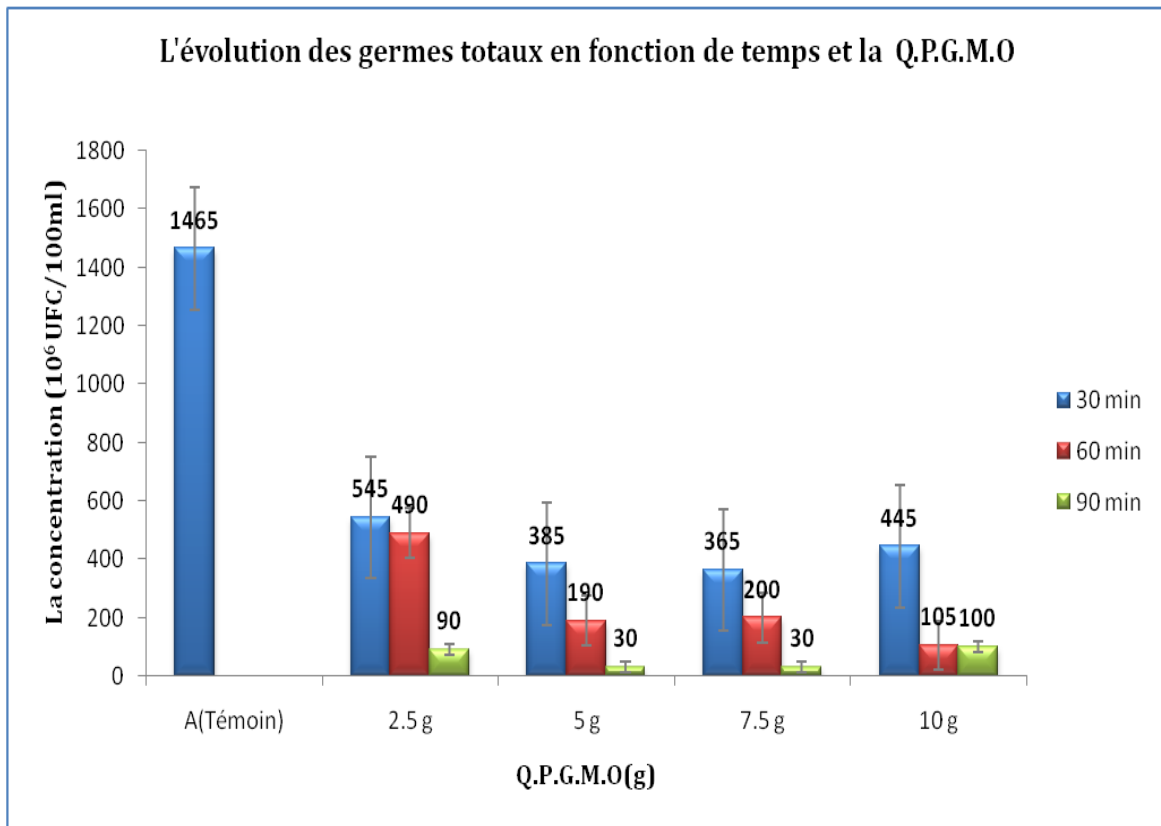


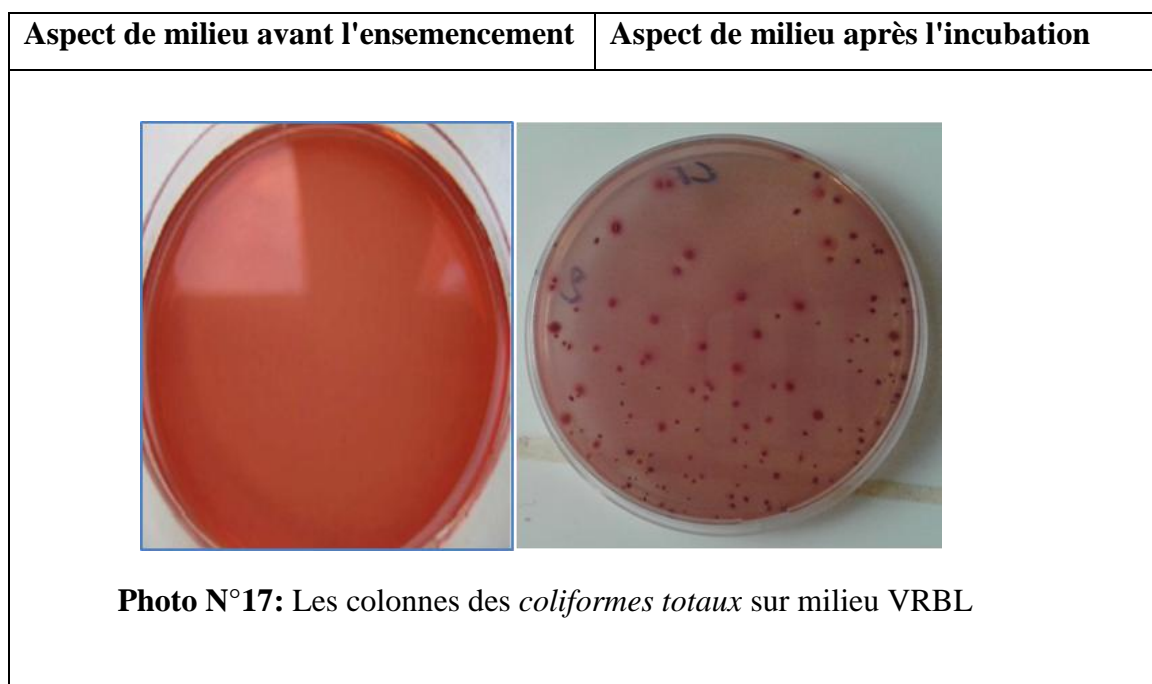
Figure N°8: Evolution des germes totaux en fonction de temps avec différentes quantités de la poudre des grains de *Moringa*

D'après le graphe représenté dans la **figure N°8**, on constate que la concentration des *germes totaux* dans l'eau usée avant le traitement été très élevé de l'ordre de $14,65 \times 10^8$ UFC/100mL. Cette concentration chute après 30 min de contact avec les différentes quantités de poudre des grains de *Moringa*. La concentration des *GAMT* baisse aussi après 60 min et elle continu à décliner avec le temps jusqu' à 90 min de contacte. Là où la concentration est arrivé à son plus bas niveau 30×10^6 UFC/100mL. La réduction de concentration se défaire en fonction de duré de contacte et aussi en fonction de quantité de poudre.

IV.1.1.2. Les coliformes totaux (C.T):

Les *coliformes* présentent des colonies violacées de diamètre égal ou supérieur à 0,5mm après 24 heures d'incubation. Les entérobactéries lactose-négatives sont incolores.

Ils constituent un groupe de bactéries que l'on retrouve fréquemment dans l'environnement, par exemple dans le sol ou la végétation, ainsi que dans les intestins des mammifères que correspondent l'origine de ces flore dans les eaux usées.



