

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
UNIVERSITE MOULOU D MAMMERI TIZI-OUZOU
Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques
Département des sciences Agronomiques



Mémoire de fin de cycle

En vue de l'obtention du Diplôme de Master

En Sciences Agronomiques

Spécialité : Eau et Environnement

Thème

**Extraction des molécules bioactives de Moringa Oleifera
et étude de l'activité antibactérienne sur deux souches :
E.Coli et S.Aureus**

Réalisé par :

M^{lle} ARAB Noha

et

M^{lle} BAZ Zaina

Devant les membres de jury composé de :

Promotrice interne :	M ^{me} BERROUANE.N	MAB	UMMTO
Promotrice externe :	M ^{me} LOUCIF SEIAD.L	MCA	UMBB
Président :	M ^r MOUALEK.I	MAC	UMMTO
Examinatrice :	M ^{me} YAKOUBI.S	MAB	UMMTO

Année Universitaire : 2021/2022



REMERCIEMENT

En premier, on tient à remercier ALLAH très puissant, qui nous a donnés la santé et le courage, la volonté et la puissance pour réaliser ce modeste travail.

*On tient à présenter nos remerciements les plus sincères à : **Mme BERROUANE N** notre encadreur pour le temps et l'intention qu'elle ait bien voulu consacrer au bon déroulement de ce travail*

*Nos sincères remerciement vont également aux membres de jury, le présidente Mr **MOUALLEKI** pour son aide et ses nombreuses orientations durant la préparation de ce travail et l'examinatrice **Mme YAKOUBI S** qui a accepté d'examiner et de juger ce travail.*

*On tient particulièrement à remercier Mme **LOUCIF SEIAD L** pour son aide dans la réalisation de ce travail*

Je tiens à remercier aussi tous qui m'ont aidé de loin ou de près à Réaliser ce travaille



Dédicace

À l'aide de Dieu tout puissant, qui m'a tracé le chemin de ma vie, J'ai pu réaliser ce travail que je dédie :

*À la lumière de mes yeux, l'ombre de mes pas et le bonheur de ma vie
Ma mère qui m'a apporté son appui durant toutes mes années d'étude,
pour son sacrifice et soutien qui m'ont donnée confiance, courage et
sécurité.*

*À la source de ma volonté à mon chère père qui m'a appris le sens de
la persévérance tout au long de mes études, pour son sacrifice ses
conseils et ses encouragements*

*Je ne cesserais jamais de remercier mon Dieu pour m'avoir donnée
une mère et un père comme vous. Puisse Dieu vous protégés inshallah*

A mes sœurs et leurs enfants

A mon cher frère

*Je ne peux pas oublier de remercier chaleureusement ma binôme
est amie : Noha.*

Ma sublime amie qui nos a pas quitté durant ce travail Ferroudja .

ZAINA

Dédicace

Je remercie le bon dieu de m'avoir donné le courage pour réaliser ce travail et la patience pour aller jusqu'au bout de parcours de mes études

C'est avec un cœur remplie de joie que je dédie ce travail A ma mère et mon père, pour leurs conseils, leurs encouragements et leurs soutiens inconditionnels dans les moments importants de ma vie qui m'ont permis d'atteindre mes objectifs. Aucune dédicace ne saurait être assez expressive pour exprimer ma gratitude pour tous vos sacrifices pour moi. Merci pour tout

A mes deux frère Rafik et Nadir

A ma très chère binôme Zaina avec laquelle j'ai partagé ce travail.

A celle qui a été toujours a nos cotés notre amie Ferroujda

Et pour toute ma famille

NOHA

Liste des abréviations

% : Pourcentage

°C : Degré Celsius

ATCC : Américain Type Culture Collection

DO: Densité optique

E. Coli: Escherichia coli

F.A.O: Food and Agriculture Organisation

FAO : organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture

GM: Gentamycine

h : heure

MH : Mueller Hinton.

min : Minutes

ml : Millilitre

mm : Millimètre

MO : Moringa oleifera

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

OXT : Oxytétracycline

P : Pénicilline

S.Aureus *Staphylococcus aureus*

UFC : Unité formant colonies

µg : Micro gramme

Liste des figures

Figure N°1 : Répartition géographique de <i>Moringa Oleifera</i>	P22
Figure N°2: <i>Moringa Oleifera</i> l'arbre miracle.....	P23
Figure N°3 : Feuilles de <i>Moringa Oleifera</i>	P23
Figure N°4 : Fleurs de <i>Moringa Oléifera</i>	P24
Figure N°5 : Fruit de <i>Moringa Oleifera</i>	P24
Figure N°6 : Graines de <i>Moringa Oleifera</i>	P25
Figure N°7: Racines de <i>Moringa Oleifera</i>	P25
Figure N°8: Structure d'une cellule bactérienne.....	P32
Figure N°9 : Image d'une colonie bactérienne <i>Staphylococcus aureus</i>	P34
Figure N°10 : Image de <i>staphylococcus aureus</i> en forme de grappe de raisin.....	P34
Figure N°11 : Coupe transversale de bactéries <i>Escherichia Coli</i> sous microscopie électronique à transmission.....	P37
Figure N°12 : Illustrations d'une colonie d' <i>Escherichia Coli</i>	P37
Figure N°13: différents mécanismes de résistance aux antibiotiques dans une bactérie Gram négative, adapté	P43
Figure N° 14: Poudre des extraits de <i>Moringa Oléifera</i>	P46
Figure N°15 : Milieux de culture.....	P47
Figure N° 16: Etapes de l'extraction des composés bioactifs des feuilles et des graines de <i>Moringa Oleifera</i>	P49
Figure N°17: Méthode des disques extrait-antibiotiques par diffusion sur gélos...P52	
Figure N° 18: Série de dilution des extraits de <i>Moringa oleifera</i> graines(a), dilution feuilles (b).....	P53
Figure N°19: Méthode des disques dilution d'extrait par diffusion sur gélose.....	P54

Figure N° 20: Histogramme des valeurs de rendements des extraits végétaux.....	P55
Figure N°21: Histogramme montrant les valeurs d'extrait feuille sur les deux souches	P57
Figure N°22: Histogramme montrant les valeurs d'extrait graines sur les deux souches.....	P59
Figure N° 23: Histogramme comparatifs de deux extraits sur les deux souches étudiés.....	P60
Figure N°24 : Histogramme présentant l'activité bactérienne des dilutions d'extrait feuille de Moringa.O sur E. Coli et S.Aureus.....	P61
Figure N°25 : Histogramme présent la dilution d'extrait de graines.....	P62
Figure N°26 : Histogramme comparatifs entre les deux extraits dilués.....	P63
Figure N°27 : Effets des extrais dilués sur staphylococcus. Aures	P64
Figure N°28 : Effets des extraits dilués sur <i>Escherichia coli</i>	P64
Figure N°29: Résultats de l'activité antibactérienne extrait-antibiotiques de feuilles de Moringa Oleifera.....	P65
Figure N°30 : Résultats de l'activité antibactérienne extrait-antibiotiques de graines de Moringa Oleifera.....	P66
Figure N° 31: histogramme comparatifs extraits-antibiotiques des extraits de Moringa Oleifera.....	P67
Figure N°32: Effets des extrait-antibiotiques de Moringa Oleifera sur Staphylococcus, aureus.....	P68
Figure N°33: Effets des extrait-antibiotiques de Moringa Oleifera sur sur <i>Escherichia coli</i>	P68

Liste des tableaux

Tableau N°1: Quelques maladies véhiculées par l'eau et ses agent.....	P8
Tableau N°2 : Avantages et inconvénients des ultraviolets.....	P16
Tableau N°3 : Avantages et inconvénients de la désinfection par l'ozone.....	P16
Tableau N°4 : Avantages et inconvénients de la désinfection par le permanganate de potassium.....	P17
Tableau N°5 : Avantages et inconvénients du chlore.....	P18
Tableau N°6 : Répartitions de quatre espèces de Moringa selon le type folioles...	P20
Tableau N°7 : Répartition de six espèces de Moringa selon la section.....	P20
Tableau N°8: Répartition de trois espèces de Moringa selon le type de l'écorce...	P21
Tableau N°9 : Classification systématique de la plante <i>Moringa Oleifera</i>	P22
Tableau N°10 : Composition globale des graines de Moringa oleifera.....	P26
Tableau N°11: Composition en éléments nutritifs des fleurs de Moringa oleifera.....	P26
Tableau N°12 : Composition moyenne des feuilles de <i>Moringa oleifera</i>	P27
Tableau N°13 : Comparatif du contenu nutritionnel des feuilles de <i>Moringa</i> avec d'autres plantes.....	P28
Tableau N°14 : Taxonomie de <i>Staphylococcus aureus</i>	P33
Tableau N°15: Taxonomie d' <i>Escherichia Coli</i>	P36
Tableau N°16 : Mode d'action des antibiotiques.....	P41
Tableau N°17 : Différents mécanismes de la résistance bactérienne et leur conséquence.....	P44
Tableau°18 : Matériel et produits utilisés.....	P45
Tableau N°19: Nature et l'origine de différentes souches pathogènes utilisées....	P47
Tableau N°20: Antibiotiques utilisés.....	P48

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Sommaire

Introduction **1**

Chapitre I : Eau, Pollution et Traitement

I. Généralité sur l'eau	3
I.1. Définition	3
I.3. Sources d'approvisionnement en eau potable	3
I.3.1. Sources d'approvisionnement conventionnelles.....	3
a. Eaux superficielles.....	3
b. Eaux souterraines	4
I.3.2. Sources d'approvisionnement non conventionnelles.....	4
a. Eaux de mers	4
b. Eaux usées	4
I.4. Caractéristiques de l'eau potable	4
I.4.1. Paramètres organoleptiques	4
a. Couleur	4
b. Odeur et Saveur	4
I.4.2. Caractéristiques physicochimiques	5
a. Température	5
b. pH	5
c. Turbidité	5
d. Conductivité	5
e. Minéraux de l'eau	5
I.4.3. Caractéristiques biologiques	6
Principaux germes recherchés dans l'eau.....	6
a. Coliformes	6
b. Streptocoque fécaux	6
c. Clostridium sulfito-réducteur	6
d. Bactéries pathogènes	6
I.5. Normes de potabilités	7

Sommaire

I.6. Eau et Santé.....	7
II. Pollution.....	8
II.1. Définition de la pollution de l'eau	9
II.2. Origine de la pollution	9
II.2.1. Pollution industrielle.....	9
II.2.3. Pollution naturelle	9
II.2.3. Pollution agricole.....	9
II .2.4. Pollution domestique ou urbaine	10
II .3. Types de pollution des eaux	10
II .3.1. Pollution chimique.....	10
II.3.2. Pollution physique	10
II .3.3. Pollution microbiologique	11
II.3.4. Pollution organique.....	11
II.4. Effets de la pollution de l'eau	11
II.4.1. Effets sur la santé de l'homme.....	11
II.4.2. Effets sur l'environnement	12
III. Techniques de traitement de l'eau.....	12
III.1. Traitement physiques	12
III.2. Traitements chimiques	12
III.3. Traitements physicochimiques	13
III.3.1. Coagulation –floculation	13
III.3.2. Techniques membranaire	13
III.3.3. Echange d'ions	13
III.3.4. Adsorption.....	13
III.4. Traitements biologiques	13
III.4.1. Types de traitement biologiques	14
a. Traitements anaérobies	14
b. Traitements aérobies	14
III.5. Traitement de désinfection	14
III.5.1. Choix de désinfectant	15
III.5.2. Mode d'action du désinfectant	15
III.5.3. Procédés de désinfection	15
III.5.3.1. Désinfection physique	15
III.5.3.2. Désinfection chimique.....	16

Sommaire

a. Ozonation	16
b. Désinfection par le permanganate de potassium	17
c. La désinfection par le chlore	17

Chapitre II : Généralité sur Moringa Oleifera

I. Historique.....	19
Différentes espèces de M.Oleifera.....	19
II. Origine et répartition géographique.....	21
III. Présentation de la plante.....	22
IV. Description botanique de la plante.....	22
IV.1.Systématique et nomenclature	22
IV.2. Caractères morphologiques	23
a. L'arbre.....	23
b. Les feuilles	23
c. Les fleurs.....	24
d. Le fruit.....	24
e. Les graines	25
f. Les racines	25
V. Composition de différentes parties du Moringa	26
V.1. Composition des graines	26
V.2. Composition des Fleurs	26
V.3. Composition des feuilles	27
VI. Valeur nutritionnelle	28
V. Intérêts d'utilisation de Moringa Oleifera	28
V.1. Intérêt nutritionnel	28
V.2. Intérêt médicinales	29
V.3. Alimentation animal	29
V.4. Cosmétiques et produits de beauté	30
V.5. Intérêt économiques	30
V.6. Intérêt dans le traitement de l'eau (clarification)	30

Chapitre III : Généralités sur les souches étudiés et les antibiotiques

I. Généralité sur les bactéries	32
Structure	32
III. Morphologie de la cellule bactérienne	32
IV.1. Staphylococcus aureus	33

Sommaire

IV.1.1. Historique.....	33
IV.1.2. Classification	33
IV.1.3. Description.....	34
IV.1.4. Habitat	34
IV.1.5. Caractères bactériologiques	35
a. Caractère Morphologie	35
b. Caractères Biochimiques	35
c. Caractères culturels	35
IV.1.6. Sources de contaminations.....	35
IV.1.7. Pouvoir pathogène	36
IV.2. Escherichia. Coli	36
IV.2.1. Historique.....	36
IV.2.2. Classification.....	36
IV.2.3. Description.....	37
IV.2.5. Caractères bactériologiques	38
a. Caractère morphologique	38
b. Caractère biochimique.....	38
c. Caractères culturels	38
IV.2.6. Sources de contamination	38
IV.2.7. Pouvoir pathogène.....	38
V. Généralités sur les antibiotiques	39
V.1. Définition.....	39
V.2. Type d'antibiotiques	39
a. Origine naturelle	39
b. Origine synthétique	39
V.3. Critères de classification	40
V.4. Mode d'action.....	40
a. Agissant sur les enveloppes bactériennes.....	40
b. Agissant sur la synthèse des protéines	40
c. Agissant sur la synthèse et la fonction de l'acide nucléique	40
d. Agissant sur le métabolisme bactérien	40
V.5. Résistance aux antibiotiques	41
V.5.1. Définition de la résistance bactérienne.....	42
V.5.2. Origine de la résistance	42

Sommaire

a. La résistance naturelle	42
b. La résistance acquise	42
V.5.3. Cause de résistance	42
V.5.4. Mécanismes de résistance	42
a. Principaux mécanismes de résistance	43

Chapitre IV : Matériels et méthodes

I. Objectif de l'étude	45
II. Lieu et durée de stage	45
III. Matériel et Méthodes	46
III.1. Matériel	46
III.2. Matières végétale	46
III.3. Souches bactériennes	46
III.4. Milieux de cultures utilisées	47
III.5. Antibiotiques utilisés	48
III.6. Extraction des composés bioactifs	48
III.2. Rendement d'extraction	49
III.3. Étude de l'activité antibactérienne des extraits de Moringa Oléifera (graines et feuilles). 50	
III .3.1. Antibiogramme	50
La technique	50
Milieu utilisé	50
Préparation de l'inoculum bactérien	50
Ensemencement	50
Dépôt des disques	51
Lecture des résultats	51
III.3.2. Test de la sensibilité (extraits /antibiotiques)	51
Mode opératoire	51
III.3.3. Test de la sensibilité avec les dilutions des extraits	52

Chapitre V : Résultats et discussion

I. Résultats et Discussion	55
I.1. Détermination des rendements d'extraction	55
II. Activité antibactériennes des extraits bruts de Moringa Oleifera sur les deux souches	56
II.1. Activité antibactériennes des extraits de feuilles	56
II.2. Activité antibactérienne des extraits de graines	58
II.3. Comparaison entre les résultats d'extrait de feuilles et extrait de graines	59

Sommaire

III. Activité antibactérienne des extraits dilués des extraits de Moringa Oleifera	60
III.1. Activité antibactérienne d'extrait diluée de feuille de Moringa Oleifera.....	60
III.2. Activité antibactérienne d'extrait diluée de graines de Moringa Oleifera	61
III.3.Comparaison entre les résultats des extraits dilués de feuilles et de graines de Moringa Oleifera	62
IV. Association des antibiotiques avec l'extrait brute de Moringa Oleifera	63
IV.1.Association extrait-antibiotiques de feuilles	63
IV.2.Association extrait –antibiotiques de graines.....	64
IV.3.Comparaison entre les résultats de l'association extraits-antibiotiques de Moringa Oleifera	65
<i>Conclusion</i>	68

Références bibliographiques

Annexes

Résumé

Sommaire



Introduction générale

« *L'eau n'est pas un bien marchand comme les autres mais un patrimoine qu'il faut protéger, défendre et traiter comme tel.* »

Directive Cadre européenne sur l'Eau, 2000.

Depuis toujours l'eau, matière indispensable à la vie, est indissociable de l'activité humaine. Elle constitue une réelle menace pour l'environnement et la survie sur terre.

La pollution des eaux est due essentiellement aux activités humaines, accidentellement et/ou volontairement, par certains produits chimiques d'origine industrielle (hydrocarbures, métaux lourds, colorants,...), agricole (pesticides, engrais,...) ou urbains (**Teofilović, 2013**).

Pour son bien-être, l'homme a appris à maîtriser l'eau, mais en même temps, il la rend impropre et polluée. En effet, l'eau est un élément fragile, qui est facilement dénaturée par la pollution. Polluée, elle devient dans ce cas, une menace pour la vie et un obstacle pour la santé et le progrès des populations, De ce fait, le traitement des eaux est nécessaire afin de garantir la qualité d'eau répondre aux besoins humains et éviter la dégradation des équilibres écologiques (**Lassouaoui N et Kitous L, 2017**)

De nombreuses méthodes ont été développées pour le traitement des eaux polluées par des plantes médicinales. Actuellement, il y a eu un intérêt croissant pour l'étude des plantes médicinales et leur utilisation traditionnelle dans différentes régions du monde (**Muthu et al, 2006**).

Parmi ces plantes '*Moringa oleifera (Moringaceae)*' est utilisée pour ses différentes propriétés médicinales, nutritionnelles, et industriels, est un arbre tropical originaire d'Asie, est aujourd'hui largement répandu sur le continent africain (**Kokou et al, 2001**). Les nombreuses propriétés valorisables de cette plante en font un sujet d'étude très intéressant (**Foidl et al, 2001**). De plus, ces graines et ces feuilles peuvent être utilisées pour la clarification et la purification des eaux usées (**Louni, 2009**).

Introduction

Le but global de notre étude est de réaliser une contribution à une étude qui s'intéresse à traiter une eau contaminée par des molécules bioactives de la plante *Moringa Oléifera*.

Notre étude a été réalisée au niveau du Laboratoire science agronomique de l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou et au département de chimie, faculté des sciences, de l'université de Boumerdes (UVBB).

Les objectifs de cette étude visés sont les suivants:

- Préparation des extraits végétaux par extraction à l'éthanol à partir des feuilles et des graines de *Moringa oleifera*.
- Effet antibactérien des molécules bioactives de *Moringa oleifera* dans le domaine de traitement des eaux.

A cet effet notre travail comporte 2 parties :

✓ Première partie : Revue bibliographique incluant trois chapitres :

- le premier chapitre rassemble quelques généralités sur l'eau et comment la traiter.
- le deuxième donne un aperçu général sur *Moringa oléifera* et ses utilisations.
- le troisième renferme des généralités concernant les souches étudiées et les antibiotiques.

✓ Deuxième partie : Etude expérimentale divisée en deux chapitres :

- Le premier chapitre intitulé matériel et méthodes utilisé, le protocole expérimental et les différentes techniques d'analyse.
- Le deuxième chapitre comporte les résultats obtenus et la discussion de ces derniers

Enfin nous terminons par une conclusion générale résumant les différents résultats et quelques recommandations.

Chapitre I

Eau, Pollution et traitement

I. Généralité sur l'eau

I.1. Définition

L'eau féminine du latin *aqua*, est un corps incolore, inodore, insipide, liquide à la température ordinaire. L'eau est considérée par les anciens comme l'un des quatre éléments de base avec le feu, l'air et la terre. Elle est le substrat fondamental des activités biologiques et le constituant le plus important des êtres vivants (70% de leurs poids en moyenne) (**Bengarnia B, 2016**).

L'eau est l'élément vital pour la vie, C'est un excellent solvant entrant dans la composition de la majorité des organismes vivants (**Bernard, 2007**). Elle se rencontre dans l'écosphère sous trois états : solide, liquide, et gazeux dépendant des conditions particulières de température et de pression (**Aissaoui A, 2013**).

La valeur de l'eau est inestimable, sa protection et sa gestion sont indispensables à la survie de l'humanité, du règne animal et végétal (**Roux M, 1987**).

I.2. Définition de l'eau potable

L'eau potable est une eau qui doit être exempte de microorganismes pathogènes et de substances toxiques en vue de la préserver, contenir une certaine quantité de sels minéraux et de microorganismes saprophytes. Elle doit par ailleurs être limpide, incolore et ne présente aucun goût ni odeur désagréable (**O.M.S, 1986**).