TableauN°8: Résultats des *coliformes totaux*.

coliformes totaux (10 ⁶ UFC/100ml)				A:1000
Le temps	Quantité de poudre des grains de MO			
	2,5 g	5 g	7,5 g	10 g
30 min	355	230	230	190
60 min	300	175	200	150
90 min	250	160	150	145

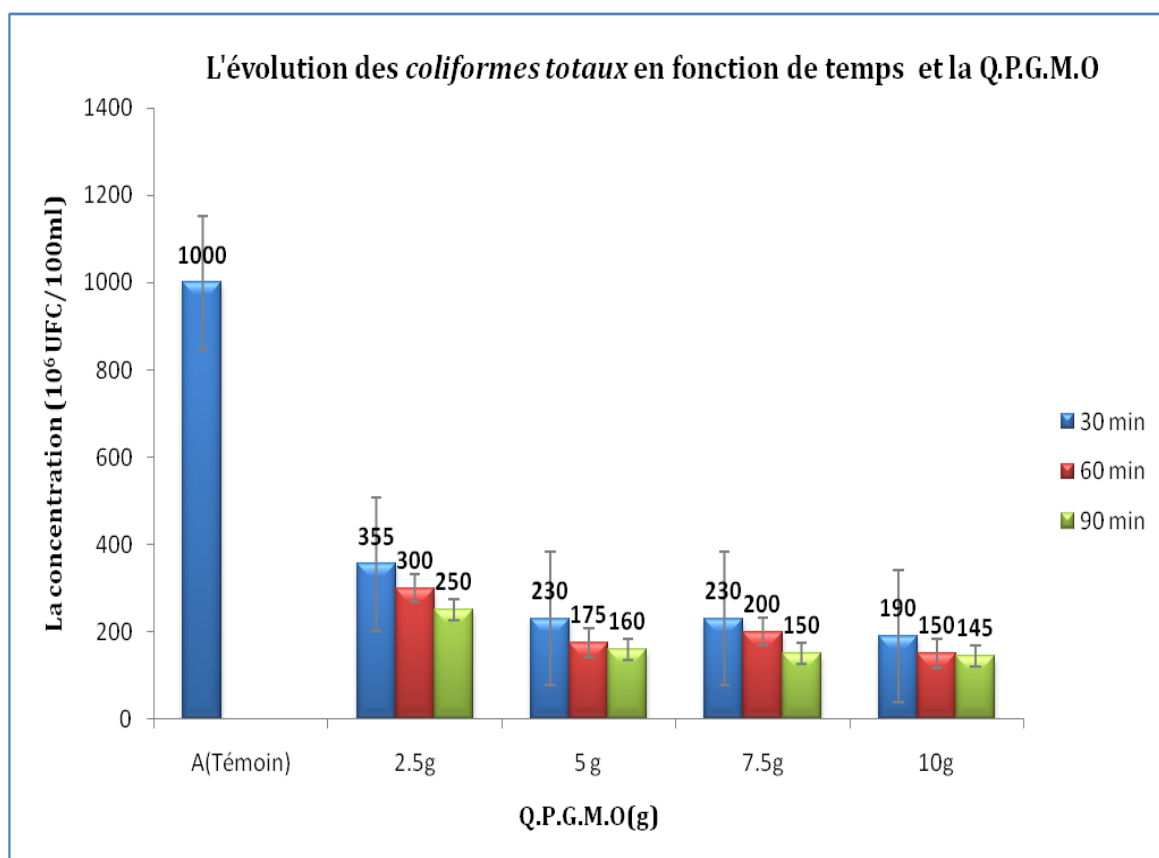


Figure N°9: Evolution des *coliformes totaux* en fonction de temps avec différentes quantités de la poudre des grains *Moringa*

A partir de la **figure N°9**, nous remarquons que la concentration des *coliformes totaux* est de 10^9 UFC/100 ml dans l'eau usée avant le traitement. Cette concentration est diminuée après un contact direct avec la poudre des grains de *Moringa* à différentes quantités 2,5, 5, 7,5 et 10g pendant 30, 60 et 90 min avec une diminution remarquable après un temps de traitement de 90min pour les 10g.

IV.1.1.3. Les coliformes fécaux (C.F):

Il s'agit là des *coliformes fécaux* possédant les mêmes caractéristiques que les *coliformes totaux*, mais ils tolèrent une température jusqu'à 44°C.

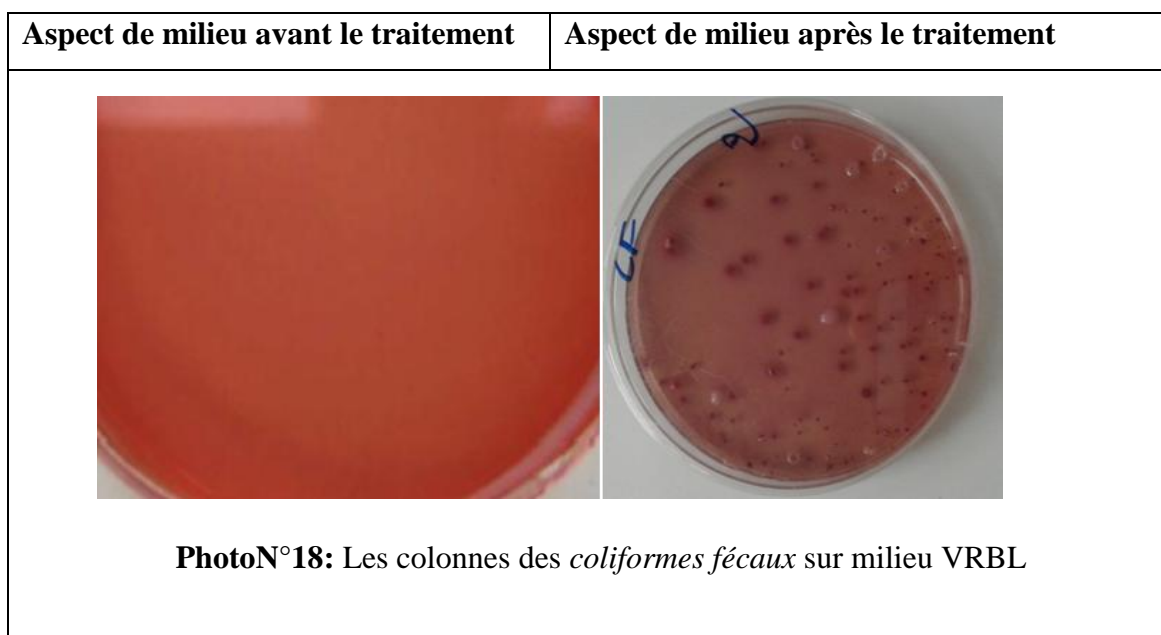


Tableau N°9: Résultats des *coliformes fécaux*

<i>Coliformes fécaux</i> (10 ⁶ UFC/100ml)				A: 375
Temps	Quantité de poudre des grains de MO			
	2,5 g	5 g	7,5 g	10 g
30 min	135	130	120	150
60 min	125	70	65	60
90 min	195	25	20	75

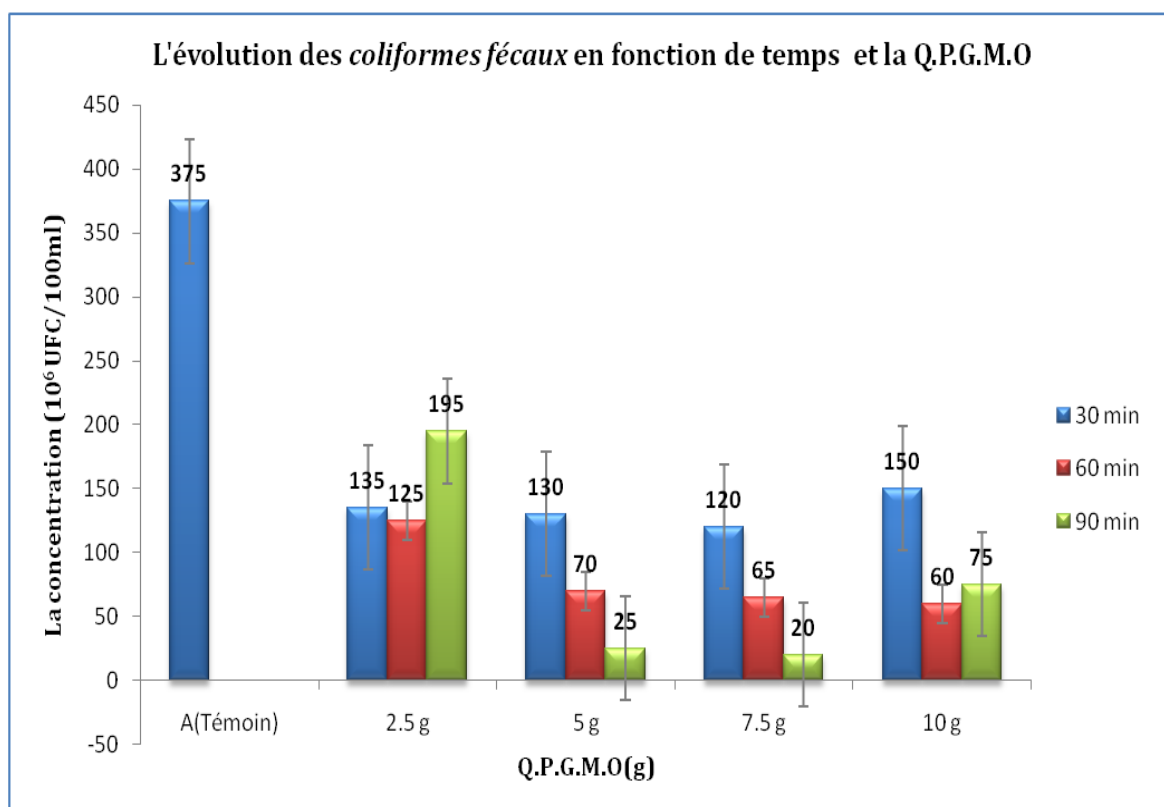
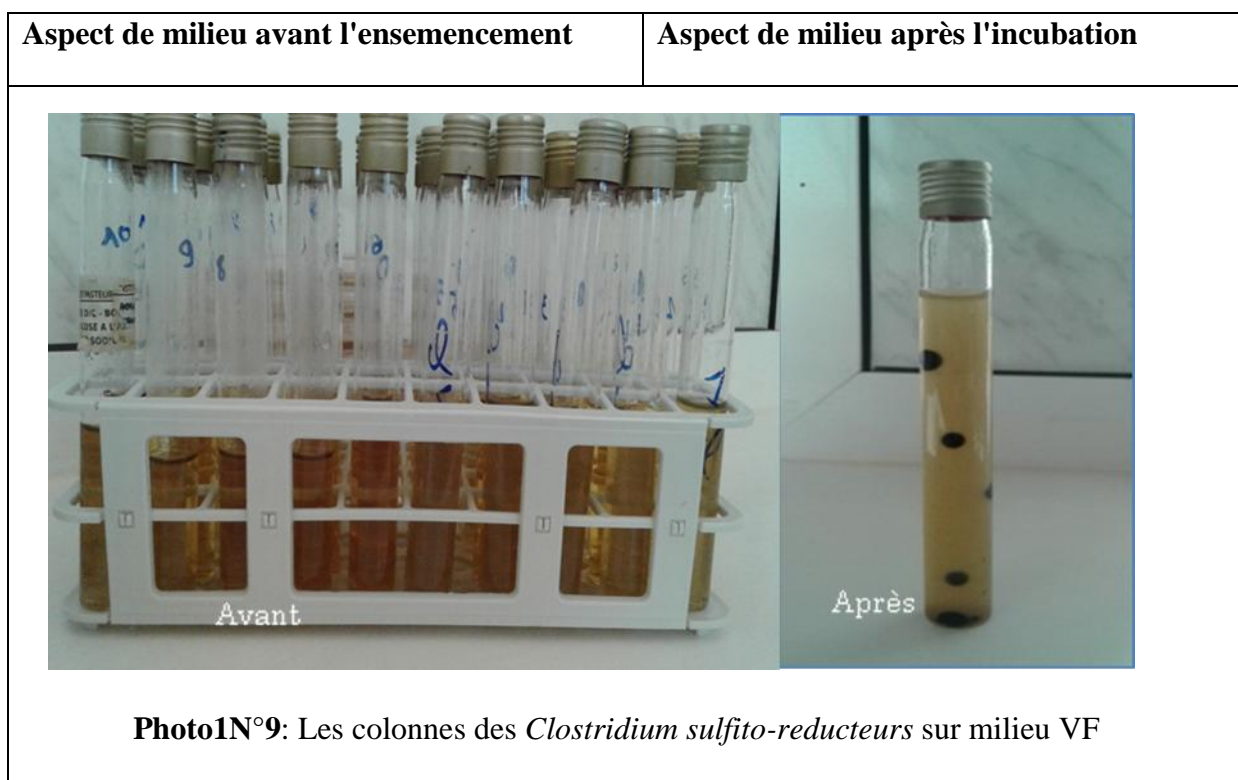


Figure N°10: Evolution des *coliformes fécaux* en fonction de temps avec différentes quantités de la poudre des grains *Moringa*

Selon la **figure N°10**, il est très clair que la concentration des *coliformes fécaux* diminué avec le temps de traitement. Cette diminution est proportionnelle à la durée de traitement et aux quantités des grains de *Moringa*, particulièrement pour les 2,5 et 7,5g. La concentration des *coliformes fécaux* passe de 375×10^6 UFC/100ml avant traitement à 120×10^6 UFC/100ml après 30 min de contact entre l'eau usée et les 7,5g de *Moringa*. Elle devient seulement 20×10^6 UFC/100ml pour 90 min de traitement et pour la même quantité.

IV.1.1.4. Les *Clostridium sulfito-reducteurs*:

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



TableauN°10: Résultats des *Clostridium sulfito-reducteurs*

<i>Clostridium</i> (10 ² UFC/100ml)				A: 500
Le temps	Quantité de poudre des grains de MO			
	2,5 g	5 g	7,5 g	10 g
30 min	80	20	100	60
60 min	180	0	0	0
90 min	40	20	20	60