I.3. Sources d'approvisionnement en eau potable

Les ressources en eau sur terre, sont classées en deux grands groupes : Les ressources en eau conventionnelles et les ressources en eau non conventionnelles, cela est dû au climat et la structure du sol (**Vilaginés2000**).

I.3.1. Sources d'approvisionnement conventionnelles

Les sources d'approvisionnement conventionnelles comprennent les eaux superficielles et les eaux souterraines :

a. Eaux superficielles

Les principales sources d'eau potable sont les eaux de surface. Ces eaux s'avèrent souvent impropres à la consommation en raison de la pollution générée par nos activités urbaines, industrielles et agricoles. En effet, la qualité des eaux de surface varie selon les régions et les périodes de l'année. La nature et l'intensité des activités ne permettent pas toujours aux cours d'eau de diluer ou de neutraliser la pollution à un niveau acceptable, si bien que l'eau ne peut pas être utilisée pour la consommation (**Idres S, 2020**).

b. Eaux souterraines

Ce sont les plus potables, souvent de meilleure qualité du moins celles provenant de puits profonds. Cependant, les eaux d'infiltration qui alimentent les nappes souterraines se chargent de matière organique en traversant les couches supérieures des sols et s'enrichissent en sels minéraux provenant de terrains rencontrés sur leurs parcours (**Vilagines-R, 2000**).

I.3.2. Sources d'approvisionnement non conventionnelles**a. Eaux de mers**

La mer s'étend sur 71% environ de la surface du globe. L'hémisphère sud est le principal réservoir d'eau de mer. Dans l'hémisphère nord on trouve plusieurs mers salées (mer Méditerranée, mer Baltique...) qui communiquent pour certaines avec l'océan. La mer est multicolore, car elle reflète les différentes teintes du ciel (**Moulin, 2004**).

b. Eaux usées

Les eaux usées sont toutes les eaux des activités domestiques, agricoles et industrielles chargées en substances toxiques qui parviennent dans les canalisations d'assainissement. Les eaux usées englobent également les eaux de pluies et leurs charges polluantes, elles engendrent au milieu récepteur toutes sortes de pollution et de nuisances (**Metahri, 2012**).

I.4. Caractéristiques de l'eau potable**I.4.1. Paramètres organoleptiques****a. Couleur**

Paramètre traduit une nuisance d'ordre esthétique, la coloration des eaux peut avoir une origine naturelle, industrielle chimique, ou biologique. Cet élément va être éliminée pour rendre l'eau agréable à boire, même une fois traitée n'est jamais rigoureusement incolore (si on la compare, par exemple à une eau distillée). Pour l'eau potable, le degré de couleur maximale acceptable est de 15 UC (Unité de couleur) à partir duquel le consommateur peut percevoir la coloration de l'eau dans un verre d'eau. (**Dahel, 2009**).

b. Odeur et Saveur

Le goût peut être défini comme l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçue lors de la boisson est dans la bouche. La saveur peut être définie, comme l'ensemble des sensations perçues à la suite de la Stimulation par certaines substances solubles des bourgeons gustatifs (**Rodier, 2005**).

I.4.2. Caractéristiques physicochimiques

a. Température

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision, en effet celle-ci joue un rôle dans la solubilisation des sels minéraux et des gaz particuliers dans la détermination du pH et elle influe sur la solubilité de l'oxygène dans l'eau et la cinétique des réactions biochimiques, par conséquent la température influe également sur le pouvoir auto-épuration des cours d'eaux (**Degremont , 2005**).

b. pH

Le pH d'une eau représente son acidité ou son alcalinité, C'est le paramètre le plus important de la qualité de l'eau, il doit être surveillé au cours de toute opération de traitement. Les législations Algériennes et européennes précisent pour l'eau destinée à la consommation humaine un pH moyennement neutre comme niveau guide $6,5 < \text{pH} < 8,5$ (**Jora, 2011**).

c. Turbidité

La turbidité d'une eau représente l'opacité d'un milieu trouble. Autrement dit, c'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières non dissoutes, notamment colloïdales, argiles, limons, grains de silice, matières organiques. L'appréciation de l'abondance de ces matières mesure son degré de turbidité. Celui-ci sera d'autant plus faible que le traitement de l'eau aura été plus efficace. Donc Pour la sécurité du consommateur, l'eau destinée à la consommation doit présenter une turbidité inférieure à 5 NTU (**Rejsek, 2002; Rodier, 2009**).

d. Conductivité

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques 1 cm^2 de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm. Elle est l'inverse de la résistivité électrique (**Rodier, 2009**). Elle augmente avec la teneur en sels dissous et elle dépend aussi de la température. On l'exprime usuellement en micro siemens par centimètre ($\mu\text{S} / \text{cm}$) (**Selhi et Smail, 2004**).

e. Minéraux de l'eau

La minéralisation de la plupart des eaux est dominée par huit ions appelés couramment " Lésions majeurs". On distingue les cations (calcium, magnésium, sodium, potassium) et anions (sulfates, nitrates, nitrites et silice) (**Ait Abdelaziz et Ben Hamlat, 2016**).

I.4.3. Caractéristiques biologiques

La qualité bactériologique d'une eau est évaluée lors des contrôles analytiques réglementaires, par la recherche des bactéries, principalement des germes témoins de contamination fécale. La présence de ces bactéries dans l'eau a pour origine une pollution de la ressource. Les conséquences dépendent de plusieurs facteurs dont l'état général du consommateur, la virulence des micro-organismes, le mode de transmission ainsi que la dose ingérée. Les troubles sont principalement gastro-intestinaux, diarrhée et vomissement (Chouti, W k, 2006).

➤ Principaux germes recherchés dans l'eau

a. Coliformes

Le terme «coliforme» regroupe un certain nombre de souches bactériennes appartenant à la famille des Enterobacteriaceae (Rodier et al. 2005). Ce sont des organismes en forme de bâtonnets, non sporogènes et facultativement anaérobies. Ils comprennent les genres *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Yersinia* et *Serratia*. Les coliformes sont intéressants car un très grand nombre d'entre eux vivent en abondance dans les matières fécales des animaux et, de ce fait, constituent des indicateurs fécaux de première importance (Issaoun M et Taibi M, 2016).

b. Streptocoque fécaux

Ce sont des bactéries sphériques groupées en paires ou en chaînes, Gram positif, catalase négatif et anaérobies facultatives. Ce groupe est divisé en deux sous-groupes : *Enterococcus* et *Streptococcus*. Ce sont les streptocoques possédant une substance antigénique caractéristique du groupe D de Lancefield. (Rodier, 2005).

c. Clostridium sulfito-réducteur

Ce sont des bactéries anaérobies strictes, sporulantes, sulfito-réductrices et considérées comme témoin de pollution fécale. La forme sporulée, beaucoup plus résistante que la forme végétative, permet de déceler une pollution fécale ancienne, sont pratiquement toujours présents dans les rivières et le sol. Leur absence dans une nappe sous-jacente, et surtout l'absence de leurs spores, constituent un bon signe de l'efficacité de filtration naturelle (Idris S, 2020)

d. Bactéries pathogènes

Les bactéries pathogènes jouent le rôle de signal d'alarme. En fait, seules les *Salmonella* et les *Shigella* sont des bactéries fréquemment recherchées, en dehors de cas d'épidémies. Ces dernières années cependant, une certaine importance a été attribuée aux *Yersinia*,

Campylobacter, Pseudomonas aeruginosa, Staphylococcus aureus, Legionella pneumophila, Aeromonas hydrophila, Vibrio cholerae (**Berrouane N et khoumeri M, 2018**).

I.5. Normes de potabilités

D'après le code algérien des eaux du 16/07/1983 dans son article 57 chapitre 1, une eau est dite potable lorsqu'elle n'est pas susceptible de porter atteinte à la santé de ceux qui la consomment. Elle ne doit pas contenir de substances chimiques en quantité nuisible à la santé publique ni de germes pathogènes. Elle doit être inodore, incolore et agréable à boire.

En général on adopte les normes de l'O.M.S, ces normes sont assez tolérantes vis-à-vis de certains critères. Les plus utilisés sont les critères physico-chimiques et les critères toxicologiques. Il importe à chaque pays, d'établir sa propre législation, en fonction des critères locaux et du degré de son développement. Les standards référence dans ce domaine diffèrent donc, selon les époques et les pays.

Les normes de qualité d'une eau potable sont données :

- Selon les normes algériennes relatives à la qualité de l'eau de consommation humaine (décret exécutif n° 11-125 JO N°18 du 23mars 2011).
- Selon les valeurs guide de l'O.M.S en 2006.

I.6. Eau et Santé

Une bonne eau est nécessaire à la santé et indispensable à notre organisme. Collaborateur de santé par excellence (**Fercha Cha et Debchi M 2018**). L'eau constitue un facteur principal contribuant au développement des maladies à transmission hydrique (Tableau N°1) provoquant des fléaux sanitaires dans le monde en développement. Les services de santé identifient cinq catégories de maladies d'origine hydrique (**ONU, 1992 ; Rogers, 1992 ; Pnue, 1991**) :

- 1) maladies transmises par l'eau (typhoïde, choléra, dysenterie, gastroentérite et hépatite infectieuse).
- 2) infections de la peau et des yeux (trachome, gale, pian, lèpre, conjonctivite et ulcères).
- 3) parasitoses (bilharziose et dracunculose).
- 4) maladies dues à des insectes vecteurs comme les moustiques et les mouches.
- 5) infections dues au manque d'hygiène (tarnaises).

On estime que 25 000 personnes meurent chaque jour du fait de ces maladies.

Tableau N°1: Quelques maladies véhiculées par l'eau et ses agents (Berrouane N et khoumeri M, 2018).

Maladies	Agents pathogènes
D'origine bactérienne La typhoïde et la paratyphoïde la dysenterie bacillaire le choléra la Gastro-entérite aiguë et la diarrhée	Salmonelle typhique Salmonelle paratyphique A et B Shigella SP Vibrio cholerae Escherichiacoli, Enterotoxique Campylobacter Yersinia enterocolitica Salmonelle Shigella SP
D'origine virale L'hépatite A et F La polio la Gastro-entérite aiguë et chronique	Virus de l'hépatite A et E Virus de la poliomyélite Virus Norwalk Entérovirus Rotavirus Adénovirus
D'origine parasitaire Dysenterie amibienne Parasite gastro-entérite	Entamoeba histolytica Giardia lamblia Cryptosporidium

II. Pollution

La pollution est toute modification anthropogénique d'un écosystème se traduisant par un changement et de concentration des constituants des substances chimiques artificielles, d'une perturbation du flux de l'énergie, de l'intensité des rayonnements, de la circulation de matière ou encore de l'introduction d'espèces exotique dans une biocénose naturelle (**Ramade F, 2005**).

Une pollution peut se définir comme une dégradation ou une perturbation du milieu, qui résulte en général de l'apport de matières ou de substances exogènes. Ses effets peuvent être modificateurs ou destructeur vis-à-vis du fonctionnement du milieu, selon la nature ou la quantité de polluant (**Genin et al. 2003**).

II.1. Définition de la pollution de l'eau

La pollution ou la contamination de l'eau peut être définie comme étant la dégradation ses propriétés physique, chimique et biologique ; par des déversements, rejets, dépôts directs ou indirects de corps étrangers ou de matières indésirables telles que les microorganismes, les produits toxiques, les déchets industriels (**Tekfi k, 2006**).

Donc on dit que l'eau est polluée, lorsque sa composition ou son état est directement ou indirectement modifié par l'action de l'homme (**Hamdad B et Rahem A, 2015**).

II.2. Origine de la pollution

II.2.1. Pollution industrielle

Provenant des usines, elle est caractérisée par une grande diversité, suivant l'utilisation de l'eau (process) ; tous les produits ou sous-produits de l'activité humaine se retrouvent ainsi dans l'eau, qui est un bon solvant (**A. Ben Mehraz, 2016**):

- Matières organiques et graisses (industries agro-alimentaire, équarrissages....)
- Hydrocarbures (raffineries)
- Métaux (traitement de surface, métallurgie)
- Acides, bases, produits chimiques divers (industries chimiques, tanneries...)
- Eau chaude (circuit de refroidissement des centrales thermiques)

Matières radioactives (centrales nucléaires, traitement des déchets radioactifs)

II.2.3 Pollution naturelle

Certains phénomènes naturels peuvent causer une pollution de l'eau, par exemple, le contact de l'eau avec les gisements minéraux peut, par érosion ou dissolution, engendrer des concentrations inhabituelles en métaux lourds...Des irrptions volcaniques, peuvent aussi être à l'origine de la pollution .Cette dernière résulte aussi de l'eutrophisation (**Beauchamps, 2006**).

II.2.3 Pollution agricole

Les pollutions d'origine agricole englobent à la fois celles qui ont trait aux cultures (pesticide et engrais) et à l'élevage (lisier et purins). Le problème de la pollution agricole est un peu différent, dans la mesure où cette source de pollution n'arrive qu'indirectement à la station. C'est le cas en particulier des engrais et pesticides qui passent d'abord à travers les milieux naturels (nappes phréatiques, rivières...) (**Graini L, 2011**).

II .2.4 Pollution domestique ou urbaine

Selon **Mizi (2006)**, la pollution d'origine urbaine provient des différents usages domestiques de l'eau. Les eaux sont essentiellement porteuses de pollution organique. Elles se répartissent en :

a. 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.

b. Eaux "vanne" qui ont pour origine les toilettes, sont chargées de diverses matières organiques azotées et de germes fécaux, constituant un substrat équilibré pour le développement des bactéries.

II .3. Types de pollution des eaux

II .3.1. Pollution chimique

La pollution chimique de l'eau est due essentiellement aux déversements des polluants organiques et des sels de métaux lourds par les unités industrielles. L'enrichissement des sols pour intensifier l'agriculture, par diverses catégories d'engrais et de pesticides, est également à l'origine de la pollution chimique des sources et des nappes souterraines (**Bouziati M, 2000**). On distingue deux types de polluants :

✚ **Organique** (hydrocarbures, pesticides, détergents..).

✚ **Minérale** (métaux lourds, cyanure, azote, phosphore...).

II.3.2. Pollution physique

Elle est essentiellement industrielle, secondairement domestique, on peut distinguer trois types de polluants ayant un caractère physique : les polluants mécaniques, thermiques et atomiques (**Arouya K, 2011**) :

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

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

✚ **Pollution radioactive** : liée aux rejets des éléments radioactifs par les installations et les centrales nucléaires ainsi que les usines de traitement de déchets radioactifs.

II .3.3. Pollution microbiologique

La pollution microbiologique résulte de la présence dans l'eau de microorganismes qui sont véhiculés par l'eau et sont responsables de beaucoup de maladies hydriques. L'eau peut être un milieu favorable aux développements des bactéries et virus nuisibles à la santé humaine des populations qui l'utilisent pour leurs besoins. Les bactéries pathogènes (*Vibrionacea*, *Enterobacteriaceae*, etc...) sont responsables des principales maladies hydriques. Les parasites sont eux aussi la cause de plusieurs autres maladies (hépatite infectieuse, méningite, etc.) (Moussa H et ,2019).

II.3.4. Pollution organique

Cette forme de pollution constitue la fraction la plus importante. En effet, elle résulte de l'introduction dans le milieu de substances organiques provenant de diverses activités: industrielles (hydrocarbures), agricoles (engrais azotés et phosphatés) et domestiques (phosphates, matières fermentescibles).

La pollution organique de l'eau provenant des eaux domestiques et des industries agroalimentaires provoque une surconsommation de l'oxygène nécessaire à la dégradation de la matière organique et peut entraîner par conséquent la mort de la vie aquatique. Il comprend essentiellement des composés biodégradables. Ces composés sont de diverses origines (Illal A et Cherfaoui S ; 2018).

II.4. Effets de la pollution de l'eau

De nos jours, le problème de pollution de l'eau constitue un danger de plus en plus important dans le monde et engendre de graves conséquences sur l'homme et son habitat.

II.4.1. Effets sur la santé de l'homme

✓ Effets indirects

Certaines substances ingérées par les êtres vivants se concentrent dans les tissus par bioaccumulation, puis se transfèrent au long de la chaîne trophique, avec l'augmentation de sa concentration d'un niveau à un autre (bioamplification), jusqu'à arriver à l'homme qui se situe au sommet de la chaîne trophique. Il est affecté par ces substances toxiques ce qui provoque des intoxications aiguës ou chroniques et parfois mortelles (Amichi Z et Amiri, 2020).

✓ Effets directs

Peut se manifester par la consommation directe de cette eau, qui contient des organismes pathogènes (bactéries, protozoaires, virus...), et donc provoquent des maladies qui s'appellent maladies à transmissions hydriques (MTH) (Bessalem Z et Hassani S, 2020).

II.4.2. Effets sur l'environnement

La pollution des eaux conduit à des altérations physico-chimiques des biotopes. Il en résulte des bouleversements biocénotiques qui transforment entièrement la structure de la communauté vivante. **Selon Ramade (2000)**, l'impact des eaux usées sur la faune se manifeste par la diminution de la diversité spécifique, le polluant élimine un nombre important d'espèces, tandis que les espèces tolérantes à la pollution se mettent à pulluler. L'impact des polluants hydriques sur la flore est différent d'une espèce à une autre. Les espèces végétales les plus sensibles sont caractérisées par un taux de mortalité très élevé dès le contact avec des polluants (il s'agit surtout d'espèces bio-indicatrices de pollution) **(Ramade, 1992)**.

III. Techniques de traitement de l'eau

Le terme « traitement d'eau » englobe à la fois l'épuration des eaux de rejets et la purification de l'eau pour la rendre propre à la consommation humaine. Un procédé de traitement est choisi en fonction de la nature et de l'origine de la pollution visée, autrement dit des propriétés physico-chimiques des polluants contenus dans l'effluent traité et de leur concentration **(Aryal, 2008)**.

Les principales techniques mises en œuvre en traitement des eaux sont de nature physique, chimique, physico-chimique ou biologique **(Abouzlam, 2014)**.

III.1. Traitement physiques

Les traitements physiques utilisent des techniques séparatives pour séparer les polluants de l'eau à traiter. Ils sont efficaces pour éliminer les solides en suspension, les liquides non miscibles et les polluants organiques dissous. Nous pouvons citer comme exemple la décantation, la sédimentation, la floculation, la filtration (sur sable ou sur membranes), la flottation, l'extraction, et l'adsorption **(hadj Larbi F et Rahem I 2015)**.

III.2. Traitements chimiques

L'oxydation : intervient à différents niveaux dans le traitement des eaux. Dans le but de dégrader des composés soit toxiques, soit peu ou pas biodégradables les oxydants chimiques les plus couramment utilisés sont le chlore, l'ozone, le dioxyde de chlore et le permanganate **(Abouzlam, 2014)**.

III.3. Traitements physicochimiques

III.3.1. Coagulation -floculation

La coagulation-floculation est une opération physico-chimique visant à déstabiliser et agglomérer les particules colloïdales existantes dans l'eau par accélération de la vitesse de la décantation (**Hadj larbi F et Rahem I ,2015**).

III.3.2. Techniques membranaire

Les procédés membranaires sont des techniques de séparation par perméation à travers une membrane, sous l'action d'un gradient de pression. La séparation se fait en fonction des tailles moléculaires des composés, mais aussi de leur forme, leur structure, leur polarisabilité, leur solubilité, de la présence de co-solutés, du matériau et de la configuration de la membrane, des paramètres opératoires, des phénomènes de colmatage, etc.... Les techniques membranaires regroupent la microfiltration, l'ultrafiltration, la nanofiltration et l'osmose inverse (**Chahmi Gheidene S et Tighezi Kh, 2017**).

III.3.3. Echange d'ions

Est le procédé au moyen duquel les ions l'une certaine charge (positive ou négative) contenus dans une solution sont éliminés et remplacés par une quantité équivalente d'autre ion de même charge émis par un solide.

L'échange d'ions est utilisé généralement pour éliminer les composés indésirables d'une solution sans en changer la concentration ionique totale ou le pH. Son avantage majeur, un peu controversé, réside dans la possibilité de régénérer l'échangeur d'ions. Mais le coût élevé des solvants utilisés pour la régénération est dissuasif (**Slokar et Le Marechal, 1998**).

III.3.4. Adsorption

L'adsorption est définie comme étant un enrichissement d'un constituant ou l'augmentation de la densité d'un fluide (liquide ou gaz) au voisinage d'une interface. Le solide sur lequel l'adsorption a lieu est appelé adsorbant et le fluide qui va s'adsorber l'adsorbat. L'adsorption est un phénomène physico-chimique qui se traduit par une modification de concentration à l'interface de surface de deux phases non miscibles (**Djidjel T ; 2011**).

III.4. Traitements biologiques

Les traitements biologiques réalisent la dégradation de contaminants par des microorganismes et comprennent notamment les procédés anaérobies et aérobies (boue activée, lagunage, lit bactérien) (**Ayral, 2009**). C'est la technique la plus importante, contrairement aux premières où la pollution est uniquement accumulée (**Hadj larbi F et Rahem I ; 2015**).