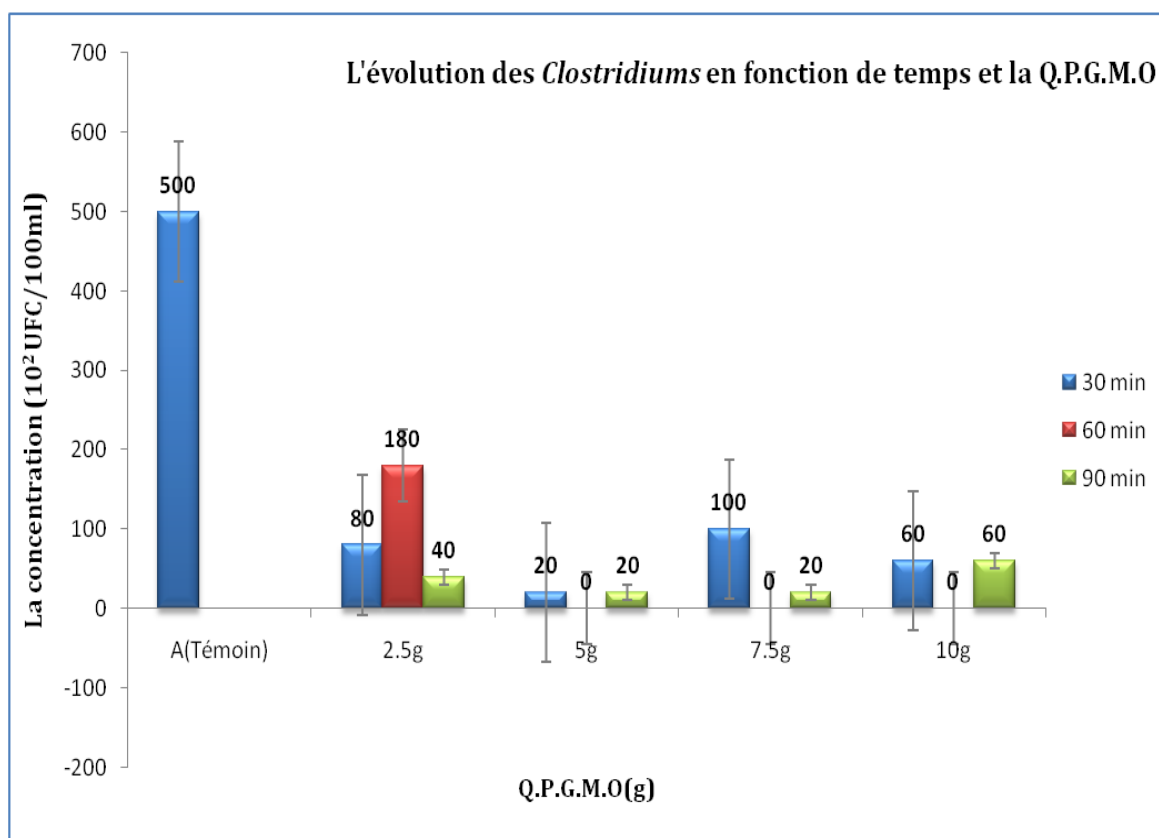
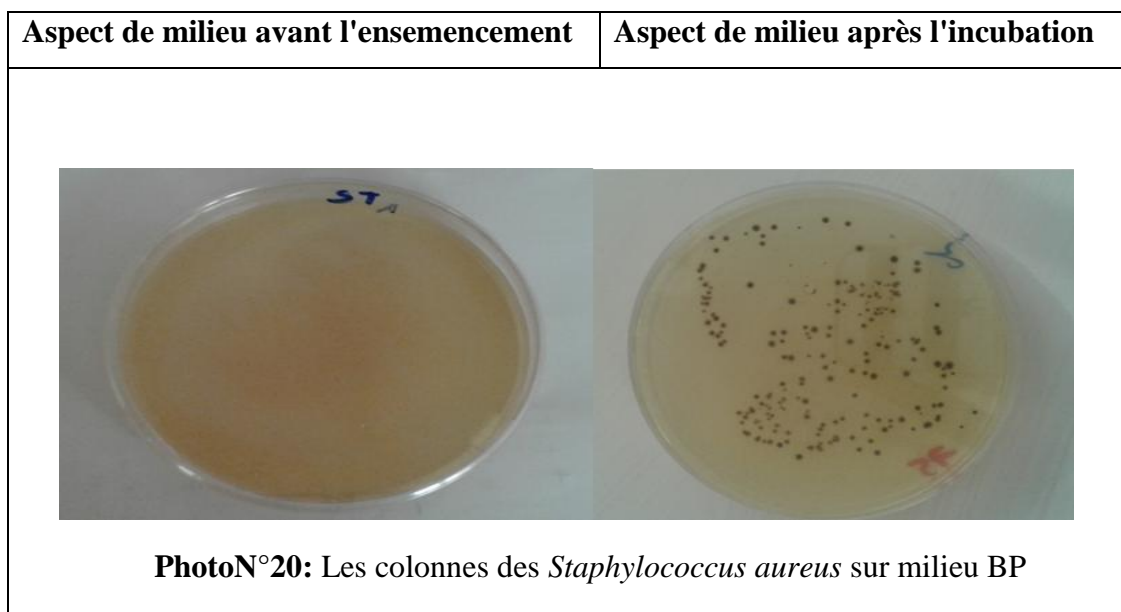


Figure N°11: Evolution des *clostridium* en fonction de temps avec différentes quantités de la poudre des grains *Moringa*

D'après la **figure N°11**, nous remarquons que la concentration des *clostridium* dans l'échantillon de témoin est de l'ordre de 500×10^2 UFC/100ml. Après 60 min de traitement on constate un abattement total des *clostridium* pour les quantités de 5g, 7,5g et 10g. Une légère augmentation de concentration des bactéries est enregistrée après 90 min pour les mêmes quantités des grains de *Moringa*.

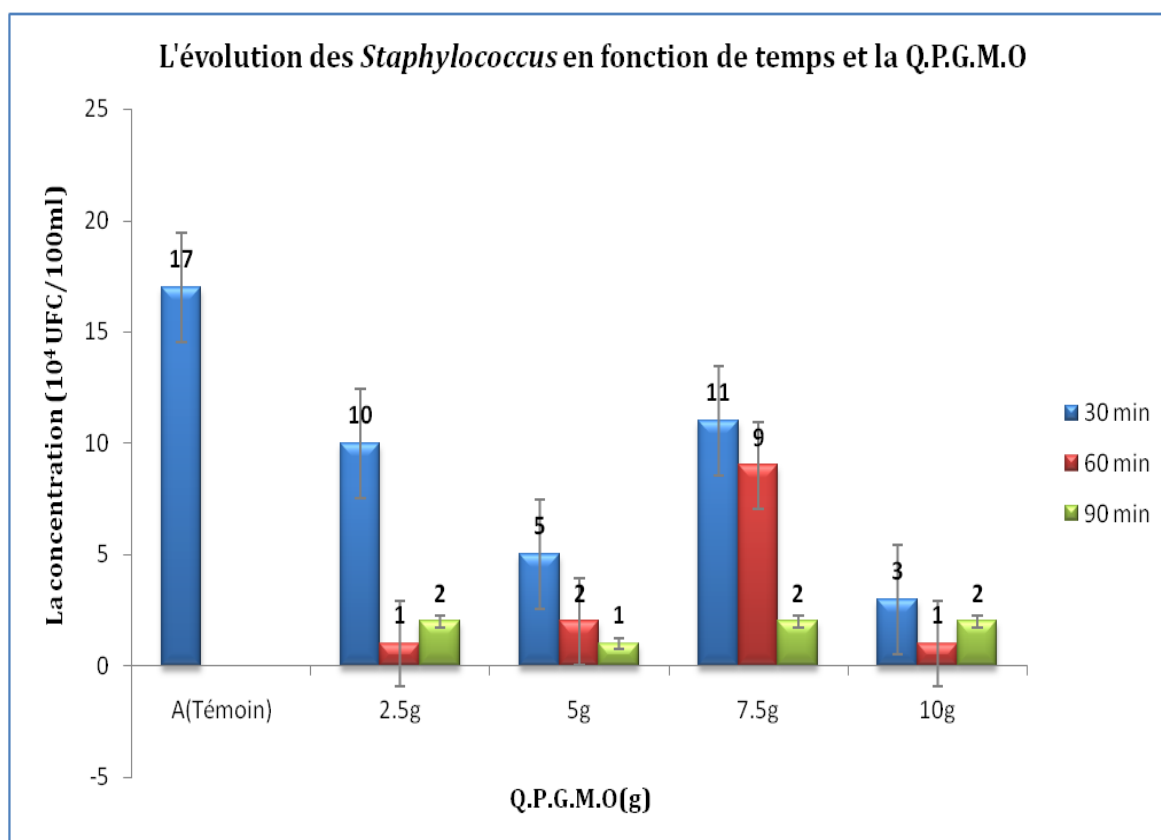
IV.1.1.5. Les *Staphylococcus aureus*:

Dénombrer les colonies entourées d'un halo noir lorsqu'elles sont cultivées en présence de jaune d'œuf, les colonies de *Staphylococcus aureus* sont entourées d'une auréole opaque due à la production de lécithinase.



TableauN°11:Résultats des *Staphylococcus aureus*.