Les traitements secondaires également appelés traitements biologiques visent à dégrader la matière organique biodégradable contenue dans l'eau à traiter. Des microorganismes mis en contact avec l'eau polluée assimilent la matière organique qui, leur sert de substrat de croissance. L'ensemble de la pollution avec les microorganismes vivants forme la liqueur mixte ou boue biologique contenue dans des bassins de traitement biologique. En règle générale, l'élimination complète de la pollution organique de ces bassins se déroule en conditions aérées par des souches aérobies strictes ou facultatives. Plusieurs procédés existent à ce stade du traitement biologique en suspension ou procédés à boues activées, les procédés à culture fixée (disques biologiques rotatifs, lits bactériens, etc.), les procédés à décantation interne (lagunage), les techniques d'épandage-irrigation, etc... (**Hatem DH ; 2008**).

III.4.1. Types de traitement biologiques

a. Traitements anaérobies

Les traitements anaérobies font appel à des bactéries n'utilisant pas de l'oxygène, C'est une opération délicate qui demande une surveillance importante En effet, la température doit être maintenue à un niveau très stable et suffisamment élevé. Il faut aussi éviter les écarts brutaux de pH et les substances inhibitrices du développement bactérien à titre d'exemple : les sels de métaux lourds et les phénols (**Poulet, J. B et al, 2014**).

b. Traitements aérobies

Les micro-organismes utilisés exigent un apport permanent d'oxygène. On distingue cinq méthodes essentielles) (**Djoudi R ,2019**):

- 1) Les cultures fixes (lits bactériens et disques biologiques)
- 2) Les cultures libres (boues activées)
- 3) Le lagunage
- 4) Filtration/percolation
- 5) La filtration par le sol et les plantes (filtres plantés)

III.5.Traitement de désinfection

La désinfection est une étape essentielle de la filière de traitement visant à éliminer les micro-organismes pathogènes, bactéries, virus et parasites ainsi que la majorité des germes moins banals et moins résistants. C'est le moyen de fournir une eau bactériologiquement potable, tout en y maintenant un pouvoir désinfectant suffisamment élevé pour éviter les reviviscences bactériennes dans les réseaux de distribution (**Bougrioua M et Rezzoug S ,2012**).

III.5.1. Choix de désinfectant

Le choix est en fonction de critères techniques (désinfection simple ou poussée) et économiques, et doit répondre aux conditions suivantes (**Mous L et Amenouche M, 2018**) :

- Il doit détruire assez rapidement les germes indicateurs de pollution fécale, les germes pathogènes, les virus et les spores quel que soit leur nature et leur quantité.
- Ajouté à l'eau dans des proportions exigées, sans avoir aucun effet toxique.
- Le désinfectant doit être peu onéreux, fiable et facile à manipuler.
- Sa concentration dans l'eau doit être déterminée très facilement et très rapidement avec le maximum de précision.
- Il doit être suffisamment stable dans l'eau afin de conserver dans le temps tout son pouvoir rémanent.
- Il ne doit pas se désagréger très rapidement, ni s'allier à certains composants de l'eau, ce qui risquerait en fin de compte d'engendrer des combinaisons dont l'effet protecteur est réduit ou nul.

III.5.2. Mode d'action du désinfectant

La désinfection implique l'élimination des micro-organismes, l'inactivation des virus pathogènes en altérant leur structure et l'inhibition de leur métabolisme ou de certaines de leurs fonctions vitales (**Jacque-Christian D, 2003**).

La désinfection peut avoir trois actions :

- 1) Inhibition de la croissance des germes.
- 2) Action létale (mortelle) sur les germes et les microbes.
- 3) Prévenir la recolonisation des germes dans l'eau ou dans les réseaux de distribution

III.5.3. Procédés de désinfection

III.5.3.1. Désinfection physique (Désinfection par rayonnement ultraviolet)

La désinfection aux UV est utilisée de plus en plus comme méthode de désinfection sûre, fiable et sans produits chimiques.

L'eau doit être claire, non turbide, non colorée, dépourvue de fer, de colloïdes organiques ou de microorganismes. Ces conditions étant remplies toutes les cellules vivantes actives ou sporulées, atteintes par les UV meurent ou tout au moins ne peuvent plus se reproduire ni agir sur le milieu ambiant. La longueur d'onde germicide est 253,7 nanomètres (nm) le tableau N°2 montre les avantages et les inconvénients des ultraviolets (**Mous L et Amenouche M, 2018**).

Tableau N°2 : Avantages et inconvénients des ultraviolets (Flgrarella & Leyral, 1999).

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> -Très efficace contre les bactéries et virus à faible dosage. -Production minimale de sous-produits de désinfection. 	<ul style="list-style-type: none"> -Les eaux fortement chargées en fer, calcium, phénols, avec une turbidité élevée ne se prête pas au traitement UV. - Effet non rémanent

III.5.3.2. Désinfection chimique

a. Ozonation

La découverte de son pouvoir oxydant germicide dans l'eau, l'ozone est souvent décrit comme solution alternative au chlore pour la désinfection de l'eau.

Le pouvoir oxydant puissant de l'ozone est dû à la grande réactivité de l'oxygène avec divers substances, dont les composés organiques. L'ozone agit principalement sur la guanine et la thymine des acides nucléiques. La mort des microorganismes est rapide et souvent attribuée aux changements de la perméabilité cellulaire suivis d'une lyse cellulaire (Tableau N° 3) (Megdoul k et Ilourmane A, 2016).

Tableau N°3 : Avantages et inconvénients de la désinfection par l'ozone (Heidelberg, 2016)

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> - Il a un potentiel d'oxydation largement supérieur à celui de chlore. - Le temps de contact est bien plus courts. - La dégradation de l'ozone ne donne aucun Résidu. - L'utilisation de l'ozone ne nécessite pas de stockage de produits.. -Il améliore la clarification. 	<ul style="list-style-type: none"> -Le cout des équipements de production d'ozone comparés à d'autres méthodes. -Impossibilité de stocker l'ozone sous forme gazeuse car il se dégrade très vite -La toxicité d'ozone, qui nécessite des mesures de sécurités plus strict. -Grandes consommation d'énergie due à la production d'ozone. -Il a un faible pouvoir rémanent.

b. Désinfection par le permanganate de potassium

Le permanganate de potassium (KMnO_4), il est livré par l'industrie sous forme de poudre cristalline. Alors on doit le préparer en solution.

Il est très soluble dans l'eau et il a un degré d'oxydation puissant, il est très efficace pour l'élimination du manganèse et du fer (**Degrement, 2005**). Le tableau suivant 04 représente les avantages et les inconvénients de permanganate de potassium.

Tableau N°4 : Avantages et inconvénients de la désinfection par le permanganate de potassium (Tourkmani, 2006).

Avantages	Inconvénients
-Il oxyde le manganèse et le fer.	-Il nécessite un temps de contact relativement long.
-Il oxyde les matières responsables des modifications du gout et de l'odeur	-Il donne une couleur rose à l'eau.
-C'est un bon moyen de réduire la formation des THM et autres sous-produits de désinfection.	-C'est un produit toxique.
-Il est efficace contre certains virus	-Certains dangers existent lors de sa préparation.
-Il n'a que peu de conséquences sur les traitements postérieurs.	-Les surdosages ont des conséquences sur la santé humain (jaunisse, pression Arielle)

c. La désinfection par le chlore

Désinfecter l'eau est une priorité pour la santé publique. Le chlore est l'un des rares composés pouvant être utilisé à cette fin et le seul dont l'effet est rémanent. Une petite quantité de chlore protège l'eau des contaminations de façon permanente, depuis la station de production d'eau potable, via le réseau de distribution et jusqu'au robinet. Le chlore, sous forme de chlore gazeux ou d'hypochlorite de sodium, est de loin le biocide le plus ancien et le plus utilisé. Les principaux éléments qui déterminent la bonne désinfection de l'eau sont la précision du dosage en réactif chimique biocide ; ainsi qu'un temps de contact suffisamment long (**Houtmeyers, 2004**).

Le tableau suivant N°5 représente les avantages et les inconvénients de chlore

Tableau N°5 : Avantages et inconvénients du chlore (Davis, Lambert, 2002).

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none">-Il existe sous différentes formes : poudre, granulés, pastilles, liquide et gaz.-il est facilement disponible sous une forme ou une autre et relativement peu coûteux.-Il se dissout facilement dans l'eau.- Il apporte une désinfection résiduelle.- Il est efficace contre de nombreux microorganismes-agents pathogènes.	<ul style="list-style-type: none">-C'est un oxydant puissant qui doit être manipulé avec précaution.-Il faut éviter de respirer les vapeurs de chlore.- Il pénètre difficilement à l'intérieur des sédiments et particules organiques en suspension dans l'eau.-Il peut donner un mauvais goût à l'eau si une dose trop importante est utilisée.-Son efficacité contre certains organismes demande des concentrations plus élevées et des périodes de contact plus longues.

Chapitre II

Généralité sur Moringa Oleifera

I. Historique

Le terme *Moringa* vient de *Muringa* en Malayalam une langue Indienne cet arbre est connu sous diverses appellations selon les régions (210 noms) (Amjad et al, 2015).

En Inde par exemple c'est l'arbre miracle, en anglais on le connaît sous le nom de *Horseradish tree* (découlant du goût d'un condiment préparé à partir de ces racines), ou encore appelé *drumstick tree* (découlant de la forme de ces gousses) ou bien *never die* (veut dire qui ne meurt jamais). Au Soudan, il est nommé *Shagara al Rauwaq* qui signifie l'arbre purificateur (Louni, 2009). En Afrique francophone, le nom le plus répandu est *nébédjay*, nom dérivé de l'Anglais "Never die" dans reflet de la capacité de l'arbre à résister à la sécheresse, croître rapidement à partir de graines ou de boutures, et se régénérer même après la taille la plus sévère. (Fuglie, 2001). *M. Oleifera* est la plante la plus populaire et la plus connue parmi les espèces du genre *Moringa*. L'arbre a des noms différents selon les régions dans lesquelles on le trouve. Dans les pays francophones il est appelé «Mouroungue», «*Moringa ailé*», «ben ailé», «benzolive» et «poisquénique», dans les pays anglophones on le nomme «*Radish Tree*», «*Never die Tree* », «*Drumstick Tree* », «*Horseradish tree*» (Foidl et al. 2001).

Il existe environ 13 espèces dont *M. Oleifera* est la plus connue. (Beth 2005, Foidl et al. 2001).

➤ Différentes espèces de *M.Oleifera*

Les 13 espèces de *M.O* peuvent être regroupées en trois sections selon la conformation de la fleur mais aussi en trois grands groupes morphologiques qui ne correspondent pas parfaitement aux sections mais sont plus pratiques pour l'amateur.

Les tableaux 6,7 et 8 montrent leur répartition en trois grands groupes morphologiques selon (Adanson 1763) :

- **Groupe 1** : correspond aux Arbres pachycaules qui ont un tronc de 0,6-1m de diamètre (section *donaldsonia* : fleurs +/- actinomorphes)

Tableau N°6 : Répartitions de quatre espèces de Moringa selon le type de folioles (Adanson, 1763)

Type de folioles	Nom de l'espèce	Habitats
Folioles ovales allongées et acuminées de 1,5-3cm de long	Moringa Drouhardi	Sud-ouest et sud de Madagascar
Folioles obovées et acuminées de 4,5-7 cm de long	Moringa Hildebrandti	Ouest et sud-ouest de Madagascar
Folioles ovales à base cordée de 2-5 cm de long	Moringa Ovalifolia	Angola et Namibie
Folioles elliptique à ovales de 3,3-6cm de long	Moringa Stenopetala	Ethiopie et Kenya

- **Groupe 2** : correspond aux espèces tubéreuses : plus au mois arborescentes se trouve en Éthiopie, Somalie et Kenya (section Moringa pro parte : fleurs +/- zygomorphes à hypanthium court et Dysmoringa : fleurs +/- zygomorphes à hypanthium long.

Tableau N°7 : Répartition de six espèces de Moringa selon la section (Adanson 1763)

Types de fleurs/ couleurs	Nom de l'espèce	Section
Fleurs zygomorphes crème à jaune	M.ravae/M.arborea/ M.boriziana/M.pygmaea	Section Moringa
Fleurs zygomorphes rouge vif carmin courte	M.ruspoliana	Section Moringa
Fleurs zygomorphes rouge longues et tubulaires	M.longituba	Section dysmoringa

- **Le dernier groupe** et celui des espèces ligneuses : qui sont ni pachycaules ni tubéreuses (section Moringa pro parte : fleurs +/- zygomorphes à hypanthium court,

Tableau N°8: Répartition de trois espèces de Moringa selon le type de l'écorce (Adanson 1763)

Types de l'écorce/arbuste	Nom de l'espèce	Habitats
Arbres à écorce profondément crevassé	<i>Moringa concanensis</i>	Pakistan, Inde, Bangladesh
Arbres à écorce lisse à faiblement crevassée	<i>Moringa oleifera</i>	Inde et les pays tropicaux
Arbuste à feuilles dans les folioles tombe rapidement lui donnant un aspect d'un Tamarix ou un petit casuarina	<i>Moringa peregrina</i>	Autour de la mer rouge et la mer morte au sud de la péninsule arabique à l'est, la come de l'Afrique à l'ouest

II. Origine et répartition géographique

Moringa oleifera est l'espèce la plus cultivée d'une famille monogénérique, les Moringaceae, originaire dans les régions subhimalayennes de l'Inde, du Pakistan, Bangladesh et Afghanistan. Cet arbre à croissance rapide (également connu sous le nom de raifort, pilon, olivier, kelor, marango, mlonge, moonga, mulangay, nébéday, saijhan, sajna ou ben arbre à huile), était utilisé par les anciens Romains, Grecs et Égyptiens; (**Fathey, 2005**).

Moringa oleifera est originaire d'Asie du Sud où elle pousse sur les contreforts de l'Himalaya, du nord-ouest de l'Inde, du Pakistan et de l'Afghanistan (**Mangale, 2012. Atakpama, 2014**). Aujourd'hui, il se retrouve sur trois continents et dans plus de cinquante pays tropicaux et subtropicaux, à saison sèche marquée (figure N°1) (**Leone et al.2016**).

Moringa oleifera est mentionné dans le « ShushrutaSanhita », écrit au début du premier siècle avant J-C, sous le nom de « Shigon ». Mais il semble que la culture de cet arbre en Inde ait en fait été établie il y a plusieurs milliers d'années (**Louni S, 2009**).

Cet Arbuste très résistant à la sécheresse, se retrouve au niveau des zones très arides comme le Sahara ; mais il préfère les climats semi-tropicaux humides. Son introduction en Afrique de l'Est a eu lieu au début du 20ème siècle par le biais du commerce et des échanges maritimes durant cette période (**Foidl et al, 2001**).



Figure N°1 : Répartition géographique de *Moringa oleifera* (boukellal, N et a 2021).

III. Présentation de la plante

C'est une plante colonisatrice d'alluvions récentes et dans ses pays d'adoption, c'est dans les mêmes biotopes, à proximité de cours d'eau et de mares, qu'elle se rencontre. L'arbre pousse très facilement et très rapidement. (FAO, 1982). La plante *Moringa Oleifera* est considérée comme l'un des arbres les plus utiles au monde, elle possède de nombreuses propriétés intéressantes qui lui confèrent un grand intérêt scientifique, elle est décrite comme l'arbre miracle, l'arbre de vie, et le don de Dieu à l'homme (Ijarotomi et al, 2013).

IV. Description botanique de la plante

IV.1. Systématique et nomenclature

La systématique de *M. Oleifera* est représentée dans le tableau N°9 suivant :

Tableau N°9 : Classification systématique de la plante *Moringa Oleifera* (Laleye et al, 2015).

Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheobiophyta
Division	Magnoliophyta
Classe	Mangoliopsida
Sous-classe	Dilleniidae
Ordre	Capparales
Famille	Moringaceae
Genre	<i>Moringa</i>
Espèce	<i>Moringa oleifera</i>

IV.2. Caractères morphologiques

a. L'arbre

Est un arbre pérenne, à croissance rapide, qui peut atteindre 7 à 12 mètres de hauteur (Figure N°2) et dont le tronc 20 à 40 cm de diamètre (Foidl *et al*, 2001). 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. Les branches poussent de manière désorganisée et la canopée est en forme de parasol (Boussoufa N, 2018).



Figure 2: *Moringa Oleifera* l'arbre miracle (Foidl, 2001).

b. Les feuilles

Les feuilles se développent principalement dans la partie terminale des branches. Elles mesurent 20 à 70 cm de long (Figure N°3), 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 (Abderrezak N et Alim A, 2020).

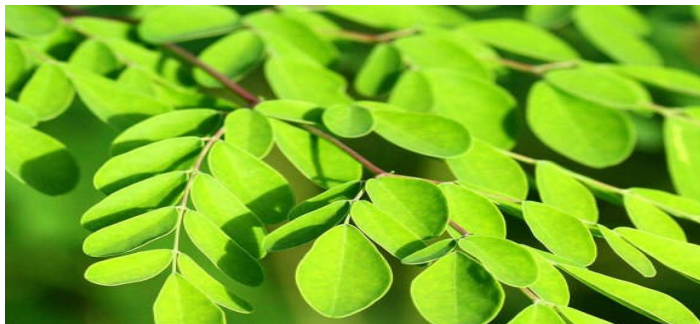


Figure N°3 : Feuilles de *Moringa Oleifera* (Louni S, 2009).

c. Les fleurs

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 (Figure N°4), 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 (*Foidl N. et al ; 2001*).



Figure N°4 : Fleurs de *Moringa Oleifera* (Saint Sauveur et Broin, 2010).

d. Le fruit

Les fruits forment des gousses à trois lobes, mesurant 20 à 60 cm de long, qui pendent des branches (Figure N°5). Lorsqu'ils sont secs, ils s'ouvrent en trois parties. Chaque gousse contient entre 12 et 35 graines. Les graines sont rondes, avec une coque marron semi-perméable (*Louni, 2009*).



Figure N°5 : Fruit de *Moringa Oleifera* (Site web 1).

e. Les graines

Sont globulaires, à trois angles, elles ont un diamètre de 10 à 12 mm, avec une coque marron semi-perméable légèrement boisée (Figure N°6). La coque présente trois ailes latérales blanches qui s'étendent de la base au sommet à 120 degrés d'intervalle, sont de 2 à 2,5 cm de long, de 0,4 à 0,7 cm de large (**Agroconsult Haïti S A, 2016**).



Figure N°6 : Graines de *Moringa Oleifera* (Abderrezak N et al, 2020).

f. Les racines

Les graines de *Moringa* une fois en terre développent une racine blanche gonflée, tubéreuse (Figure N°7) qui a une odeur piquante caractéristique dotée de racines latérales plutôt clairsemées. Les arbres cultivés à partir de graines développent une profonde racine pivotante robuste avec un système à large diffusion composée d'épaisses racines latérales tubéreuses (**Parrotta, 2009**).



Figure N°7: Racines de *Moringa Oleifera* (Coffee Calvin Tinashe et al 2019).

V. Composition de différentes parties du Moringa

V.1. Composition des graines

Les graines de *M. Oleifera* contiennent des éléments nutritionnels importants, comme les protéines, les huiles, les fibres, les Carbohydres. Le tableau N°10 montre les différents composés isolés des graines de *M. Oleifera* (Frah H, Bouzad H, 2018).

Tableau N°10 : Composition globale des graines de Moringa Oleifera (Leone, 2016).

Les composés	g/100g	%
Les protéines	(29,4-33,3)	34,51%-36,5%
Les huiles	(34,7-40,')	38,62%-40,06%
Les fibres	(6,8- 8,0)	10,92%-12,16%
Carbohydres	(16,5-19,8)	19,00%-20 ,29%
La valeur calorique		450,36-451,32kcal100g-1

V.2. Composition des Fleurs

La fleur de Moringa est très riche en protéines et en minéraux. Les éléments contenus dans la fleur sont beaucoup plus abondants dans le produit séché que le produit à l'état frais (tableau N°11) (Ndong et Wade, 2007).

Tableau N°11: Composition en éléments nutritifs des fleurs de Moringa Oleifera (Ndong et Wade, 2007)

Eléments	Composition dans 100g de fleurs fraîches	Composition dans 100g de fleurs séchées
Humidité	81,97	—
Protéines(g)	8,64	47,97
Matières grasses (g)	1,14	6,34
Cellulose (g)	0,68	3,79
Cendre(g)	0,29	1,61
Glucides(g)	7,28	40,29
Energie (kcal)	—	410,10
Ca (mg)	15,76	87,47

Na (mg)	10,14	55,98
K (mg)	57,70	320,04
Mg (mg)	8,55	47,47
Fe (mg)	4,20	23,34
Zinc (mg)	0,15	0,86

V.3. Composition des feuilles

Les feuilles contiennent une très grande concentration de vitamines, de protéines, de certains minéraux, elle possède également des acides aminés et des acides gras essentiels (**Hamdad B et Rahem A, 2015**).

Les feuilles de *Moringa* contiennent beaucoup d'antioxydants, des études ont montré une teneur de 80 % de poids sec de phénols, et des flavonoïdes (Tableau N°12), (**Broin 2005**).

Tableau N°12 : Composition moyenne des feuilles de *Moringa Oleifera* (Broin2005).

Données pour 100 grammes de matière sèche			
Composition globale		Acides aminés (mg)	
Calories (Kcal)	300	Arginine	1600
Protéines (g)	25	Histidine	530
Glucides (g)	40	Isoleucine	1140
Lipides (g)	8	Leucine	2050
Minéraux (g)	12	Lysine	1200
Fibres (g)	15	Méthionines	370
Teneur en eau (%)	75	Phénylalanine	1400
Minéraux (mg)		Thréonine	1080
Calcium	2100	Tryptophane	580
Cuivre	1	Valine	1400
Fer	27	Acide aspartique	1670
Potassium	1300	Acide glutamique	2470
Magnésium	405	Serine	840
Phosphore	310	Glycine	960
Manganèse	8	Alanine	1260
Souffre	740	Proline	1230
Sélénium	2,6	Tyrosine	910
Zinc	2,6	Cystéine	360
Molybdène	0,5	Acides gras	
Sodium	100	C16 : 0	530
Vitamines		C18 : 0	70
Vitamine A (UI)	14300	C18 : 1	60
Vitamine C(mg)	850	C18 : 2	170
		C18 : 3	1140

VI. Valeur nutritionnelle

Les feuilles de *M. Oleifera* sont considérées comme aliment riches en éléments nutritifs. Des travaux ont rapporté leurs richesses en vitamines, en minéraux, en protéines, en glucides et en lipides (Lockett *al*, 2000) ;(Seshadri et Nambiar, 2004) ;(Ndonget *al.*, 2007); (Thurber et Fahey, 2009) ;(Saint Sauveur et Broin, 2010). Des études ont révélé la présence de 40% d'huile dans les graines de *M. Oleifera*. La qualité de cette huile se rapprocherait de celle de l'huile d'olive et elle peut être utilisée comme huile végétale comestible (Atakpamaet *al*, 2014). La comparaison entre le contenu nutritionnel du *Moringa* et celui d'autres aliments (Tableau N°13) montre que le *Moringa* est de haute valeur sur le plan nutritionnel (Agroconsult Haiti S A, 2016).

Tableau N°13 : Comparatif du contenu nutritionnel des feuilles de *Moringa* avec d'autres plantes (Agroconsult haiti S A, 2016)

Éléments nutritifs (unité)	<i>Moringa</i>	Autres aliment
Vitamine A (mg)	1130	Carotte : 315
Vitamine C (mg)	220	Oranges : 30
Calcium (mg)	440	lait de vache : 120
Potassium (mg)	250	Banane : 88
Protéines (mg)	6700	Le lait de vache : 3,200

V. Intérêts d'utilisation de *Moringa Oleifera*

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

V.1. Intérêt nutritionnel

M. Oleifera est passé en une décennie du statut de plante marginale à celui de nouvelle ressource alimentaire et économique, permettant ainsi une utilisation multiple (Atakpamaet *al*, 2014).

Les feuilles de *Moringa Oleifera* sont un légume de bonne qualité nutritionnelle. Elles peuvent se consommer fraîches dans des plats en sauce, ou bien sous forme sèche et réduite

en poudre, laquelle peut être ajouté aux plats en sauce, aux gâteaux et beignets, aux farines infantiles (Broin M. 2005).

Les jeunes gousses vertes sont très délicieuses et doivent être consommées vertes avant qu'elles ne jaunissent. Elles peuvent également être consommées bouillies comme des haricots. C'est lorsque l'on peut facilement les casser sans laisser de fibres apparentes que les gousses sont les meilleures pour la consommation humaine (Foidl et al, 2001).

Les graines peuvent être bouillies et mangées comme des pois frais, ou frites au goût plus comme des arachides. Les graines sèches peuvent être réduites en poudre et utilisées pour assaisonner les sauces) (Stone et al, 2011).

V.2. Intérêt médicinales

Les nombreuses applications médicinales du *Moringa* lui ont valu le nom d'«arbre à miracles». Toutes les parties de la plante sont utilisées en médecine traditionnelle (Garima M.et al, 2011).

Les feuilles traitent l'asthme, l'hyperglycémie, la dyslipidémie, la grippe, les brûlures d'estomac, la syphilis, le paludisme, la pneumonie, la diarrhée, les maux de tête, le scorbut, les maladies de la peau, la bronchite, les yeux et l'oreille (Gopalakrishnan et al, 2016).

L'action des racines est principalement antiseptique, anti inflammatoire sédatif, cardiotonique, potentialisateur de certains médicaments analgésiques et antidépresseurs. Ces actions sont dues principalement à la présence d'alcaloïdes comme la Moringine, la Moringinine, ainsi qu'un puissant fongicide et bactéricide la Ptérygospermine ou encore l'Anthonine et la Spirochine (Louni S ,2019).

Le jus des fleurs est utilisé pour stimuler la production de lait chez les mères allaitantes et améliorer sa qualité. La tisane de fleurs est utilisée contre la grippe et la toux. Les gousses consommées crues sont réputées vermifuges et utilisées pour traiter les douleurs articulaires. Les graines sont utilisées pour traiter l'arthrite, les rhumatismes, la goutte, les crampes, les maladies sexuellement transmissibles et les furoncles (Olson M.E., 2001).

V.3. Alimentation animal

Les feuilles fraîches de *Moringa* sont utilisées comme aliments de bétail (bovins, caprins, ovins, équins, porcins), les lapins et les volailles pour leur fournir des protéines pouvant favoriser leur développement et améliorer leur santé. Les extraits de tourteau qui sont riche en protéine 60%, donc ils peuvent aussi servir à nourrir les animaux. Des expériences réalisées en Amérique centrale montrent que les performances techniques des bovins sont beaucoup

plus intéressantes avec une alimentation contenant du *Moringa* que sans ce produit (Agroconsult, 2016).

V.4. Cosmétiques et produits de beauté

Dans le domaine de la cosmétologie, des parties de la plante *Moringa*, particulièrement les graines leur huile est riche en vitamines A qui aide à bâtir le collagène de la peau, en vitamine C qui réduit les rides et les ridules, en vitamine E et minéraux - potassium, calcium - qui fournissent des propriétés antiseptiques et inflammatoires. Ces huiles sont indispensables dans la fabrication des produits comme le savon pour améliorer la texture de la peau, la pommade et l'huile pour donner une nouvelle allure aux cheveux, etc... (Agroconsult, 2016).

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

V.5. Intérêt économiques

L'arbre de *Moringa Oleifera* ouvre une nouvelle dimension dans le domaine de l'agroforesterie en raison de son port facile à établir, croissance rapide courte rotation, diversifier la nature de ses produits, avantages multiples pour les gens et leur bétail et plusieurs autres avantages directs et indirects. Cependant, il existe plusieurs contraintes qui entravent l'économie réelle de ces arbres miraculeux comme, le manque de marchés, le manque de connaissances appropriées sur les pratiques culturales, le manque de matériel végétal et la concurrence pour la terre avec d'autres cultures vivrières. Pour surmonter ces contraintes et pour stimuler l'arbre parmi les producteurs, de nombreuses activités de recherche et de vulgarisation sont nécessaires. La valeur ajoutée des produits bruts de *Moringa Oleifera* a accru son économie et son utilité parmi les gens qui attirent le plus de producteurs à travers le monde. Les activités de vulgarisation favorisent la consommation de l'arbre pour améliorer les fonctions nutritionnelles et médicinales, ainsi que pour atténuer les changements climatiques (Yogeshet al, 2017).

V.6. Intérêt dans le traitement de l'eau (clarification)

L'utilisation des matériaux naturels d'origine végétale pour purifier l'eau n'est pas nouvelle car leur utilisation remonte à l'antiquité (Yusuf et al, 2015).

Les graines de *Moringa Oleifera* peuvent être utilisées comme un adoucisseur d'eau dure, un désinfectant et pour éliminer les métaux lourds dans le traitement de l'eau potable (Amjad et al, 2015). Les graines de *Moringa oleifera* sont utilisées pour le traitement des eaux grâce à sa richesse en poly-électrolytes cationiques actifs (Poumaye et al. 2012). Utilisés comme

polypeptides naturels non toxiques qui neutralisent les matières colloïdales et provoquent la sédimentation des particules minérales et organiques.

M. Oleifera a été utilisée pour le traitement domestique de l'eau par des femmes au Soudan, qui ont placé des graines en poudre dans un petit sac en tissu qui a ensuite été tourbillonné dans de l'eau trouble (**Firtheh al, 2010**). Cela a inspiré le développement d'un nouveau traitement révolutionnaire de l'eau d'assainissement naturel, respectueux de l'environnement (**Idris et al, 2016**).

De nombreuses revues scientifiques ont révélé l'énorme utilité des extraits de graines de M. Oleifera pour le traitement des eaux usées, en tant que adsorbant, coagulant et désinfectant (**Hamdad B et Rahem A ,2015**).

Chapitre III

*Généralités sur les souches
étudiés et les antibiotiques*

I. Généralité sur les bactéries

Une bactérie est un être unicellulaire (procaryote) de petite taille, de morphologie variable qui possède les éléments essentiels à la vie cellulaire.

La taille d'une bactérie varie entre 1 et 10 μm . Le poids d'une bactérie est d'environ 10-12g. Elle contient 70% d'eau, rapporté au poids sec, une bactérie est constituée de protéines (55%), de lipides (10%), de lipopolysaccharides (3%), de peptidoglycane (3%), de ribosomes (40%), d'ARN (20%) et d'ADN (3%). Les bactéries sont visualisées au microscope optique sans coloration (état frais) ou après coloration (Figures N°7), (Azzam A et Achir N;2017).

Elles sont autonomes. Très abondantes, elles jouent un rôle essentiel dans le recyclage de la matière organique. Elles vivent la plupart du temps en symbiose avec le milieu qu'elles habitent. Certaines espèces sont parasites et peuvent provoquer des maladies chez l'Homme, les animaux et les plantes, certaines sont mortelles (Darguère.J.M., 2003). Nécessite pour les observer l'utilisation du microscope. Êtres vivants, elle se nourrit, respire et se reproduit (Zaidi et al 2021)

➤ Structure

Chez les bactéries, on distingue des structures obligatoires, présentes chez toutes les bactéries et des structures dont la présence est facultative et caractérisent certains groupes bactériens (Figure°8).

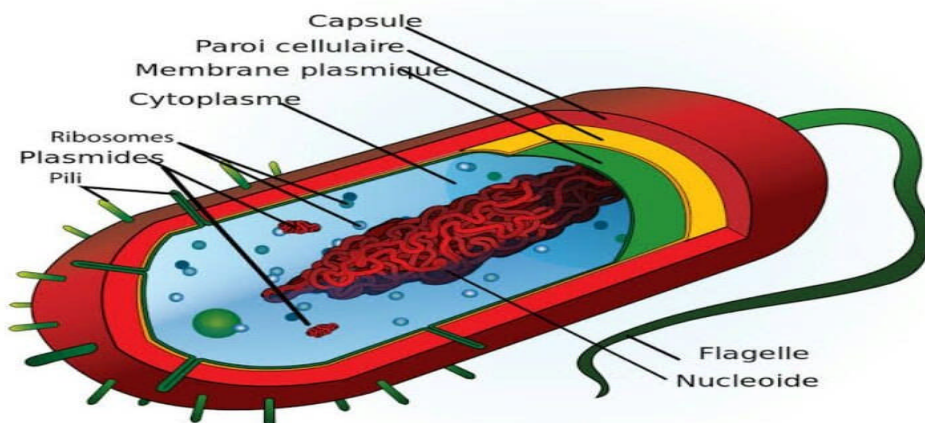


Figure N°8: Structure d'une cellule bactérienne (Ouidir S, 2018)

III. Morphologie de la cellule bactérienne

On peut distinguer trois formes caractéristiques : les sphériques, les allongées et les spiralées. La position des bactéries les unes par rapport aux autres est également une caractéristique distinctive importante.... (Zaidi, Z et al 2021).

- Les bactéries allongées peuvent varier en longueur et en épaisseur elles forment également des chaînes, ou bacilles isolés, en chaînette ou amas, exemple : E. coli, Salmonella, Bacillus etc . Les bactéries spiralées (spirilles) peuvent également varier en longueur et en épaisseur. La taille des coques varie entre 0,4 et 1,5 μm , ou spirochètes comme : Treponema....
- La longueur des bacilles peut varier entre 1 et 10 μm , même si quelques espèces sont plus grandes ou plus petites.
- Un groupe particulier de bactéries de forme filamenteuses se rapprochant des moisissures: les Actinomycètes....

IV. Bactéries d'intérêt

IV.1. Staphylococcus aureus

IV.1.1. Historique

Les staphylocoques ont été découverts pour la première fois par Pasteur en 188 (Grace et Fetsch, 2018). Trois ans plus tard, le scientifique Ogston a créé le nom de « staphylocoque » pour décrire leur groupement en grappe de raisin (staphylos) (Avril et al, 2000). En 1884, le physicien allemand Friedrich Julius Rosenbach, isola deux souches différentes de staphylocoques qu'il baptisa en fonction de la couleur des colonies obtenues : S. aureus (dorées) et S. albus (blanches). (Accarias, 2014). Le nom de l'espèce Staphylococcus aureus provient du latin (aureus; qui signifie Or;) (Liu et al., 2005 ; Licitra, 2013).

IV.1.2. Classification

Il existe plusieurs types de classification de S. aureus dont la classification de BERGEY est la plus utilisée (tableau N°14) (Prescott et al, 2010).

Tableau N°14 : Taxonomie de Staphylococcus aureus. (Prescott et al., 2010).

Règne	Bactéria ou Eubacteria
Phylum	Firmicutes
Classe	Bacilli
Ordre	Bacillales
Famille	Staphylococcaceae
Genre	Staphylococcus
Espèce	Staphylococcus aureus

IV.1.3. Description

Staphylococcus aureus est une espèce ubiquitaire du genre *Staphylococcus* est plus communément appelée staphylocoque doré ; du grec Staphylo, grappe de raisin (figure5), apparait en amas à l'examen microscopique), et « aureus » doré vient de la coloration particulière des colonies qui sont dorées lorsqu'elles croissent sur milieu solide(**Bekhachi CH et Seladji ; 2021**).

Staphylococcus aureus est une coccobactérie Gram positif, catalase positive appartenant à la famille des Staphylococcaceae(**Becker et al.,2004 ; Murray et al., 2003**) . Il a un diamètre d'environ 0,5 à 1,5 μm , est immobile, asporulé et facultativement anaérobique (sauf *S. aureus anaerobius*); il est habituellement disposé en grappes. De nombreuses souches produisent des entérotoxines staphylococciques, la toxine superantigénique du syndrome de choc toxique (TSST-1) et des toxines exfoliatives. *Staphylococcus aureus* fait partie de la flore humaine et est surtout présent dans le nez et sur la peau (**Kluytmans et al., 1997**)(figure N°9 et 10).

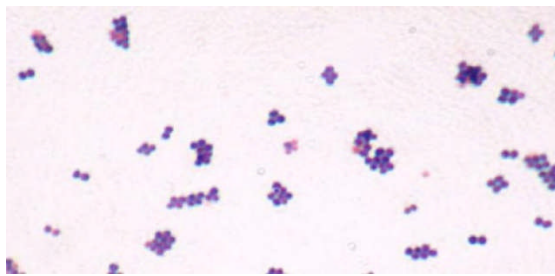


Figure N°9 : Image d'une colonie bactériennes staphylococcus aureus (Ahmad A ,2022)

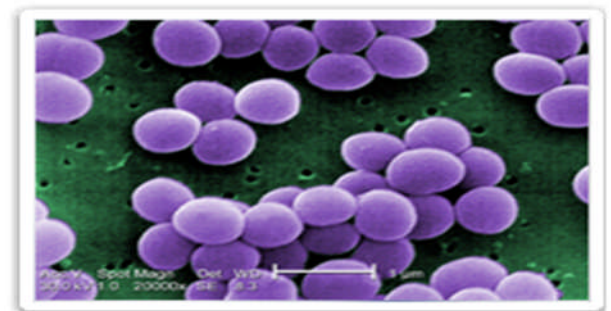


Figure N°10 : Image de staphylococcus aureus en forme de grappe de raisin (site web 2)

IV.1.4. Habitat

S.aureus est un commensal de la peau et des muqueuses de l'homme et des animaux (rhino – pharynx, intestin). Chez l'homme, il est principalement présent au niveau du tractus respiratoire supérieure, en particulier dans les fosses nasales (**Prescot,et al ;2010**), mais aussi au niveau du cuir chevelu et les mains .Dans la bouche, il coloniserait préférentiellement la surface des dents. Cette bactérie peut survivre longtemps dans l'environnement, et sa présence due à une contamination par l'homme ou par les animaux (**Ait zenati S et Bensalem S ; 2021**) . Les staphylocoques sont des micro-organismes ubiquitaires, peuvent être retrouvés dans différentes niches écologiques (**Zarazaga et al, 2018**). Elles sont présentes dans l'air, la poussière, les eaux usées, les surfaces environnementales (**Hennekin, 2018**). Ce sont des bactéries commensales de la flore cutané-muqueuse de l'Homme (**Nhan et al, 2012**).

IV.1.5. Caractères bactériologiques

a. Caractère Morphologie

S. aureus se présente sous l'aspect de coques immobiles. Il est regroupé en amas formant des grappes de raisin. C'est des cocci mesurant de 0.8 à 1 µm de diamètre, non sporulés. *S. Aureus* est isolé en diplocoque ou en très courte chaînette (3 à 5 éléments) (**Le Loir et Gautier, 2010**).

Le staphylocoque doré est sporulé, immobile et ne possédant pas de capsule visible au microscope optique sauf pour de très rares souches, d'autres forment des colonies mucoïdes et sont entourées d'un pseudo capsule (**Le Minor et Veron, 1990**).

b. Caractères Biochimiques

S. aureus a un métabolisme aérobie prédominant et anaérobie facultatif. Cette bactérie possède une activité catalase, coagulase, phosphatase, ainsi qu'une nucléase thermostable mais pas **d'oxydase**. Il est hémolytique, a la capacité de liquéfier la gélatine et de fermenter de nombreux sucres comme le glucose, le saccharose, le lactose et le mannitol. Le diagnostic permettant de distinguer *S. aureus* des autres espèces est basé sur des tests réalisés tels que le test de présence d'une coagulase, des hémolysines et de la désoxyribonucléase thermostable ou thermonucléase (**Chikh Yet Mohammed N ; 2020**)

c. Caractères cultureux

S. aureus est facilement cultivable sur milieux ordinaires, il a donc une bonne croissance sur milieux usuels à 37°C pendant 18 à 24h dans un bouillon hyper salé à 7% à pH 7,2. Il est thermosensible du fait qu'il est ralenti par le froid et tué par des températures élevées (détruit à 58°C pendant 60 minutes). Sur milieu solide, les colonies de *S.aureus* sont lisses, rondes, opaques, colorées en jaune doré ou blanches, leur diamètre est compris entre 1 et 3mm. Sur milieu liquide, il présente un trouble homogène abondant avec dépôt et voile en surface (**Le Minor et Veron, 1982**). Il faut préciser que, les colonies cultivables sur la gélose au sang peuvent être bêta-hémolytiques (**Robert, 2013**).

IV.1.6. Sources de contaminations

S.aureus peut être transmis directement du porteur ou du malade à un individu sain à partir des lésions ouvertes. La transmission indirecte est possible aussi, elle se fait par l'intermédiaire de l'eau, des aliments, des mains du personnel soignant et du matériel médical souillé. En milieu hospitalier, les souches transmises sont celles hébergées soit par un malade soit par le personnel médical lui-même (**Haouachime I et KHennache O ; 2017**).

IV.1.7. Pouvoir pathogène

Staphylococcus aureus est un pathogène opportuniste (Thomer et al, 2016), peut causer divers maladies pour l'Homme et aussi pour l'animal (Orwin et al., 2013) :

- Le choc toxique staphylococcique qui est due à une exotoxine maintenant connue sous le terme de TSST-1 (Floret, 2001), entraînant des atteintes gastro-intestinal, hépatique et atteinte rénale. Ce syndrome associée une fièvre avec l'éruption scarlatiniforme et la desquament (Fauchère et Avril, 2002).
- Intoxication alimentaire (SFP ; staphylococcal foodpoisoning) (Argudin et al. 2012):elles sont dues à l'ingestion d'entérotoxines, préformé dans l'aliment,entraînant des vomissements, diarrhée et absence de fièvre (Avril et al., 1992).
- Stéomyélites, endocardites et septicémies (Horsburgh et al, 2002) .