<i>Staphylococcus</i> (10^4 UFC/100ml)				A: 17
Le temps	Quantité de poudre des grains de MO			
	2,5 g	5 g	7,5 g	10 g
30 min	10	5	11	3
60 min	1	2	9	1
90 min	2	1	2	2



FigureN°12: Evolution des *Staphylococcus* en fonction de temps avec différentes quantités de la poudre des grains *Moringa*

A partir du graphe de la **figure 12**. Il est très clair que la concentration des *staphylocoques aureus* diminue en fonction du temps. Cette diminution est presque en harmonisation avec l'augmentation de la quantité des grains de *Moringa*. Pour la quantité de 7.5g le nombre de bactéries passe de 11×10^4 UFC/100ml à 2×10^4 UFC/100ml pour le temps de 60 et 90 min respectivement.

IV.1.1.6. Les *Streptocoques fécaux*:

Les *streptocoques fécaux* sont des bactéries à Gram(-), sphériques à ovoïde formant des chainettes, non sporulées, se cultivant en anaérobiose à 44°C et à pH 9,6. La recherche de *streptocoques fécaux* ne doit être considérée que comme un complément à celle des coliformes thermo-tolérants pour être le signe d'une contamination fécale.

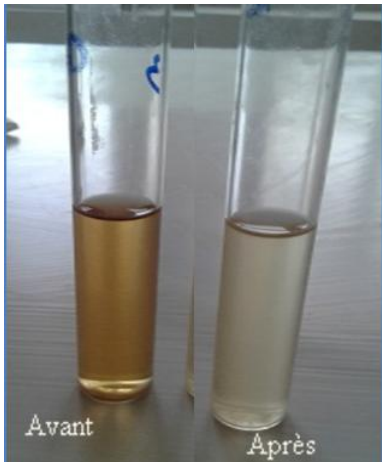

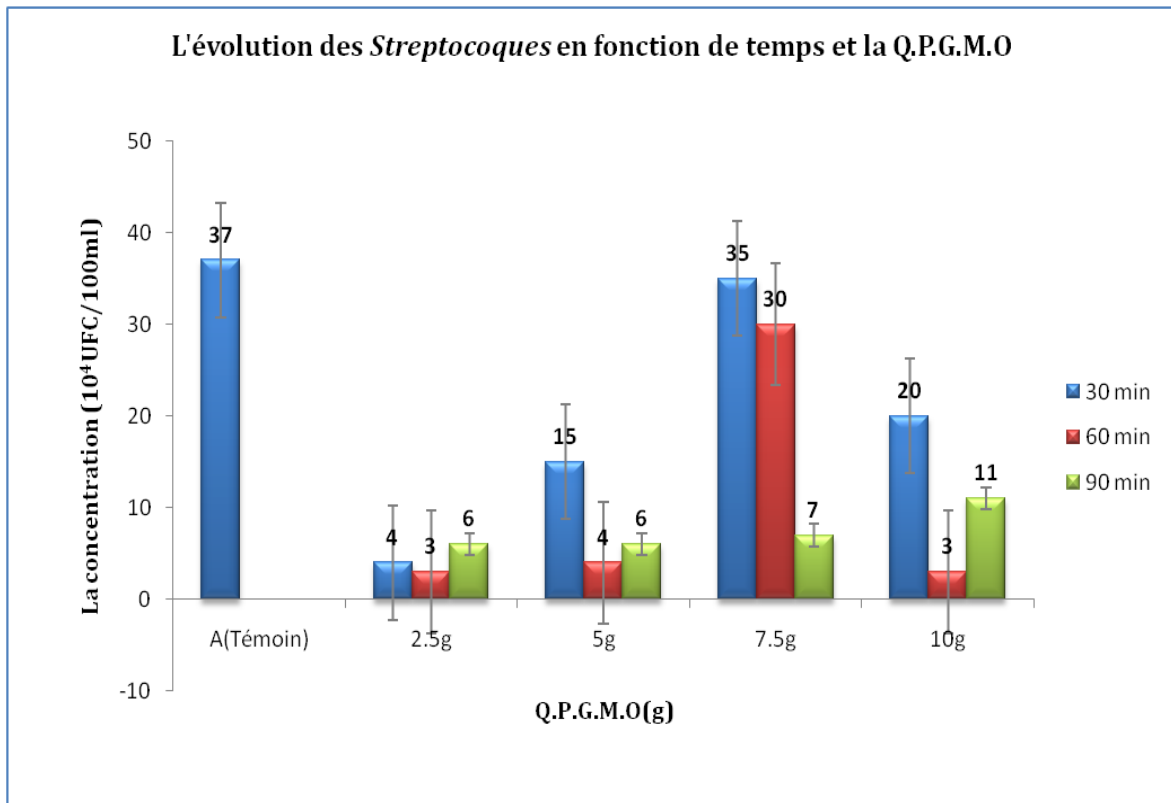
Aspect de milieu <i>Roth</i> avant et après l'ensemencement	Aspect de milieu <i>Lytsky</i> avant et après l'ensemencement
 <p>PhotoN°21: Les colonnes des <i>Streptocoques fécaux</i>.</p>	 <p>PhotoN°22: Les colonnes des <i>Streptocoques fécaux</i>.</p>

Tableau N°12: les résultats des *Streptocoques fécaux*

<i>Streptocoques fécaux</i> (10 ⁴ UFC/100ml)				A:37
Le temps	Quantité de poudre des grains de MO			
	2,5 g	5 g	7,5 g	10 g
30 min	4	15	35	20
60 min	6	4	30	3
90 min	6	6	7	11



FigureN°13 : Evolution des *Streptocoques fécaux* en fonction de temps avec différentes quantités de la poudre des grains *Moringa*

Dans la **figureN°13** ci-dessus. La concentration des *streptocoques* fécaux d'eau usée avant traitement est de 37×10^4 UFC/100ml. Cette concentration est décrie après 30 min de contact avec les différentes quantités de poudre des grains de *Moringa*. Où elle devient 4, 15, 35 et 20×10^4 UFC/100ml pour les quantités 2,5, 5, 7,5 et 10g respectivement. Par contre pour une durée de traitement de 90 min et pour les même quantités des graines, la concentration des bactéries est plus faible, où les concentrations enregistrés sont 6, 6, 7 et 11×10^4 UFC/100m.

IV.1.2 Le taux de réduction:

- La formule de taux de réduction est:

$$\text{Taux (\%)} = \left(\frac{N_{t_0} - N_t}{N_{t_0}} \right) \times 100$$

Avec:

N_{t_0} : Le nombre de germe avant le traitement;

N_t : Le nombre de germe avec le temps (t);

Le **tableau N°13** illustre les différents taux de réduction des espèces bactériens étudiés. Les résultats confirment l'effet bénéfique de l'utilisation des grains de *Moringa* pour le traitement microbiologique des eaux usées. Pour les mêmes quantités des grains de *Moringa* choisies et les mêmes temps de contact, la plupart des taux de réduction éteint nettement supérieur de 50%, pour toutes les espèces sauf dans des cas où cette anomalie est bien explique ultérieurement

Tableau N° 13: le taux réduction pour chaque germe pathogène.