IV.2. Escherichia.Coli

IV.2.1. Historique

Escherichia coli est un bacille Gram négatif de la famille des *Enterobacteriaceae*(JANG et al.,2017).La découverte de l'une des bactéries qui, de nos jours est l'une des plus étudiée, revient au pédiatre allemand **Theodor Escherich**, qui en 1885 a isolé à Munich en Allemagne la première souche qu'il nomma *Bacterium coli commune* «bactérie commune du colon». En 1893, le vétérinaire DANISH a supposé que ce germe pouvait être pathogène ou non pathogène selon la souche contaminante. Cette bactérie a été par la suite renommée *Escherichia coli* en l'honneur de son premier observateur par CASTELLANI et CHALMERS (Mainil, 2013).

IV.2.2. Classification

Selon le Bergey's Manuel 2007 *Escherichia coli* appartient au (Tableau N°15):

Tableau N° 15:Taxonomie d'Escherichia coli (Manuel 2007)

Règne	Bacteria
Embranchement	Proteobacteria
Classe	Gamma Proteobacteria
Ordre	Enterobacteriales
Famille	Enterobacteriaceae
Genre	<i>Escherichia</i>
Espèce	<i>Escherichia coli</i>

IV.2.3. Description

Escherichia coli est la bactérie anaérobie facultative la plus abondante de la flore Intestinale commensale des animaux à sang chaud, où elle vie en symbiose avec son hôte et le reste des bactéries du microbiote. Cependant, elle peut parfois engendrer des maladies, locales§ ou systémiques, responsables de taux élevés de morbidité et de mortalité dans le monde. (Figures N°11,12), (Akli S et Amrouche N ; 2021)

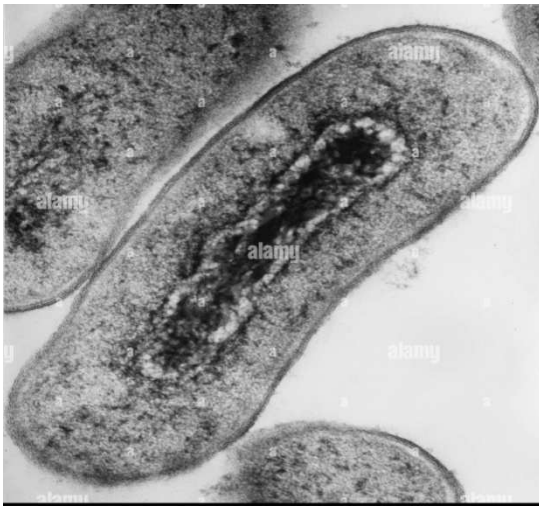


Figure N°11 : Coupe transversale de bactéries *Escherichia coli* sous microscopie électronique à transmission (site web 2)

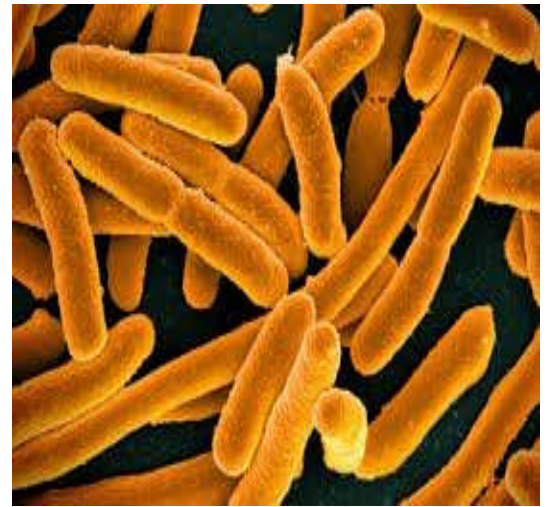


Figure N°12 : Illustrations d'une colonie d'*Escherichia coli* (Ihaddaden F et Mebarki TH, 2021)

IV.2.4. Habitat

E. coli est une espèce commensale du tube digestif de l'homme et des animaux (Levine, 1987). Dans l'intestin, *E. coli* est l'espèce quantitativement la plus importante, présente à raison de 10^7 à 10^9 bactéries par gramme de selles. Cette population bactérienne ne représente qu'environ 1‰ de celle des anaérobies (Avril *et al*, 2000). Elle peut devenir pathogène si les défenses de l'hôte se trouvent affaiblies ou si elle acquiert des facteurs de virulence particuliers (Nauciel et Vildé, 2005).

E. coli est une bactérie ubiquitaire retrouvée dans l'eau, les sédiments et en abondance dans l'intestin de l'homme et de nombreux animaux à sang chaud ou elle joue communément un rôle de bactérie commensale (Belal Fet al ; 2021).

IV.2.5. Caractères bactériologiques

a. Caractère morphologique

E. coli est un bacille de forme cylindrique (bâtonnet) ou coccobacillaire, de 2 à 3µm de longueur et 0,6µm de largeur, à Gram négatif, mobile grâce à une ciliature péritriches, non sporulé, encapsulé.

Les colonies développées par cette bactérie ont un aspect bombé, lisse, homogène, ronde à bord régulier et de 2 à 3 mm de diamètre (JOLY et REYNAUD, 2002).

b. caractère biochimique

E. coli réduit les nitrates en nitrites, fermente avec production de gaz le glucose, le lactose, et le mannitol, ne liquéfie pas la gélatine, ni les protéines coagulées, acidifie et coagule le lait, produit l'indole, mais ne produit pas de H₂S ni d'acétoïne (VP), possède une β-galactosidase, une Lysine décarboxylase mais pas d'uréase, possède une catalase mais est dépourvu d'oxydase (Avril, jean et tal; 2000).

c. Caractères cultureux

E. coli est une aéroanaérobie facultative. Elle se cultive facilement sur les milieux ordinaires à 37 °C et à pH 7,5 (Oulymata, 2007). Sur gélose nutritive : apparue sous forme de colonies arrondies, humides, brillantes et de couleur blanchâtre ou légèrement jaunâtre lisse (S) ou rugueuse (R) ou parfois muqueuses. Sur milieu EMB elle donne des colonies d'un violet foncé avec éclat métallique verdâtre, sur milieu Hektoen des colonies saumon. Sur gélose au sang : colonies rondes, translucides parfois hémolytiques. Sur Mac Conkey, colonies rouges entourées d'un halo opaque de la même couleur (Denis *et al.*, 2007).

IV.2.6. Sources de contamination

Ces bactéries sont considérées comme des agents zoonotiques, du faite de la possibilité de leur transmission directe ou indirecte des réservoirs animaux à l'Homme. La transmission directe est possible par contact avec les animaux infectés, mais aussi de personne à personne (transmission interhumaine féco-orale). Le principal mode de contamination est celui de consommation d'aliments d'origine animale ou végétale et d'eau contaminés (ANSES, 2011) ; (Haouachime I et KHennache O ; 2017).

IV.2.7. Pouvoir pathogène

E. coli est une espèce bactérienne très diverse. Elle regroupe des souches commensales de l'intestin de l'homme et des animaux, des souches responsables de pathologies intestinales et des souches impliquées dans plusieurs infections extra-intestinales importantes de l'homme. Il est le plus fréquemment impliqué dans les infections urinaires acquises en ville. Il est

également responsable d'infections nosocomiales, notamment des infections des plaies chirurgicales et des bactériémies (ALAIN et BERNARD, 2002).

V. Généralités sur les antibiotiques

V.1. Définition

Les antibiotiques sont une découverte thérapeutique importante en pratique médicale. Ils ont joué un rôle important dans le traitement des infections microbiennes. Ces molécules ont également permis de surmonter les complications dans certaines situations, notamment la transplantation d'organes.

Un antibiotique est une molécule toxique (microbiostatique ou microbicide) pour un groupe cible de microorganisme (bactéries, champignons, virus, parasite eucaryote ...), de mode d'action spécifique ; actif à des concentrations faibles, de l'ordre du $\mu\text{g.cm}^3$; généralement synthétisé par un microorganisme mais souvent modifié chimiquement ou même synthétisé entièrement par des chimistes. Pour qu'il soit actif, un antibiotique doit pénétrer dans la bactéries, sans être détruit ni être modifié, se fixer sur une cible et perturber la physiologie bactérienne (Benbouabdlah S, Ziane D,2015).

V.2. Type d'antibiotiques

Il existe des antibiotiques d'origines naturelle ou synthétique

a . Origine naturelle

Parmi les 10000 antibiotiques d'origine naturelle recensés dans le monde, 20% de champignons :Penicillium, Cephalosporium, Aspergillus, 70 % proviennent d'actinomycètes microfilaments dont le genre Streptomyces est un producteur majeur d'antibiotiques : tétracyclines, aminoglycosides et 10 % proviennent des bactéries (non actinomycètes), en particulier des genres Bacillus et Pseudomonas. La bacitracine utilisée pour certains traitements locaux en est un exemple (Mehdi. S .2008).

b . Origine synthétique

Les antibiotiques synthétiques sont obtenus soit à partir de dérivés artificiels, soit en recréant des substances primitivement extraites de micro-organismes. Parmi les antibiotiques d'origine synthétiques on distingue : Sulfamides, métronidazole, isoniazide, acide nalidixique et les fluoroquinolones, pénèmes. On distingue aussi des antibiotiques d'origine semisynthétique, ils sont obtenus en modifiant en laboratoire une substance produite par un microorganisme (Mehdi. S .2008).

V.3. Critères de classification

Selon **Duval et Soussy (1990)**, les antibiotiques peuvent être classés selon plusieurs critères (**Chikh Y et Mohammedi N ; 2020**) :

- **Leurs origines** : biosynthèse par des champignons, des bacilles ou des streptomycètes ou issue de génie chimique.
- **Leurs compositions chimiques** : dérivés d'acide aminé, hétérosidique ou polycyclique.
- **Leurs effets** : antibiotiques bactéricides ou bactériostatiques.
- **Modalité d'action** : de toutes ces classifications possibles, la classification la plus courante est celle par famille. Cependant les antibiotiques de la même famille possèdent un certain nombre de caractères communs comme la composition chimique, spectre d'action similaire ou très rapproché, cibles bactériennes identiques, résistances bactériennes et sensibilité croisée, effets indésirables similaires

V.4. Mode d'action

Les antibiotiques peuvent agir à différents niveaux (**Manceur K et al ; 2020**) (tableau N°16)

a. Agissant sur les enveloppes bactériennes

- Agissant sur la paroi bactérienne ;
- Agissant sur la membrane plasmique.

b. Agissant sur la synthèse des protéines

- Antibiotiques se fixant à la sous-unité 50S du ribosome ;
- Antibiotiques se fixant à la sous-unité 30S du ribosome
- Antibiotiques interférant avec les facteurs d'élongation.

c. Agissant sur la synthèse et la fonction de l'acide nucléique

- Agissant sur l'ADN
- Agissant sur l'ARN.

d. Agissant sur le métabolisme bactérien

- Inhibiteurs de la synthèse de l'acide fol (**DJERBOUA, Toufik ; 2018**)

Tableau N°16 : Mode d'action des antibiotiques (Tenover, 2006, SenkaDzidic, 2008)

Mode d'action	La cible	La famille d'antibiotique
L'interférence avec la synthèse de la paroi cellulaire	/	Carbapénème, vancomycine, β lactam
Inhibition de la synthèse des protéines microbiennes :	Association avec la sous-unité 50S du ribosom	Macrolides, chloramphénicol, clindamycine.
	Association avec la sous-unité 30S du ribosome	Aminoglycosides, tétracyclines.
	Association avec l'enzyme bactérienne isoleucyl-ARNt synthétase	Chloramphénicol, tétracyclines
Interférence de contraste avec la synthèse des acides nucléiques :	-Inhiber la synthèse d'ADN - Inhiber la synthèse d'ARN	Fluoroquinolones. Rifampicine.
Inhibition des voies métaboliques	/	Sulfamides, Analogues de l'acide folique

V.5. Résistance aux antibiotiques

V.5.1. Définition de la résistance bactérienne

Un microorganisme est considéré « résistant » vis-à-vis d'un antibiotique lorsque sa concentration minimale inhibitrice (CMI) est plus élevée que celle qui inhibe le développement de la majorité des autres souches de la même espèce. Les bactéries sont dites

multi-résistantes lorsqu'à la suite d'une accumulation de résistance naturelle et acquise, elles ne sont sensibles qu'à un petit nombre d'antibiotique. Elles sont alors résistantes à plusieurs antibiotiques ou classes pharmacologiques d'antibiotiques (CARLE, 2009).

V.5.2. Origine de la résistance

La résistance bactérienne à un antibiotique est d'origine génétique. Les gènes de résistance se trouvent soit dans le chromosome (résistance chromosomique), soit dans un élément mobile, comme les plasmides, les éléments transposables ou les intégrons (résistance extra chromosomique).La soit acquise (Sylvie Carle et al, 2009),

a .La résistance naturelle

La résistance naturelle ou intrinsèque est un caractère d'espèce qui touche toutes les bactéries de l'espèce considérée (Lozniewski.A et al. 2010). Elle est permanente, stable est transmissible à la descendance (transmission verticale) lors de la division cellulaire, mais elle n'est généralement pas transférable d'une bactérie à l'autre (transmission horizontale) comme la résistance des bactéries à GRAM négatif à la vancomycine est naturelle (Pierrot.S, 2015)

b . La résistance acquise

Il s'agit d'un caractère qui ne concerne que quelques souches d'une espèce donnée(ou parfois de nombreuses). La résistance acquise est moins stable, mais elle se propage souvent de façon importante dans le monde bactérien. La résistance acquise résulte d'une modification du capital génétique de la bactérie, lui permettant de tolérer une concentration d'antibiotique plus élevée que celle qui inhibe les souches sensibles de la même espèce (Lozniewski. A et al. 2010).

V.5.3. Cause de résistance

Avec le temps, les microbes ont développé certaines formes de résistances vis-à-vis de ces antibiotiques. Ce phénomène de résistance est dû à plusieurs facteurs tels que l'utilisation suboptimale des antibiotiques au cours des traitements. Son émergence est due également à l'hospitalisation prolongée, la longue durée des séjours et les comorbidités, le non-respect des pratiques hygiéniques et le transfert des malades entre les hôpitaux (Bouyahya et Y et al 2017).

V.5.4. Mécanismes de résistance

La résistance des bactéries aux antibiotiques reste aujourd'hui un problème majeur de santé publique. La connaissance des caractéristiques de résistance bactérienne, de son support génétique ; caractère naturel ou acquis, de son expression phénotypique ou ses divers mécanismes biochimiques permet de mieux comprendre l'épidémiologie des espèces

résistantes d'antibiotique. Elles sont alors résistantes à plusieurs antibiotiques ou classes pharmacologiques d'antibiotiques (CARLE, 2009).

a. Principaux mécanismes de résistance

L'origine de la résistance aux antibiotiques peut être due à 6 paramètres différents :

1. L'inactivation de l'antibiotique par la production d'enzymes bactériennes qui le dégradent.
2. La modification de la cible par la bactérie qui perturbe ainsi l'interaction avec l'antibiotique.
3. Le mécanisme d'efflux actif qui permet à certaines bactéries de synthétiser des canaux pour rejeter l'antibiotique à l'extérieur.
4. Une diminution de la perméabilité membranaire à l'antibiotique qui de ce fait, ne peut plus atteindre sa cible.
5. La protection de la cible par un encombrement stérique ribosomal.
6. Le piégeage de l'antibiotique par superproduction de la cible ou par la synthèse de molécules capables de le leurrer. Dans les deux cas, la molécule antibiotique est incapable d'interagir avec sa cible et donc d'exercer son activité. (Muylaert A., Mainil J.G ; 2012)

Une même bactérie peut présenter plusieurs de ces mécanismes de résistance résumés dans la (figure N°14) (Guardabassi et Courvalin (2006)).

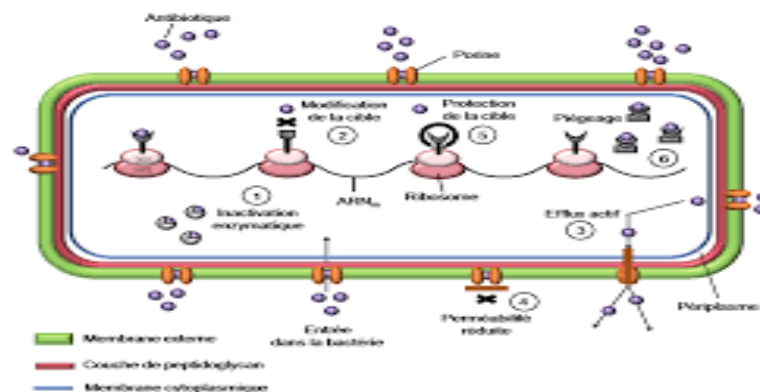


Figure N°13:différents mécanismes de résistance aux antibiotiques dans une bactérie Gram négative, adapté de Guardabassi et Courvalin (2006)

1 : inactivation enzymatique de l'antibiotique, 2 : modification de la cible de l'antibiotique, 3 : efflux actif de l'antibiotique, 4 : perméabilité réduite, 5 : protection de la cible de l'antibiotique, 6 : piégeage de l'antibiotique.

- Le tableau 17 résume les différents mécanismes de la résistance bactérienne et leurs conséquences.

Tableau N°17 : Différents mécanismes de la résistance bactérienne et leur conséquence (Mandell GL et al, 2009 cité par Carle ; 2009).

mécanismes de résistance	conséquences
Inhibition enzymatique	Production d'une enzyme qui inactive ou détruit l'antibiotique; Mécanisme de résistance le plus répandu
Réduction de la perméabilité cellulaire	Changements de perméabilité de la paroi ou de la membrane bactérienne empêchant le médicament d'atteindre sa cible
Altération des sites de liaison ciblés par l'antibiotique	Baisse de l'affinité de l'antibiotique pour son site d'action.
Pompes à efflux	Antibiotique éjecté de la cellule par transport actif et site d'action devenant inaccessible.

Chapitre V

Matériel et méthodes

I. Objectif de l'étude

Notre travail vise en particulier à étudier l'effet antibactérien des composés bioactifs de Moringa Oléifera obtenus par extraction par le solvant (éthanol) sur deux souches bactériennes a savoir Escherichia. Coli et Staphylococcus aureus.

II. Lieu et durée de stage

L'intégralité de ce travail a été réalisée au niveau du laboratoire de traitement des eaux (G03) des département des sciences d'Agronomiques faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, ainsi qu'au niveau de département chimie de la faculté des sciences de l'Université M'HAMED BOUGURA Boumerdes, sur une période de deux mois(mai, juin 2022).

III. Matériel et Méthodes

Dans ce chapitre, nous allons résumer le protocole analytique suivi ainsi que le matériel utilisé durant la partie pratique de ce mémoire.

III.1. Matériel

La liste des appareils et produits utilisés sont donnés dans le Tableau N°18

Tableau°18 : Matériel et produits utilisés

Matériels	Produits	Appareils
Becher	Les extraits de plantes	Balance de précision
Tube à essai	Milieu de culture (Chapman,	Agitateur magnétique
Support de tube a essai	Hektoen, Mullen Hinton)	Bec benzène
Micropipette	Eau physiologie	Bain mariée
Embouts pour micropipette	Solvant éthanol	Autoclave
Pince	Souches bactériennes	Etuve
Anse	(Escherichia coli,	Spectrophotométrie
Pipette pasteur	Staphylococcus aureus)	Réfrigérateur
Papier aluminium		vortex
Pissette		
Entonnoir		
Boite pétri		
Filtre papier wattman N°1		

Ecouvillon		
Barreau magnétique		
Règle		
Flacon		
Disque d'antibiotique		

II.2.Matières végétale

Le matériel végétal utilisé Moringa Oleifera a été acheté chez un herboriste a Tizi Ouzou sous forme de graines et de feuilles.

Les échantillons de feuilles et de graines ont été nettoyés de toutes impuretés, et de la poussière par l'eau distillée, puis étalées pour le séchage à température ambiante à l'abri de la lumière et enfin broyées en fine poudre et conservées à l'obscurité. Les échantillons ont été stockés jusqu'à l'utilisation (Figure N° 14).



Figure N° 14: Poudre des extraits de Moringa oléifera.

III.3.Souches bactériennes

Les souches bactériennes utilisées sont des souches de référence de l'American type culture collection (ATCC) obtenu au niveau de laboratoire de recherche biotechnologique et biochimie analytique de la FSBSA de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. Le choix de ces souches est motivé par leur potentiel pathogène sur l'homme dans le cas de leur présence dans l'eau de boisson (MTH).

Ces souches choisies sont entretenues par repiquage sur gélose nutritive favorable à leur croissance pendant 24h, à l'obscurité à 37°C (Tableau N°19).

Tableau N°19: Nature et l'origine de différentes souches pathogènes utilisées

Gram	Souches	Références
Positive	Staphylococcus aureus	ATCC25923
Négative	Escherichia coli	ATCC25922

III.4. Milieux de cultures utilisées

Les milieux de culture utilisés sont :

-Gélose Chapman : un milieu d'isolement sélectif utilisé pour la recherche et l'isolement des Staphylococcus.

-Gélose Hektoen : milieu de culture différentiel modérément sélectif servant à l'isolement et à la culture de microorganismes à gram négatives (Entérobactéries) et spécialement Escherichia coli.