Taux de réduction des <i>Germes totaux</i> (G.T)%				
Le temps (min)	La quantité de poudre des grains de MO			
	2,5(g)	5(g)	7,5(g)	10(g)
30	62,79	73,72	75,08	69,62
60	66,55	87,03	86,03	92,83
90	93,85	97,79	97,79	93,31
Taux de réduction des <i>Coliformes totaux</i> (C.T)%				
Le temps (min)	La quantité de poudre des grains de MO			
	2,5(g)	5(g)	7,5(g)	10(g)
30	64,5	77	77	81
60	70	82,5	80	85
90	75	84	85	85,5
Taux de réduction des <i>Coliformes fécaux</i> (C.F)%				
Le temps (min)	La quantité de poudre des grains de MO			
	2,5(g)	5(g)	7,5(g)	10(g)
30	64	65,33	68	60
60	66,67	81,33	82,67	84
90	48	93,33	94,67	80
Taux de réduction des <i>Clostridium</i> (CSR)%				
Le temps (min)	La quantité de poudre des grains de MO			
	2,5(g)	5(g)	7,5(g)	10(g)
30	84	96	80	88
60	64	100	100	100
90	92	96	96	88
Taux de réduction des <i>Staphylococcus aureus</i> (S.T)%				
Le temps (min)	La quantité de poudre des grains de MO			
	2,5(g)	5(g)	7,5(g)	10(g)
30	41	70	35,29	82,35
60	64,11	88,23	47,05	94,11
90	88,23	94,11	88,23	88,23
Taux de réduction des <i>Streptocoques</i> (STRI)%				
Le temps (min)	La quantité de poudre des grains de MO			
	2,5(g)	5(g)	7,5(g)	10(g)
30	89,18	59,45	5,40	45,94
60	83,78	89,18	18,91	91,89
90	83,78	83,78	81,08	70,27

IV.1.3 Discussion:

A la lumière de ces résultats il apparut clairement que la poudre des grains de *Moringa* a une influence sur plusieurs groupes des bactéries (*les germes aérobies mésophiles totaux (GAMT), les coliformes totaux, les coliformes fécaux, les Staphylococcus, les Streptocoques et Clostridium sulfito-réducteurs*).

Cette influence est très importante car il correspond à la diminution de la charge microbienne (effet anti bactériennes). Cet effet s'explique par la présence des trois substances **antibiotiques** : *Ptérygospermine, athomine et spirochine* dont les spectres antibactériens sont très larges (Jahn, Samia AL Azharia, 1988). Elle s'explique aussi par la présence de **polyélectrolyte** qui est une protéine cationique a un effet de coagulation du nutriment nécessaire pour les bactéries. Noter aussi que l'effet antibiotique de poudre des grains de *Moringa* est variable selon la **physiologie** des germes, la concentration de poudre et le temps de contact.

Par rapport au temps de contact l'effet antibiotiques de poudre des grains de *Moringa* est en proportion avec le temps c.à.d. pour avoir une bonne efficacité antibactérienne il faut appliquer un temps de contact adéquat. Ce dernier est variable de germe à autre. Selon notre étude ; la bonne durée de traitement est d'environ 90 min voir plus pour *les GAMT, les coliformes totaux, les coliformes fécaux* et une pour *Clostridium*. Dans le cas des *Staphylococcus* et *les Streptocoques*. Nous avons noté que la durée de 60min est plus efficace que la durée de 90min, ce là peut s'expliquer par la capacité d'adaptation et de résistance de ces germes à des multiples antibiotiques.

Lorsque on parler de la variation de l'effet antibactériennes de poudre des grains de *Moringa* selon la quantité de poudre on peut le dire que en général plus la quantité est grande plus que l'efficacité antibiotique est très remarquable dans les cas de traitement de 60min. Cette règle est inversée pour le traitement de 90min par des très grandes quantités ($\geq 10\text{g/l}$). Ce là peut s'explique par le phénomène de résistance des bactéries aux **antibiotiques** qui constitué un problème majeure de santé.

Les effets antibiotiques de poudre des graines de *Moringa* sont variés de germe à autre car les bactéries ont des caractéristiques différentes. A la base de notre résultat nous constatons que les concentrations de poudre des grains de *Moringa* agissent sur les bactéries gramme négatif (*les coliformes totaux et fécaux*) par des grandes quantités (10g/l, 7,5g/l) et dans des durées plus longue ($\geq 90\text{min}$). Tandis qu'elles agissent sur les bactéries gramme positif par des quantités moyennes (5 g/l) et dans une durée plus court (60min). Ce

que nous avons interprété par le mode d'action des antibiotiques présente dans les grains de *Moringa* que correspondent des antibiotiques attaquent la paroi bactérienne (peptidoglycane). La poudre inhibe la germination des spores des *clostridium* la forme de résistance à différents facteurs physico-chimiques de milieu mais toujours il reste impuissant à les supprimer entièrement.

Ils sont aussi très proches à celle trouvé par **Nour Eddine AMEZIANE et Lahcen BENAABIDATE** qui travaille en 2012 sur la caractérisation microbiologique des effluents de l'hôpital Mohamed V de Meknès et leur impact sur l'environnement. Ces dernier révéla la présence de charge plus important des *GAMT*, les *coliformes totaux*, les *coliformes fécaux*, les *Staphylococcus*, les *Streptocoques*, Les *Clostridium sulfito-reducteurs*. Que estimé 50.10^7 UFC/100ml, 20.10^7 UFC/100ml, 13.10^7 UFC/100ml, 10.10^7 UFC/100ml, 10^7 UFC/100ml, 10^3 UFC/100ml respectivement.

D'autre part, nos résultats concernant les meilleurs quantités et durées de contact, sont conforme à ceux **d'Aminata KABORE** pour leur recherches concernant l'optimisation de l'efficacité des grains de *Moringa Oléifèra* dans le traitement des eaux de consommation en Afrique sub-saharienne qui induire que le meilleur couple dosage/temps de traitement des eaux usés est d'environ 8g/l pendant 30min.

CONCLUSION

GENERALE

Conclusion générale:

Conclusion générale

Les résultats obtenus ont permis de démontrer la possibilité de purifier l'eau usée par l'utilisation des grains de *Moringa Oléifera*.

A la lumière de ces résultats il apparaît clairement que la poudre des grains de *Moringa* a une influence sur plusieurs groupes des bactéries (les *germes aérobies mésophiles totaux* (GAMT), les *coliformes totaux*, les *coliformes fécaux*, les *Staphylococcus*, les *Streptocoques*, Les *Clostridium sulfuto-reducteurs*).

Cette influence est très importante car elle est traduite par la diminution de la charge microbienne (effet anti bactériennes). Cet effet s'explique par la présence des trois substances **antibiotiques**: *pterygospermine*, *athomine* et *spirochine* dont les spectres antibactériens sont très larges. S'expliquent aussi par la présence de **polyélectrolytes** qui est une protéine cationique a un effet de coagulation du nutriment nécessaire pour les bactéries. Noter aussi que l'effet antibiotique de poudre des grains de *Moringa* est variable selon la **physiologie** des germes, la concentration de poudre, et le temps de contact. Ces résultats montrent que l'eau traitée a été de qualité acceptable.

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

REFERENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques:

Références Bibliographiques

A

A. Kabore, 2013; l'optimisation de l'efficacité des graines de moringa oleifera dans le traitement des eaux de consommation en Afrique sub-saharienne.

A, Mizi, 2006; Traitement des eaux de rejets d'une raffinerie des corps gras région de bejaia et valorisation des déchets oléicoles. Thèse de doctorat. Université de Badji Mokhtar. Annaba.

A. Ndabigengesere, K.S. Narasiah, 1998; use of *moringa oleifera* seed as a primary coagulant in wastewater treatment environ. Technol., 19, pp. 789–800 view record in scopusfull text via crossrefciting articles (47)

Aerm, 2007; procédés d'épuration des petites collectivités du bassin rhin-meuse – juillet 2007

Alain. Botta, 2001; laurencebellon. Pollution de l'eau et santé humaine. Laboratoire de biogénotoxicologie et mutagenèse environnementale. Université euro-méditerranéetehys. Avril 2001

Angela RalezoMaevalandy, 2006; La Moringa-Moringa Oléifèra Antanarivo (Madagascar) Juillet 2006)

Attab. S, 2011; Amélioration De La Qualité Microbiologique Des Eaux Epurées Par Boues Activées De La Station D'épuration Haoud Berkaoui Par L'utilisation D'un Filtre A Sable Local

Aulicino E. A., Mastrantonio A., Orsini E, Bellucci C., Muscillo M. & Larosa G, 1996; Enteric viruses in a wastewater treatment plant in rome. *Water, air, and soil pollution*, **91:** 327-334.