-Gélose Mueller Hinton : un milieu solide standardisé recommandé pour l'étude de la sensibilité des bactéries aux antibiotiques par la méthode de diffusion.

Le choix des milieux de cultures est basé sur les propriétés physiques et chimiques des différentes géloses disponibles au laboratoire.



Figure°15 : Milieux de culture.

III.5. Antibiotiques utilisés

Des antibiotiques sur disque à des concentrations fixes ont été utilisés pour déterminer la sensibilité standard des souches bactériennes testées.

Les antibiotiques utilisés sont (tableau N°20).

Tableau N°20: Antibiotiques utilisés.

Classe	Antibiotiques	Abréviations	Charge de disque
Pénicilline	Pénicilline	P	10
Aminoside	Gentamicine	GN	10
Cycline	Oxytétracycline	OXT	30

III.6.Extraction des composées bioactifs

L'extraction des composées bioactifs de la plante a été effectuée avec de l'éthanol (100 %) (Solvant).L'extraction par solvant est une technique consistant à transférer une espèce chimique d'une première phase, liquide ou solide, vers une deuxième phase, généralement liquide : solvant (**Simon et Bagard, 2008**)

2g de poudre végétale sont ajoutés à 60 ml du solvant (éthanol), le mélange est suivi d'une macération à température ambiante pendant 24 heures sous agitation. Le macérât est ensuite filtré sur papier wattman N°1.La figure ci-dessus représente le schéma qui résume le protocole d'extraction suivi (Figure N°16).

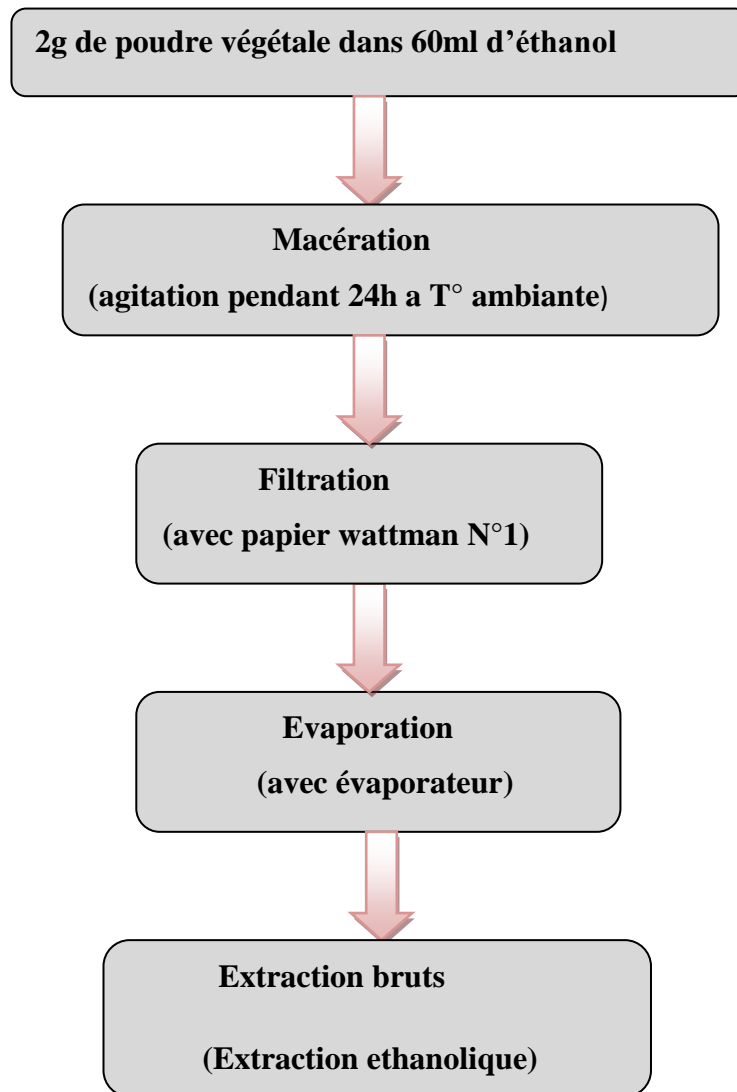


Figure N° 16: Etapes de l'extraction des composés bioactifs des feuilles et des graines de *Moringa oleifera*.

III.2.Rendement d'extraction

Le rendement d'extraction est le rapport entre le poids d'extrait et le poids de la plante sèche à traiter. Il est exprimé en pourcentage suivant la formule donnée par **Falleh et al. (2008)** :

$$R (\%) = (M_{ext}/M_{éch}).100$$

Où :

R : est le rendement en %.

M_{ext} : est la masse de l'extrait après évaporation du solvant en gramme.

M_{éch} : est la masse sèche de l'échantillon végétal en gramme

III.3. Étude de l'activité antibactérienne des extraits de *Moringa Oléifera* (graines et feuilles)

III .3.1. Antibiogramme

➤ La technique

• Repiquage des souches bactériennes

Les différentes souches bactériennes ont été repiquées par la méthode des stries, puis incubées à l'étuve à 37°C pendant 18 à 24 heures, afin d'obtenir une culture jeune et des colonies isolées qui ont servi à préparer l'inoculum bactérien.

• Milieu utilisé

Le milieu de culture utilisé pour le test de l'activité antibactérienne est le milieu de culture standard Mueller-Hinton. Après préparation et stérilisation à l'autoclave pendant 15 min à 121°C, le milieu a été versé dans des boîtes de pétri à environ 4 mm de hauteur puis laisser quelques minutes jusqu'à la solidification.

• Préparation de l'inoculum bactérien

Pour chaque souche, un inoculum est réalisé sur gélose Muller-Hinton à partir d'une suspension bactérienne pure et jeune (âgée de 18 heures) de 10^6 UFC/ml, standardisée à la longueur d'onde $\lambda = 620$ nm (selon le standard Mc Ferland, une densité optique de 0.08 à 0.1 correspond approximativement à une concentration de 10^8 UFC/ml) (Goldman et Green, 2008). La densité cellulaire de cet inoculum a été ajustée par dilution dans de l'eau physiologique stérile, et en utilisant un Spectrophotomètre.

• Ensemencement

L'ensemencement de l'inoculum est réalisé par écouvillonnage :

- Tremper un écouvillon stérile dans la suspension bactérienne
- L'essorer en le pressant fermement (en le tournant) sur la paroi interne du tube afin de le décharger au maximum.
- Frotter l'écouvillon sur la totalité de la surface gélosée (milieu Mueller-Hinton) de haut en bas en stries serrées.
- L'opération a été répétée deux fois en tournant la boîte de pétri à 60° à chaque fois sans oublier de faire pivoter l'écouvillon sur lui-même.
- Finir l'ensemencement en passant l'écouvillon sur la périphérie de la gélose. Dans le cas où l'on ensemence plusieurs boîtes de Pétri, il faut recharger l'écouvillon à chaque fois.

- **dépôt des disques**

La lecture de l'antibiogramme se fait en mesurant à l'aide d'une règle graduée les diamètres d'inhibition autour des disques en mm, et par la suite on va classer la bactérie dans l'une des catégories : sensible, intermédiaire, résistante.

- **Lecture des résultats**

La lecture se fait par la mesure des diamètres des zones d'inhibition autour des disques.

Après mesure des zones d'inhibition, les souches sont classées en:

- Souche résistante (-): diamètre \geq 8mm;
- Souche sensible (+): diamètre compris entre 9 et 14 mm;
- Souche très sensible (++) : diamètre compris entre 15 et 19 mm;
- Souche extrêmement sensible (+++) : diamètre \geq 20 mm (**Ponce et al. 2003**).

III.3.2. Test de la sensibilité (extraits /antibiotiques)

➤ Mode opératoire

Le but de cette activité consiste à tester la sensibilité des souches étudiées (S.aureus- E.Coli) à l'extrait de et aux différents antibiotiques.

Des disques de contrôles négatifs (antibiotiques résistant et antibiotiques-extraits de références Pénicilline et Oxytétracycline) ; et de contrôles positives (antibiotiques sensibles et antibiotiques-extraits de références Gentamycine), et le disque de l'extrait brute comme témoin sont placés à la surface du milieu Mueller Hinton puis chargés de 15 μ l des extraits ethanologique, puis on les incubes pendant 18 à 24h à 37°C. Chaque test est répété 3 fois pour chaque souches et pour chaque extraits.

Les résultats ont été déterminés en mesurant le diamètre de zone d'inhibition autour de chaque disques sont exprimés en (mm).

La figure ci-dessus représente le schéma qui résume le protocole d'antibiogramme suivi (figure N°17)

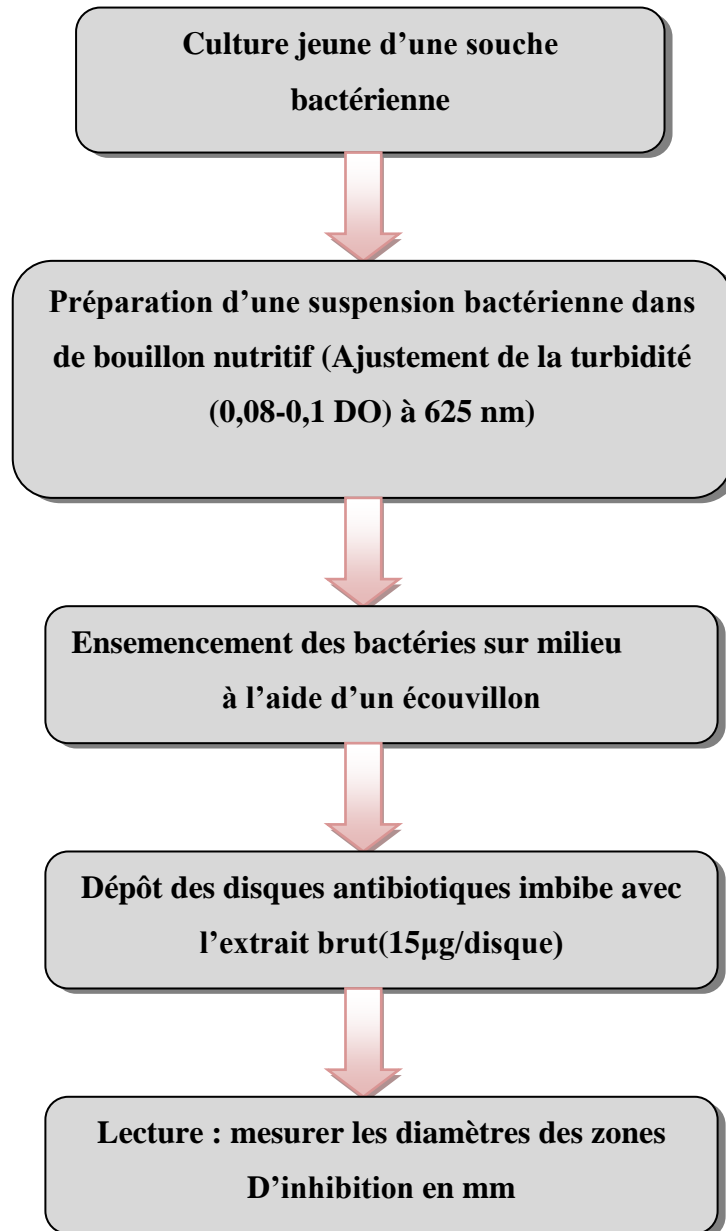


Figure N°17: Méthode des disques extrait-antibiotiques par diffusion sur gélose.

III.3.3. Test de la sensibilité avec les dilutions des extraits

L'intérêt de cette étape est de savoir si l'effet des dilutions est le même avec l'effet des extraits brutes et si la sensibilité bactérienne est la même lors d'utilisation des dilutions et lors d'utilisation des extraits brutes.

Une série de dilutions des extraits est réalisée dans de l'eau distillée stérile.

Dans l'ordre suivant :

- **Dilution 1** : 2 ml d'extrait brute + 8 ml d'eau distillée
- **Dilution 2** : 4 ml d'extrait brute + 6 ml d'eau distillée

- **Dilution 3** : 6 ml d'extrait brute + 4 ml d'eau distillée
- **Dilution 4** : 8 ml d'extrait brute + 2 ml d'eau distillée

Parallèlement, l'inoculum bactérien est réalisé dans de l'eau physiologique (même étapes avec extrait-antibiotiques).

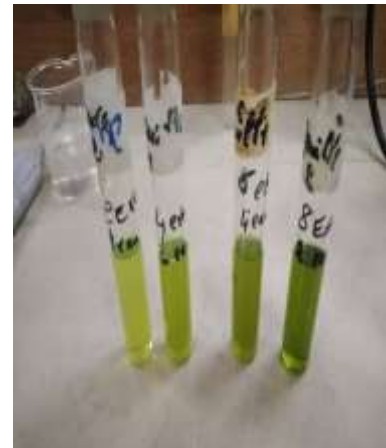
Des disques de papier wattman n°1 de 6 mm de diamètre stérile sont imprégnés ensuite dans 15ul dans chaque dilution de chaque extrait à étudier puis déposés sur la surface de la gélose Mueller-Hinton préalablement inoculée avec les bactéries

Laissez le tout 10 à 15 min sur la paillasse pour une pré diffusion de l'extrait, puis incubez pendant 24 heures à 37°C.

Les résultats ont été déterminés en mesurant le diamètre de zone d'inhibition autour de chaque disque sont exprimés en (mm) (figure N°18)



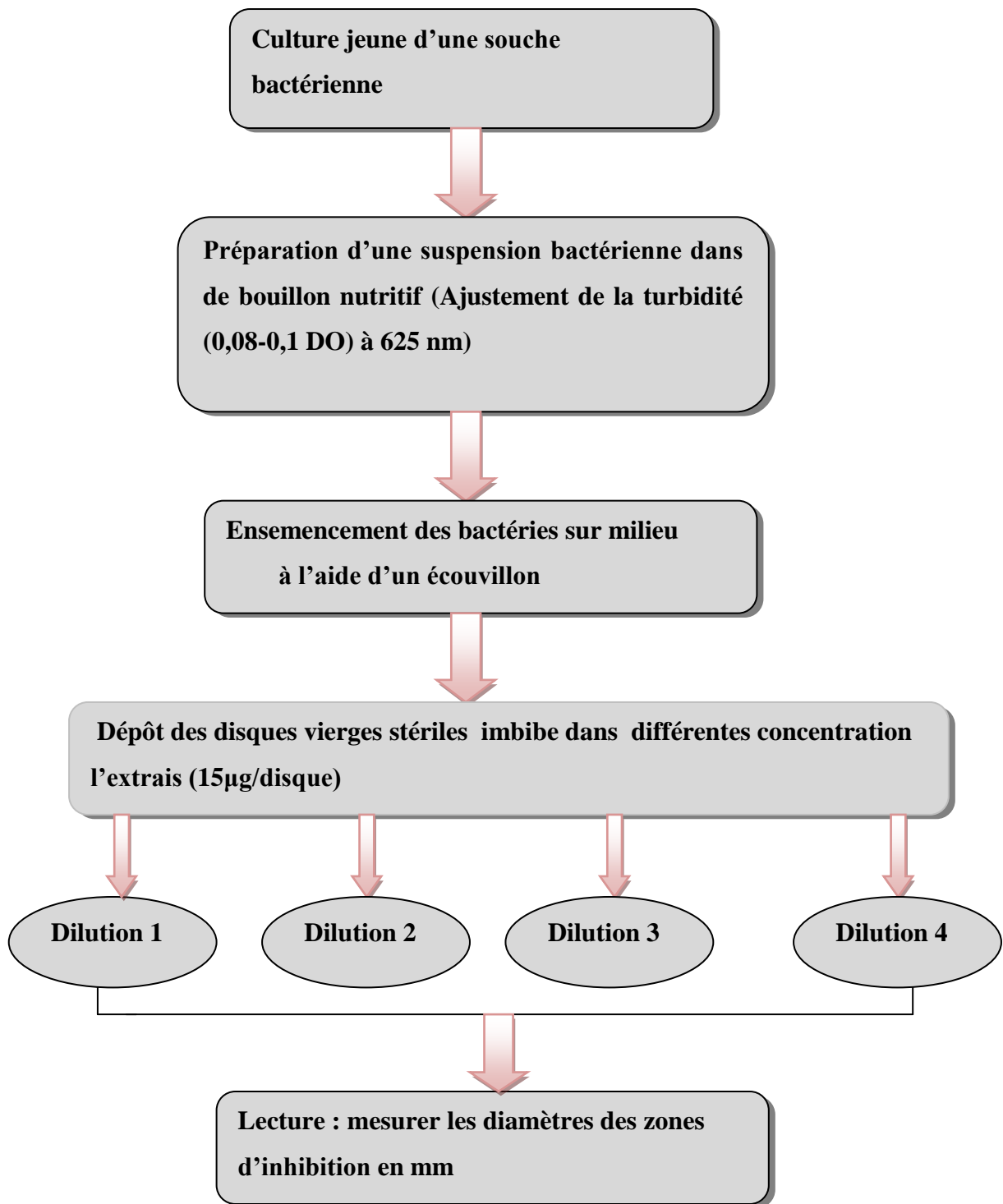
(a)



(b)

Figure N° 18: Série de dilution des extraits de Moringa oleifera graines(a), dilution feuilles (b)

- ✓ La figure ci-dessus représente le schéma qui résume le protocole des dilutions des extraits suivi (figure N°19)



Figure°19 : Méthode des disques dilution d'extrait par diffusion sur gélose.

Chapitre V

Résultats et Discussion

I. Résultats et Discussion

I.1. Détermination des rendements d'extraction

L'activité antibactérienne des plantes se fait à base de l'extraction brute aqueuse ou alcoolique qui peut être suivis de diverses méthodes d'extraction organiques (Nawaz *et al*, 2006). Tous les composants antibactériens des plantes de structure aromatique ou composés, sont souvent obtenus par une extraction éthanolique ou méthanolique (Cowan, 1999).

Les rendements d'extraction à partir des feuilles et des graines de Moringa Oleifera obtenus par la méthode sélectionnée (extraction éthanolique) pour la présente étude sont rapportés dans la figure N°20.

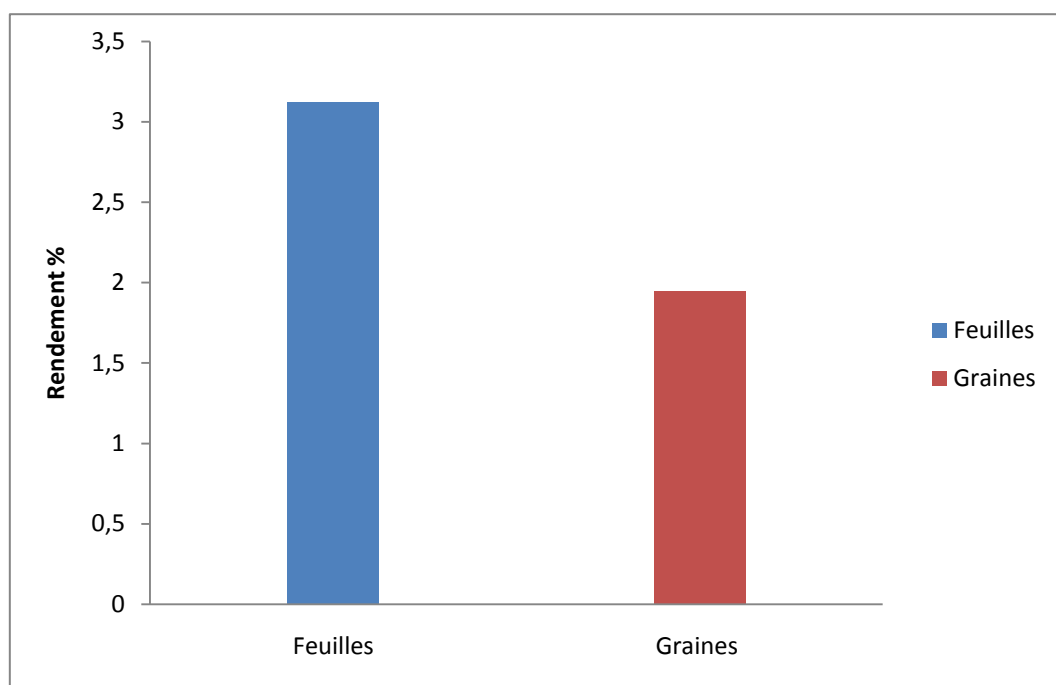


Figure N° 20: Histogramme des valeurs de rendements des extraits végétaux.

D'après les résultats présents dans la figure N°20, nous remarquons que le taux d'extraction est effectivement variable en fonction de la partie de plante utilisée, Le meilleur taux d'extraction à l'éthanol est obtenu avec les feuilles de Moringa Oleifera avec un taux de (3,12%), comparativement à celui des graines qui est de (1,95%).

- Nos résultats concordent avec ceux de l'étude menée par AWA Ndiaye SY ;(2018) avec l'extraction éthanolique fait des feuilles de Moringa Oleifera développée au Sénégal ou l'efficacité de l'extraction a atteint un pourcentage estimé environ 4,04.