Azouzi, d, Balla, S, et Rahmani, y, 2010; traitement des eaux résiduaires urbaines par traitement de lagunage naturel.

B

Balbir S. Mathur, 2005; le plus difficile à voir est ce que l'on a sous les yeux. »- goethe

Barrau J, 1990; les hommes dans la nature : esquisse d'une histoire naturelle des sociétés et des m,urs humaines. Paris,: gallimard : 9-58.

Baouid, A. et Belkhiter. F, 2010; mémoire d'ingénieur d'état en hydraulique "etude de faisabilité d'une station d'épuration de localité de berrebi, taghit".

Références bibliographiques:

Baumont S, Camard J-P, Lefranc A, Franconi A, 2004; réutilisation des eaux usées: risqué sanitaires et faisabilité en île-de-france. Rapport ORS, 220p.

Belnasra. O et Boulahya. K, 2013; etude, analyse physico-chimiques des eaux usée saprès la filtration par sable d'erg cas : Bouda et Mimoun mémoire de fin d'étude licence en génie procédée.

Barako O et Kadri. A, 2013; Etude physico-chimique et microbiologique au cours de la digestion anaérobie d'un déchet ménager.

Benhaida, Kelthoum, 2015; les analyses microbiologiques des aliments. *Méthode de recherche et dénombrement des microorganisms.*

Bernard L Et Nicole; M, 2009;l'analyse de l'eau. 9^e édition, dunod, Paris

Boeglin, J C, 2002; traitements physico-chimiques de la pollution Insoluble technique d'ingénieur, environnement g 1 270, Paris.

Bougherda. F Z et Toumi. N, 2011; caractérisation des eaux usées de la commune d'inzeghmir.

Boudraa. S et Attalah, I, 2015; analyse de taux d'élimination de la pollution organique: etude comparative entre quelques stations d'épuration; **P 20.**

Bruno, W, 2008; "les déversements d'eaux usées".

C

Campos C, 2008; new perspectives on microbiological water control for wastewater reuse. *Désalination*, **218** : 34–42.

Canler, 1999; aide au diagnostic des stations d'épuration par l'observation microscopique des boues activées. Ed. Cemagref, 155p.

Chaib J, 2002; l'épuration des eaux usées par les plantes. Connaître pour agir, publication de l'agence régionale de l'environnement de haute-normandie, 4p.

Chribat,D M Et Ben Hassan F, 2011; traitement des eaux usées par les argiles anioniques.

D

Degrémont Mémento, 1972;« technique de l'eau ». Paris : dégriment.

Desjardins R, 1997;le traitement des eaux. 2^eme édition. Ed. Ecole polytechnique.

Djeddi; H, 2007; utilization des eaux d'une station d'épuration pour l'irrigation des essences forestières urbaines

Diouf. 1999;diop m, lo c; drame ka, sene e, ba co, gueye m, faye b.prospection de légumes feuilles traditionnels de type africain au sénégal. Roma.italie: . p: 11-150

Direction des politiques de l'eau Service des eaux municipals, 2009

Références bibliographiques:

Doulaye .K, 2002; etat des lieux performances épuration et critères de dimensionnement, thèse n2653. De p en sciences de l'environnement, fondation universitaire luxembourgeoise, arlonbelgique et de matonaliteivoirienn, 170 p.

E

Edline F, 1996; l'épuration physico-chimique des eaux.3^{ème} édition. Ed. Cebedoc

Eilert U., W. B, 1981;the antibiotic principle of seeds of *moringa oleifera*and *moringa stenopetala*.Planta medica 42: 55–61.

Eckenfelder W.W, 1982;gestion des eaux usées urbaines et industrielles. Ed. Lavoisier. Paris, 503p.

F

FAO, 2003; l'irrigation avec des eaux usées traitées : manuel d'utilisation. Fao irrigation and drainage paper, 65p.

F. Galaf Et S. Ghannam, 2003;contribution à l'élaboration d'un manuel et d'un site web sur la pollution du milieu marin. Mémoire d'ingénieur d'état. Université hassan ii. Rabat. Royaume du Maroc.

Foidl N, Harinder P. S. Et Becker K, 2002; potentiel du *moringa oleifera* pour les besoins agricoles et industriels (45-78). In : l'arbre de la vie : les multiples usages du *moringa*. (2002), dakar : cta et cws.-177p.-(traduit de l'anglais)

Foidl N, Makkar H.P.S, Becker K, 2001;potentiel de *moringa oleifera* en agriculture et dans l'industrie, 39p. Disponible sur [Http://Www.Moringanews.Org](http://www.Moringanews.Org). Consulté Le 12/10/2013.

Folkard. G etJ. Sutherland, 2002; development of a naturally derived coagulant for water and wastewater treatment. *Water suppl.*, 2, 89-94.]

Forestry/Fuelwood, 1992; research and development project.Growing multipurpose trees on small farms. Bangkok, thailand: winrock international. 195 + ixpp.(Including 41 species fact cardsvonmayde u h.j. 1986. Trees and shrubs of the sahel, their characteristics and uses. Deutsche geselischafftürtechnische zusammenarbeit (gtz). Federal republic of germany. Pp334-337.

Franck R, 2002; Analyse de l'eau (aspects réglementaires et techniques). Ed, collection biologie technique, 360 p.

Fuglie, Lowell J, Ed. The Miracle Tree, 2001; moringa oleifera: natural nutrition for the tropics. Training manual. Church world service, dakar, senegal. <www.moringatrees.org/moringa/miracletree.html>, may 2002

Fuglie, Lowell J, 2001;l'arbre miracle. Church world service. Dakar, sénégal

Références bibliographiques:

G

Gennaccaro A.L, Mclaughlin M.R, Quintero-Betancourt W, Huffman D.E. et Rose J.B, 2003; infectious cryptosporidium parvum oocysts in final reclaimed effluent. *Applied and environmental microbiology*, **69**: 4983–4984.

Ghadbane. N, 2003; « les eaux usées urbaines cas d'étude : ville de m'sila ». Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de magister, université mohamedboudiaf.

G.K. Folkard, R.S. Al-Khalili, J.P, 1996; sutherland natural coagulants—a sustainable approach j. Pickford (ed.), sustainability of water and sanitation systems, 0-906055-466, pub; intermediate technology publications, London pp. 63–65

H

Hatem Dhaouadi, 2008; Les procédés biologiques d'épuration université virtuelle de Tunis

Husson. R, Gobert. J, 2012; guide pratique à l'usage des communes et relatif à l'assainissement eaux usées. Pp97.

J

Jahn, Samia Al Azharia, 1988; Using *moringa* seeds as coagulants in developing countries, *Journal awwa*: june 1988, pp. 43-50.

Jean Rodier Et Coll, 2009; l'analyse de l'eau, technique et ingénierie. Direction des politiques de l'eau service des eaux municipales. "Traitement des eaux usées des résidences isolées".

Jora, 1993; Journal Officielle de la République Algérienne, décret exécutif n° 93-160 du 10 juillet 1993 réglementant les rejets d'effluents liquides industriels, 442p.

Joseph, P. Et All, 2002; office international de l'épuration : dispositions constructives pour améliorer leur fonctionnement et faciliter leur exploitation".

K

Kebir, O; Kharef, K, 2011; dénitrification et déphosphatation des eaux usées urbaines d'adrar par voie biologique et physico-chimique (station Kousane).

Khattabi, H, 2002; intérêts de l'étude des paramètres hydrogéologiques et hydrobiologiques pour la compréhension du fonctionnement de la station de traitement des lixiviats de la décharge d'ordures ménagères d'etueffont (belfort, france), p 8

Khemici, Y, 2014; etude de la qualité physico-chimique et bactériologique d'une eau usée épurée par un lit de plantes. P (11-43).

Références bibliographiques:

K.R. Dalla Rosa, 1993; program director for the pacific, nfta, agro-forestry species highlights a publication of the agro-forestry information service 1010 holomua road, paia, hawaii 96779-6744 usa april 1993.

L

Ladjel. F 2006; Exploitation d'une station d'épuration à boue activée niveau 02. Centre de formation et métier de l'assainissement. CFMA- Boumerdes. 80p

Lassané Placide SEKONE, 2006; moringa oleifera ou « l'arbre de la vie » mémoire pour la validation de la formation thème ethnopharmacologie appliquées plantes médicinales et pharmacopées traditionnelles 11-16 septembre 2006

Lebres, 1999; guide pratique d'analyse microbiologique des denrées alimentaires. Service de bactériologie alimentaire. Institut Pasteur d'Algérie.

Liew Kg, N. M, 2006; "surface water clarification using moringa oleifera".

M

Makkar, H.P.S, Becker, K, 1997; nutrients and antiquality factors in different morphological parts of the *moringa oleifera* tree. Journal of agricultural science, Cambridge 128, 311-322, disponible sur <http://www.moringanews.org>. Consulté le 12/10/2013.

Martin L, 2007; *Le Moringa*. Price Publié En 1985; Révision 2000, 2002 Et 2007 Par Le Personnel d'écho].

MENOUER. S et TAIBI. S, 2014; Étude de la qualité des rejets liquides industriels en aval du complexe GL1/Z

Metahri, M S, 2012; élimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes. cas de la step et de la ville de tizi-ouzou, p5

Michel P, F. J, 1989; recensement du savoir traditionnel : recherche et valorisation des plantes médicinales de la Caraïbe. Bulletin. France: 1eres journées d'ethnopharmacologies, Metz France ; 75 p

Moringa Oléifera Rongead 15/09/2014

MORTON J.F, 1991; the horseradish tree, *moringa pterygosperma* (moringaceae) - a boon to arid lands? *Economie botany* 45, 318-333.

Mougli, Suarez et Al, 2005; antimicrobial agents and chemotherapy, structure-function characterization and optimization of a plant-derived antibacterial peptide. P .3847-3857 vol.49, no. 9

N

N.eddineameziane et benaabidate, I, 2012; la caractérisation microbiologique des effluents de l'hôpital Mohamed V de Meknès et leur impact sur l'environnement.

Références bibliographiques:

N. Nedjah et al, 2011; Revue des Energies Renouvelables ICESD'11 Adrar (2011) 227 – 232-227 Protection des eaux souterraines de la région d'Adrar des infiltrations d'eau usée par application du lagunage naturel

O

ONA, 2013; l'Office National De l'Assainissement d'Alger

OMS, 1989; l'utilisation des eaux usées en agriculture et en aquaculture : recommandations à avisées sanitaires. Organisation Mondiale de la Santé. Série de rapports techniques, n° 778, OMS, Genève, Suisse.

P

Pham JL, 2004; *moringa*, dernières nouvelles. Spore n°106. P. 7.

Pelmont J, 2005; biodégradations et métabolismes : les bactéries pour les technologies de l'environnement. Edp sciences editions, 10, 11.

Perera. P, Baudot, 1991; état procédés extensifs d'épuration des eaux usées .relative au traitement des eaux urbaines résiduaires. Mise en oeuvre de la directive du conseil n 91 /271 du 21mai 1991.

R

RajaonariveloFanjatianaJustobert, 2013; la faisabilité de la phytoépuration des eaux usées dans la ville de toliara.mémoire approfondies en biodiversité et environnement.

Revue, natura-sciences 25 mars 2016; comment fonctionne une station d'épuration?

Revue, futura-sciences, 28 juin 2013; traiter les eaux usées avec le procédé à boue activée ?

S

Servais, P., Garcia-Armisen T, Billen, G, Rousselot, O, 2006; Modélisation du niveau de contamination fécale de la Seine en région parisienne : situation présente et future. Rapport pirenSeine 2005

Stephan, M, 2010; "filière de traitement des eaux usées en réseau unitaire pour les petites collectivités".

Toze S, 2006; Reuse of effluent water-benefits and risks, *agricultural water management*, **80:** 147–159.

Toze S, 1999; PCR and the detection of microbial pathogens in water and wastewaters. *water resources*. **33:** 3545–3556.

Théophile MALO, 2014; Effet De La Fertilisation Sur La Croissance Et La Production De *Moringa Oleifera* local Et *Moringa Oleifera* pkm-L Dans La Région Des Cascades (Burkina Faso)

Références bibliographiques:

U

Unité De Recherche En Énergie Renouvelable En Milieu Saharien.

V

Vanisha N, 2006; potential nutritionnel des feuillesde moringa: department of foods and nutritionthe maharaja sayajiraouniversity of barodavadodara 390002.gujarat. India.

Von Maydell, H.J, 1986; trees and shrubs of the sahel, their characteristics and uses. Deutsche geselischafftürtechnischezusammenarbeit(gtz). Federal republic of germany. P 334-337.

W

Walter OSSEBI, 2010; etudes digestive, metabolique et nutritionnelle des farines de feuilles de legumineusesincorporees dans des rations alimentaires chez les poulets locaux du senegal : cas des feuilles de *moringa oléifèra* (lam.), de *leucaenaleucocephala*(lam.) Et *decassiatora*(linn.), **26:** 24-26.

www.healingmoringatree.com

Les annexes

Les annexes :

Annexe I:

Tableau de Mac-Grady (NPP)

des caractéristiques	Nombre des micro-organismes
000	0,0
001	0,3
010	0,3
011	0,6
020	0,6
100	0,1
101	0,7
102	1,1
110	0,7
111	1,1
120	1,1
121	1,5
130	1,6
200	0,9
201	1,4
202	2,0
210	1,5
211	2,0
212	3,0
220	2,0
221	3,0
222	3,5
223	4,0
230	3,0
231	3,5
232	4,0
300	2,5
301	4,0

Les annexes :

302	6,5
310	4,5
311	7,5
312	11,5
313	16,0
320	9,5
321	15,0
322	20,0
323	30,0
330	25,0
331	45,0
332	110,0
333	140,0

Exemple :

- Si à la dilution 1/10 3 tubes sur 3 sont positifs.....3
- A la dilution 1/100 2 tubes sur 3 sont positifs.....2
- A la dilution 1/1000 1 tube sur 3 sont positifs.....1

Le nombre caractéristique est donc (321) ce qui correspond sur la table de Mac Grady au nombre 15.

On considère alors qu'il y a 15 coliformes par gramme ou millilitre vde produit à la dilution 1/10 .

Pour obtenir le nombre réel de coliformes totaux, il suffit de multiplier ce nombre par l'inverse de la première dilution pour revenir à 1 soit :

$15 \times 10 = 150$ coliformes totaux par gr ou ml de produit analyser

Annexe II:

Compositions de BAIRD-PARKER :

✓ **Gélose de BAIRD-PARKER au jaune d'œuf et au tellurite de potassium**

peptone10,0 g/l
extrait de viande de bœuf.....	..4,0 g/l
extrait de levure2,0 g/l
Pyruvate de sodium.....	10,0 g/l
Glycocolle	12,0 g/l
Émulsion de jaune d'œuf.....	50cm ³ /l
Téllurite de potassium.....	..0,1 g/l
Chlorure de lithium.....	..5,0 g/l
Agar.	20,0 g/l
pH = 7,2	