- Notre résultat est jugé presque similaire à ceux obtenus dans l'étude pour la même partie végétale de **Abubakar I et al, (2016)** effectuée au Nigeria, et où l'extrait éthanolique des feuilles a surpassé le reste des extraits éthanolique des autres parties de la plantes, leur rendement est de 6,5% suivis des graines 5,7% et des racines 4,8% ,ces pourcentages sont considérées comme proche de ceux nous avons obtenu pour les feuilles et les graines (respectivement 3,6% et 1.95%).
- Nos résultats diffèrent peu par rapport aux autres études ; cela peut être dû à l'origine Géographique du matériels végétales, au degré de maturités, aux conditions biologiques au moment de la récolte et aux méthodes de stockage de la plante, plus de la méthodologie d'extraction, (**Khelifa, M et al ,2018** qui ont travaille sur la gousse de caroube (Cratonia siliqua L) et son étude morphologique''

II. Activité antibactériennes des extraits bruts de Moringa Oleifera sur les deux souches

Nous avons étudié in vitro le pouvoir antibactérien des extraits éthanoïque des deux parties de l'espèce végétale de ''Moringa Oleifera'' (feuilles et grains) et la synergie entre ces derniers avec trois antibiotiques qui sont :

- ✚ Gentamicine,
- ✚ pénicilline
- ✚ Oxytétracycline

vis-à-vis de deux souches bactériennes de référence par la méthode de diffusion et qui sont :

- ✚ Escherichia Coli ATCC 25922 : bactérie à gram négative.
- ✚ Staphylococcus Aureus ATCC 25923 : bactérie gram positive.

Par la méthode de diffusion sur disque.

II.1. Activité antibactériennes des extraits de feuilles

L'activité antibactérienne de Moringa Oleifera à été estimé en terme de diamètre de la zone d'inhibition autour des disques des extraits bruts, la figure N°21 est résume les résultats de l'activité antibactérienne.

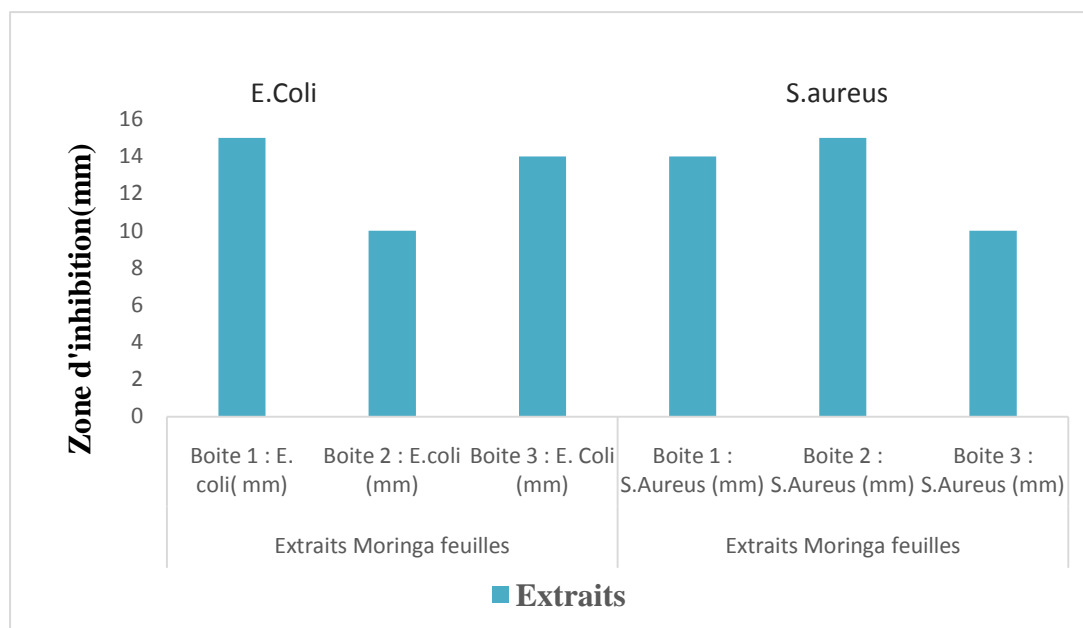


Figure N°21: Histogramme montrant les valeurs d'extrait feuille sur les deux souches.

La détermination de la zone d'inhibition permet une estimation des caractères de sensibilité ou de résistance de la souche bactérienne vis-à-vis des extraits testés. L'extrait est considéré comme bactéricide si aucune colonne n'est observée dans la zone d'inhibition. Par contre il est dit bactériostatique quand quelques colonnes sont présentes même en densité faible. Les résultats montrent que les réponses sont très variables en fonction de la souche testée, de la concentration de l'extrait utilisé.

L'extrait des feuilles *Moringa Oleifera* présente une activité antibactérienne très importante vis-à-vis les deux souches testées à savoir *E.Coli* (ATCC 25922), *S.Aureus* (ATCC 25923) avec un diamètre moyen respectives de 13 mm.

- L'étude faite par **Bouhalina A et Bresa Z, (2021)** qui ont travaillé sur l'activité antibactérienne des extraits méthanoique des feuilles de *Moringa Oleifera* ont trouvé les résultats suivant :
 - Une zone d'inhibition était de 22 mm de diamètre pour *S. Aureus*. Ces résultats sont supérieurs à ce que nous avons trouvé sur la même souche bactérienne (13mm de moyenne).
 - Le même extrait à révéler un diamètre d'inhibition de 14 mm pour la souche bactérienne *E. Coli*, ces résultats sont presque similaires aux notre (13 mm de moyenne).

- Nous avons également comparé nos résultats à ceux obtenus par **Belgaid S, et Chikhoun L, (2013)** qui ont travaillé sur l'activité antimicrobienne et antifongique des extraits du *Phlomis Bovei* de NOE. Cette étude est faite par différents extraits :
 - Avec l'extrait organique des feuilles et tiges, la zone d'inhibition pour la souche d'*E. Coli* est de 12 mm pour l'extrait éthanolique et 11 mm pour l'extrait méthanolique, ces résultats sont légèrement inférieurs à nos résultats. Par contre avec l'extrait aqueux, le diamètre de la zone d'*E. Coli* est de 9 mm et aucune ne zone pour l'extrait frais, même résultats pour la souche *S. Aureus*. Ces valeurs sont également inférieures à nos résultats.
- Selon une étude sur "Phytochemical and antibacterial investigation of *Moringa Oleifera* leaf extract on selected bacterial pathogens" faite par **Abubakar et Usman, (2016)**, l'extrait méthanolique des feuilles de M.O cultivé au Niger est plus active contre *staphylococcus aureus* avec un diamètre de 12 mm contre 10 mm pour *E. Coli*. Ces résultats sont considérés comme légèrement faibles par rapport aux notre.
- Une autre étude faite récemment par **Ahmed Aissaoui, (2022)** qui a travaillé avec l'extrait aqueux de Cinq plantes différentes sur les mêmes souches bactériennes (*E. Coli* et *S. Aureus*) :
 - Son étude sur les feuilles de *Salvia Officinalis* présente la même activité microbienne pour les deux souches bactériennes testées avec un diamètre d'inhibition de 6 mm, ces résultats sont très inférieurs par rapport à ce que nous avons trouvés.
 - Avec les feuilles de *Cistus Salvifolius*, l'activité microbienne est plus importante de 12 à 14 mm pour *E. Coli* et de 14 à 17 mm pour *S. Aureus*. Ces valeurs sont supérieures à nos résultats, par contre avec les feuilles de *Myrtus Communis* l'extrait aqueux ne présente aucune activité microbienne pour *E. Coli*, et un diamètre de 13 à 18 mm pour l'*S. Aureus*. Nos résultats avec l'extrait de feuilles de M.O sur l'*E. Coli* sont plus importants de 10 mm, 14 mm, et 15 mm, et inférieurs pour ceux de *S. Aureus* de 10 mm à 15 mm.
 - L'extrait des feuilles de *Melissa Officinalis* présente une activité vis-à-vis la souche *S. Aureus* avec une zone de 9 mm de diamètre, mais aucune activité pour l'*E. Coli* qui sont très faible par rapport à nos résultats sur *Moringa Oleifera* de 10 mm à 15 mm les mêmes pour *S. Aureus*.
 - Enfin L'extrait aqueux de *Pulicaria Odara* ne présente aucune activité antibactérienne vis-à-vis des deux souches testées (*d'E. Coli* et *S. Aureus*).

II.2. Activité antibactérienne des extraits de graines

Dans cette étude la sensibilité des souches bactériennes aux extraits de *M.Oleifera* peut être un indice de son potentiel en tant que plante médicinale, qui pourrait être utilisé contre certaines souches bactériennes sensibles.

Les diamètres des zones d'inhibition d'extrait de graine vis-à-vis les deux souches testées et la synergie entre l'extrait et les antibiotiques utilisées sont regroupé dans La figure N°22.

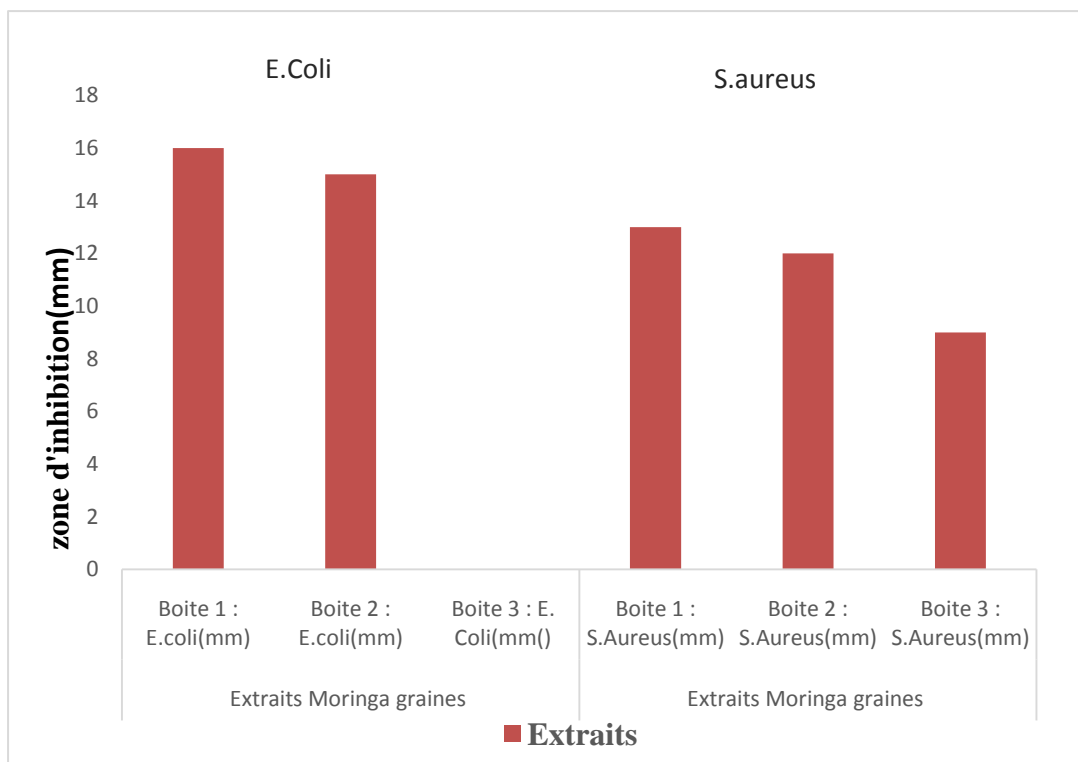


Figure N°22: Histogramme montrant les valeurs d'extrait de graines sur les deux souches

L'extrait méthanolique des graines présente une activité très importante vis-à-vis de *Staphylococcus aureus* avec une zone d'inhibition de l'ordre de 0 à 12 mm. Pour la souche d'*E.Coli*, la zone d'inhibition moyenne est de 11 mm.

- Selon **IRAM et AL, (2016)** qui ont étudié l'effet antibactérien des extraits méthanoliques des fleurs de *Moringa oleifera* poussant en Pakistan sur *E.Coli* et ont trouvé un diamètre moyen d'inhibition de 18,3 mm. Cette valeur est très grande en comparaison à nos résultats (13 mm)
- Dans une autre étude réalisée par **Sahar et Al, (2014)** sur l'activité antimicrobienne et la caractéristique phytochimique du *Moringa Oleifera*, (graines, feuilles et fleurs), ils ont conclu que la souche bactérienne *S.Aureus* est très sensible à forte concentration à l'extrait de

fleur de *Moringa Oleifera* ou le diamètre moyen d'inhibition a été estimé à 20 mm , contre 13 mm dans notre cas.

- L'étude de **Larabi Dounia Racha, (2021)** sur " l'évaluation de l'activité antibactérienne des extraits de *Moringa Oleifera* " que l'extrait hydro méthanolique de graine de *Moringa* testé sur *E. Coli* ne présente aucune activité antibactérienne avec un diamètre de 7 mm. Aussi d'après **Moreira etAl, (2005)** les zones <8mm sont non sensibles à l'extrait, contrairement à nos résultats où on a marqué une zone d'inhibition très importante variant entre 9 mm et 13 mm.

II.3.Comparaison entre les résultats d'extrait de feuilles et extrait de graines

La figure suivante N°23 montre les résultats de la comparaison entre deux extraits de *Moringa Oleifera* (feuilles et graines) sur les deux souches étudiées.

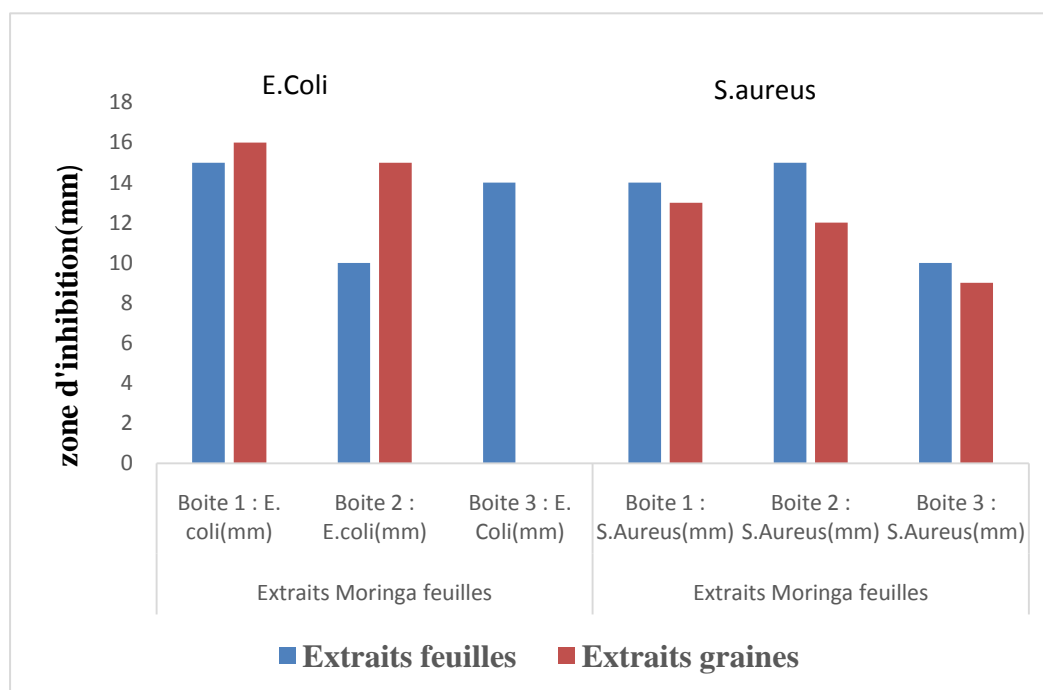


Figure N° 23: Histogramme comparatifs de deux extraits sur les deux souches étudiés

La présente étude a permis d'évaluer l'activité antibactérienne des extraits de *Moringa Oleifera* sur *E. coli* et *S.Aureus*. Les résultats montrent que les différents extraits obtenus induisent toutes des inhibitions de croissance des germes testés. Selon les résultats de l'histogramme l'extrait éthanolique des feuilles de *Moringa Oleifera* a les mêmes effets sur les deux souches contrairement à l'extrait éthanolique des graines de la même plante qui a un

plus sur *S.aureus* que *E.Coli* Dans l'ensemble des résultats obtenus, il ressort que *S.aureus* ATCC 25923 est la souche la plus sensible vis-à-vis l'extrait de graines de *Moringa Oleifera*.

III. Activité antibactérienne des extraits dilués des extraits de *Moringa Oleifera*

III.1. Activité antibactérienne d'extrait diluée de feuille de *Moringa Oleifera*

Les résultats mentionnés dans la figure N°24, montre une activité antibactérienne des préparations à base de l'extrait éthanolique de *Moringa Oleifera* avec un diamètre variant de 9 à 12 mm pour *E.Coli* et de 6 à 25 mm pour *S.aureus*.

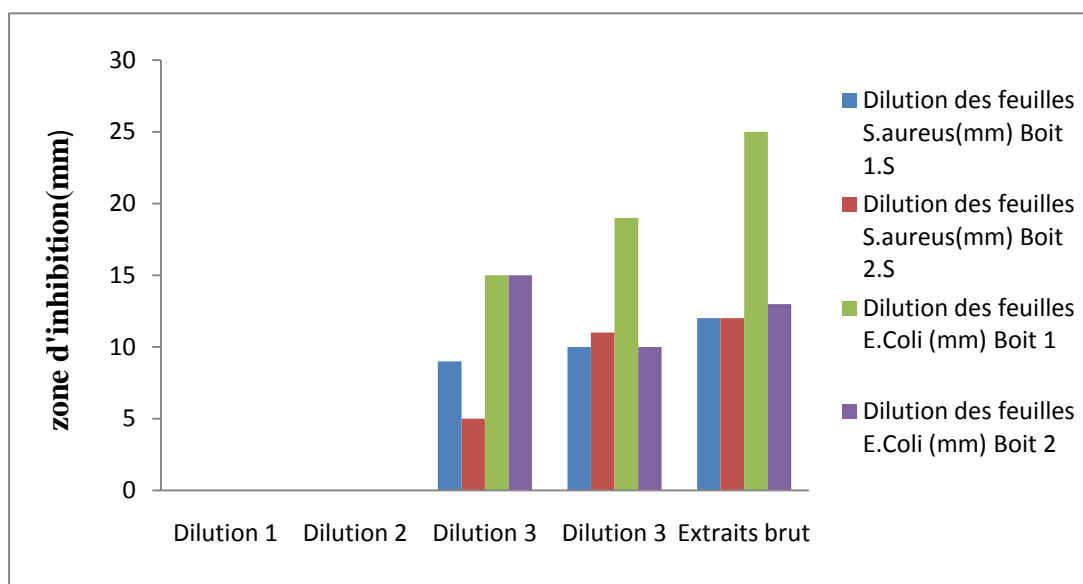


Figure N°24 : Histogramme présentant l'activité bactérienne des dilutions d'extrait feuille de M.O sur E.Coli et S.Aureus.

Selon l'échelle d'estimation de l'activité antibactérienne donné par (Moreira et al ,2005),les résultats observées après utilisation des extraits éthanoliques des feuilles de *Moringa Oleifera* pour les dilutions (2 ml)et (4 ml) montrent que les deux souches bactériennes étudiées sont non sensible (0 mm) de diamètre d'inhibition par contre avec les dilutions 6 et 8 ml on remarque un effet inhibiteur sur les souches ,cet effet est très important pour *E.Coli* et atteint une moyenne de 19 mm de diamètres .

III.2. Activité antibactérienne d'extrait diluée de graines de Moringa

Oleifera

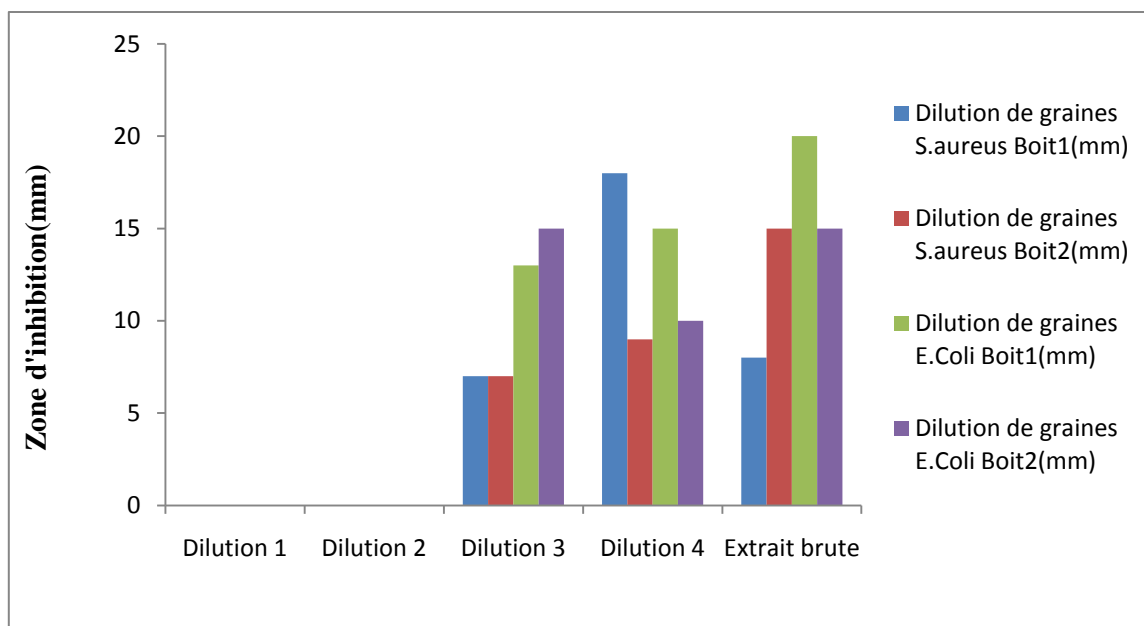


Figure N°25 : Histogramme présentant l'activité bactérienne des dilutions d'extrait de graines de M.O sur E.Coli et S.Aureus

Selon toujours l'échelle d'estimation de l'activité antibactériennes donnée par **Moreira et Al, (2005)**, les résultats observés (figure N°25.27, et 28), Zone d'inhibition des extraits éthanolique des graines de Moringa Oleifera pour les dilutions de 2 ml et 4ml sont similaires avec les résultats trouvés dans les dilutions à base d'extrait éthanolique des feuilles de Moringa oleifera, ou les deux souches bactériennes étudiées sont non sensibles avec des diamètres d'inhibition de (0 mm).

Les mêmes remarques sont faites par rapport aux résultats des extraits des feuilles pour les autres dilutions (6,8) et l'extrait pure : très sensible (++), pour les dilutions est extrêmement sensible (+++) avec une zone d'inhibition de 20 mm pour E.coli et 15mm pour S.aureus en utilisant l'extrait bruts.

III.3.Comparaison entre les résultats des extraits dilués de feuilles et de graines de Moringa Oleifera

En générale, les résultats marqués montrent que les dilutions des extraits de Moringa Oleifera ont un effet plus grand sur la souche bactérienne E.Coli gram (-) que sur la souche bactérienne à gram(+) S.aureus.

Les extraits de Moringa Oleifera à faible concentration, dilution 2ml, 4ml n'ont aucun effet sur les souches testées avec les deux extraits.

Avec l'extrait de graine pour les mêmes concentrations que les feuilles (6 et 8 ml) la zone d'inhibition pour E. Coli baisse par rapport à celle de l'extrait feuille jusqu'à 15 mm, contrairement à la souche de S.Aureus ou son activité augmente à 18 mm. Dans l'ensemble des résultats, il ressort que les dilutions avec l'extrait feuilles influence sur la croissance de la souche E.Coli, les dilutions avec extraits de graines influence sur la souche S.Aureus.

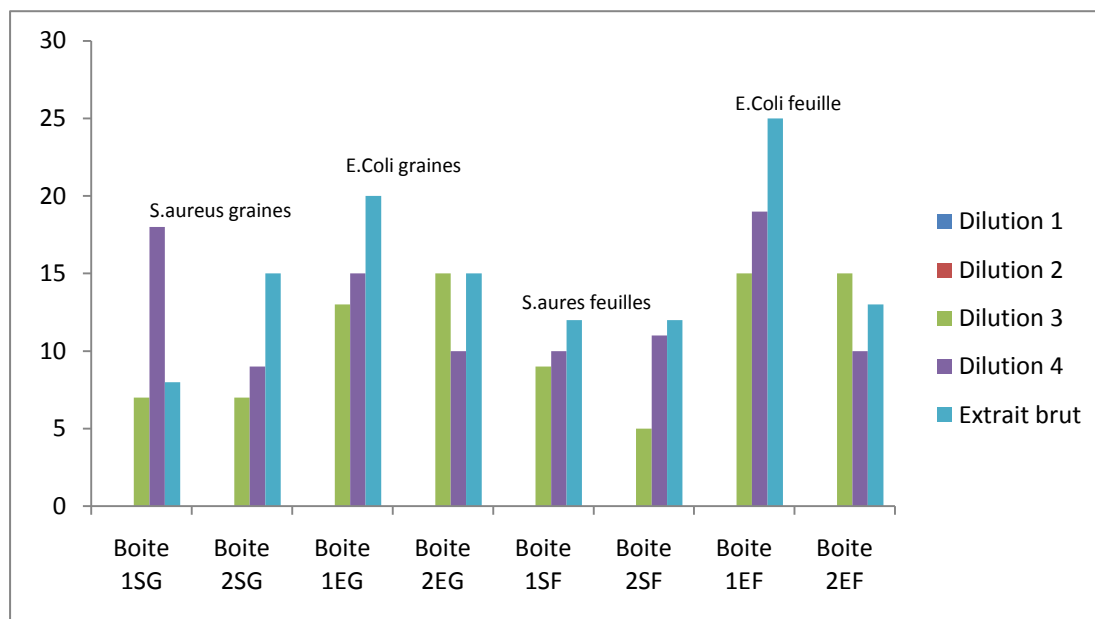


Figure N°26 : Histogramme comparatifs entre les deux extraits dilués

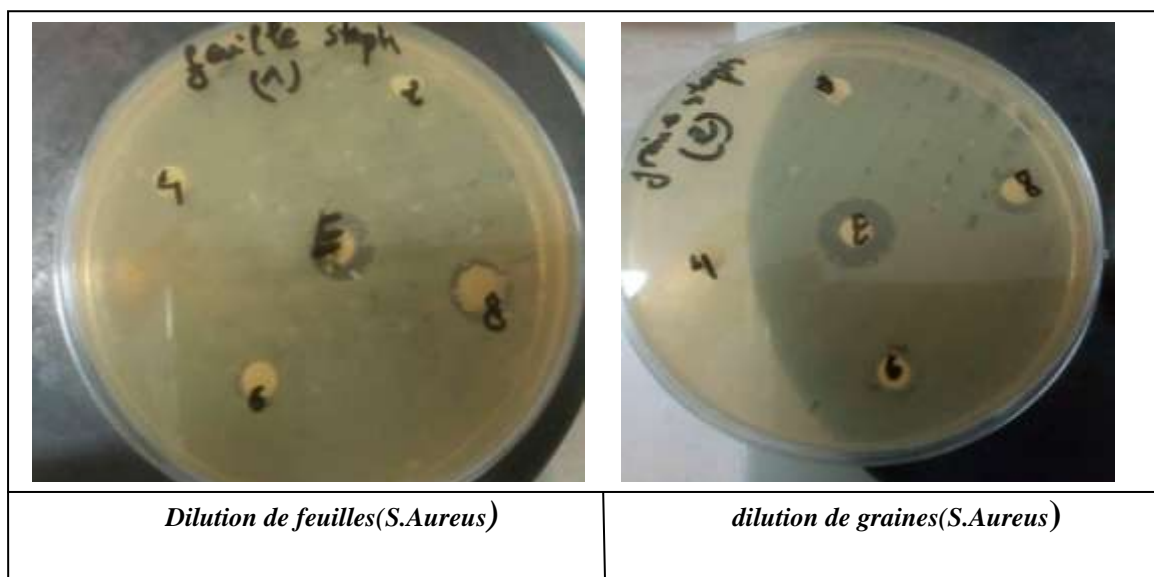


Figure N°27 : Effets des extraits dilués sur staphylococcus.aures.

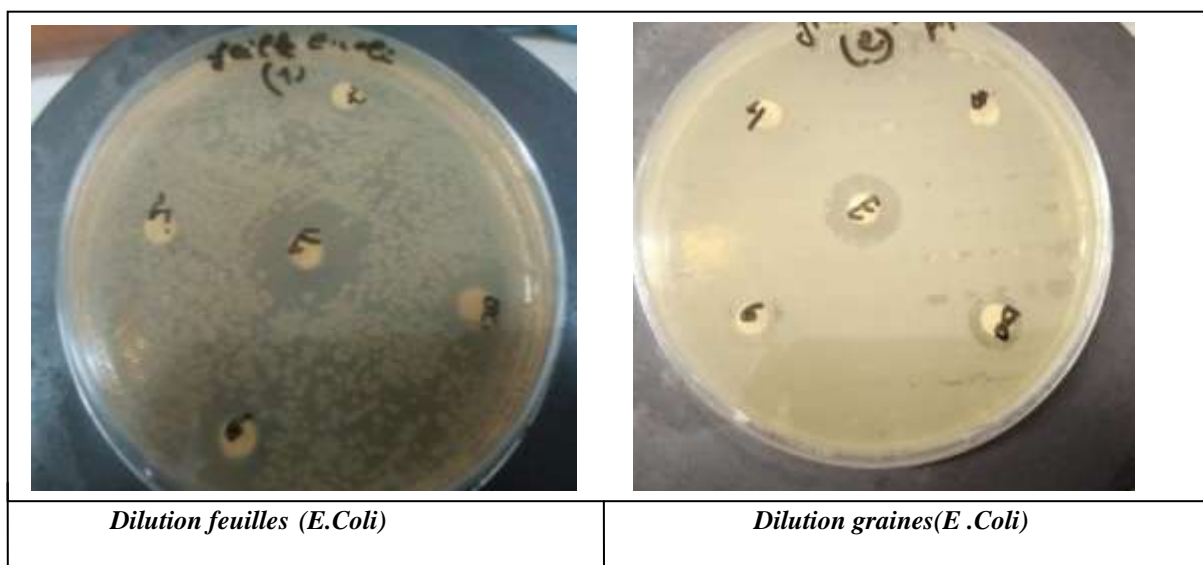


Figure N°28 : Effets des extraits dilués sur *Escherichia coli*.

IV. Association des antibiotiques avec l'extrait brute de Moringa Oleifera

IV.1.Association extrait-antibiotiques de feuilles

Afin de mettre en évidence une interaction entre les antibiotiques et l'extrait de feuille de Moringa Oleifera, on a réalisé des tests au laboratoire.

D'après les résultats de l'antibiogramme (la figure N°29, 31 et 32) montre que les deux souches bactériennes sont très sensibles à extrêmement sensible a la Gentamicine avec un diamètre arrivant à 24mm pour S.Aureus et a 25mm pour E.Coli.

-L'association de l'antibiotique avec l'extrait de feuilles diminue l'effet de ce dernier pour E.Coli au les résultats sont varie entre 12 mm et 22mm, contrairement à S.Aureus avec une valeur de 22 mm a 23 mm. Un résultat qui peut justifier pour une compétition entre les deux molécules ou par une induction d'une mécanique de résistance par l'une des molécules, l'effet augmente, même effet remarquable par l'antibiotique Oxytétracycline.

-E.Coli ne montre aucune sensibilité fac à la Pénicilline seul, un diamètre de 0 mm, se résultat peut être justifie par induction de la souche à un mécanisme de résistance contre la Pénicilline par contre lors de l'association avec l'extrait, on remarque la formation d'une zone d'inhibition d'un diamètre de 13 mm a 15mm.

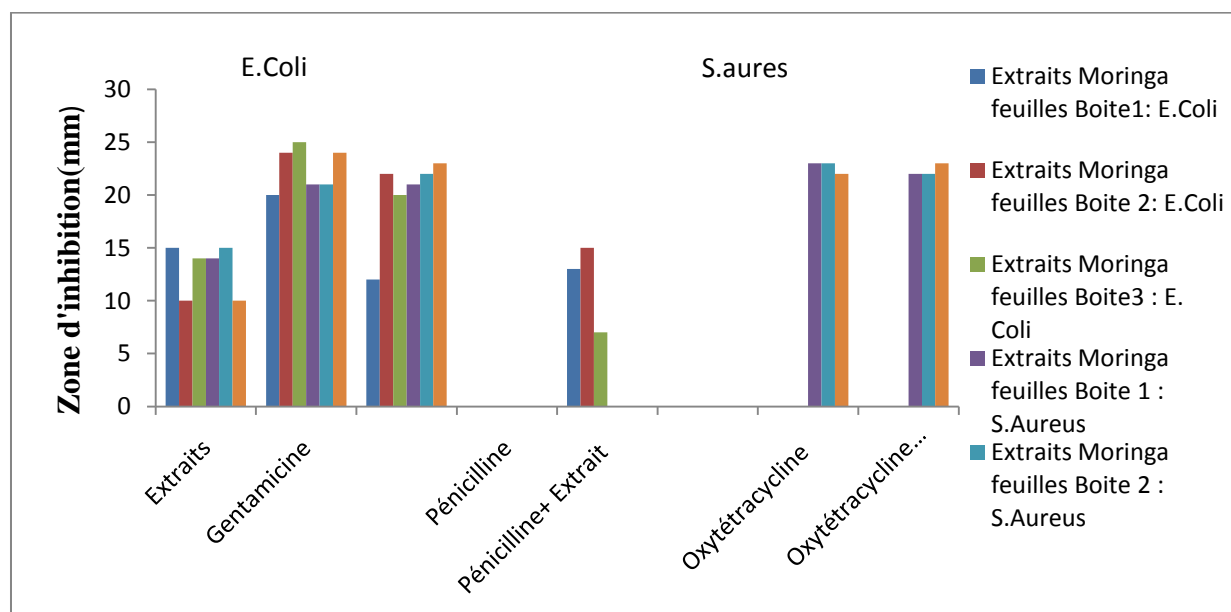


Figure N°29: Résultats de l'activité antibactérienne extrait-antibiotiques de feuilles de Moringa Oleifera

IV.2. Association extrait –antibiotiques de graines

Afin de mettre en évidence une interaction entre les antibiotiques et l'extrait de graines de Moringa Oleifera, on a réalisé des tests au laboratoire.

Les résultats des figures (30, 32,33) : l'antibiogramme montre que les deux souches testés sont extrêmement sensible a la Gentamicine Seule avec des zones d'inhibition de 16 mm a 26mm pour E.Coli et 19 mm a 25 mm pour S.Aureus.

-L'association de l'extrait de graines avec la Gentamicine marque un effet peut différencier par rapport à leurs effets chacun seule ou la zone d'inhibition pour la souche E.Coli et de 18 mm à 27 mm et de 21 mm à 26 mm pour S.Aureus.

-Pour la Pénicilline nos résultats sont similaires aux résultats obtenus avec l'extrait de feuilles de Moringa Oleifera d'un diamètre de 0 mm pour la souche bactérienne E.Coli.

-Le résultat obtenu lors de l'association de la Pénicilline avec l'extrait de la graine marque un effet inhibiteur de la souche E.Coli, d'une zone d'inhibition de 14 mm. On peut dire que ce diamètre est l'effet de l'extrait sur la souche E.Coli.

-Pour l'antibiotique Oxytétracycline, il ne présente aucune activité antibiotique vers la souche de S.Aureus d'un diamètre de 0 mm à 7 mm, et la zone d'inhibition est de l'ordre de 09 mm même diamètre observé lors de l'association de l'antibiotique avec l'extrait de la graine, l'activité de l'antibiotique n'est pas affectée par la présence de l'extrait, ce résultat peut être expliqué par l'absence d'une complémentarité ou interaction entre les molécules de l'extrait et de l'antibiotique contre la souche bactérienne S.Aureus.

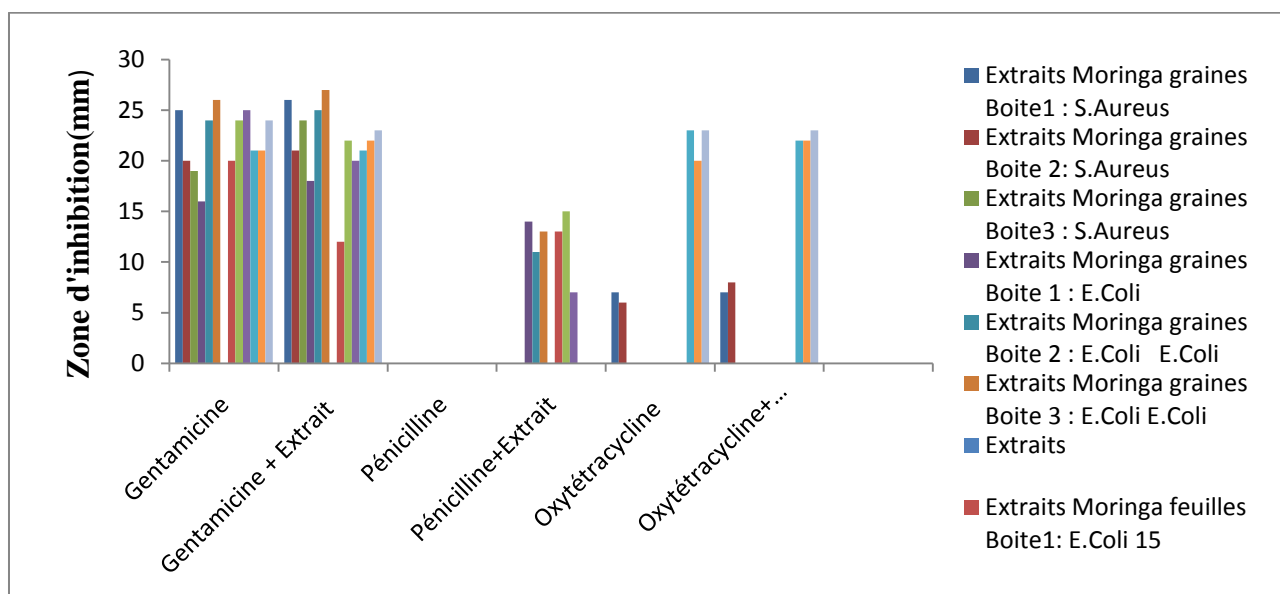


Figure N°30 : Résultats de l'activité antibactérienne extrait-antibiotiques de graines de Moringa Oleifera

IV.3.Comparaison entre les résultats de l'association extraits-antibiotiques de Moringa Oleifera

Les diamètres de la zone de inhibition pour l'antibiotique Gentamicine pour les deux souches étudiées des deux extraits résultent que l'activité antibactérienne de Gentamicine est presque a

similaire pour les deux souches (E.Coli 25mm ; S.Aureus 24 mm), contrairement a leurs effets antibactérienne, on remarque que lors de leurs association avec les deux extraits (feuilles, graines) l'activité antibactérienne est plus élevée dans les deux extrais feuilles graines(E.Coli 12 à 20 mm ; 18 à 27 mm) et (S.Aureus 22 à 23 mm ; 24 à 26 mm) respectivement.

-Pour les deux antibiotiques Oxytétracycline (S.Aureus 7 à8 mm) et Pénicilline (E.Coli 0 mm), ils n'ont pas influence sur la croissance des deux souches étudiées (les figures 31,32 et 33).

-L'association des ces deux antibiotiques avec les deux extraits montrent que l'Oxytétracycline à une activité antibactérienne plus importante (S.Aureus 22 à 24 mm feuilles, 7 à 8 mm graines) ; que la Pénicilline (E.Coli 7à 15 mm feuilles ,11à 14mm).On concéderont que les zones de la Pénicilline c'est a partir des effets des extraits (feuilles, graines).

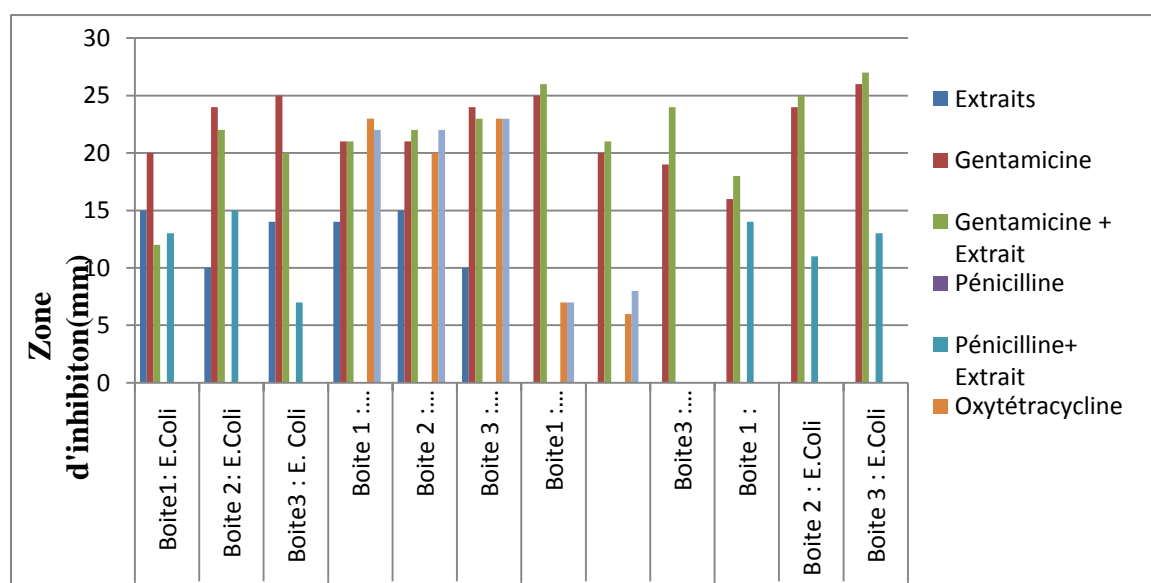


Figure N° 31: Histogramme comparatifs extraits-antibiotiques des extraits de Moringa Oleifera

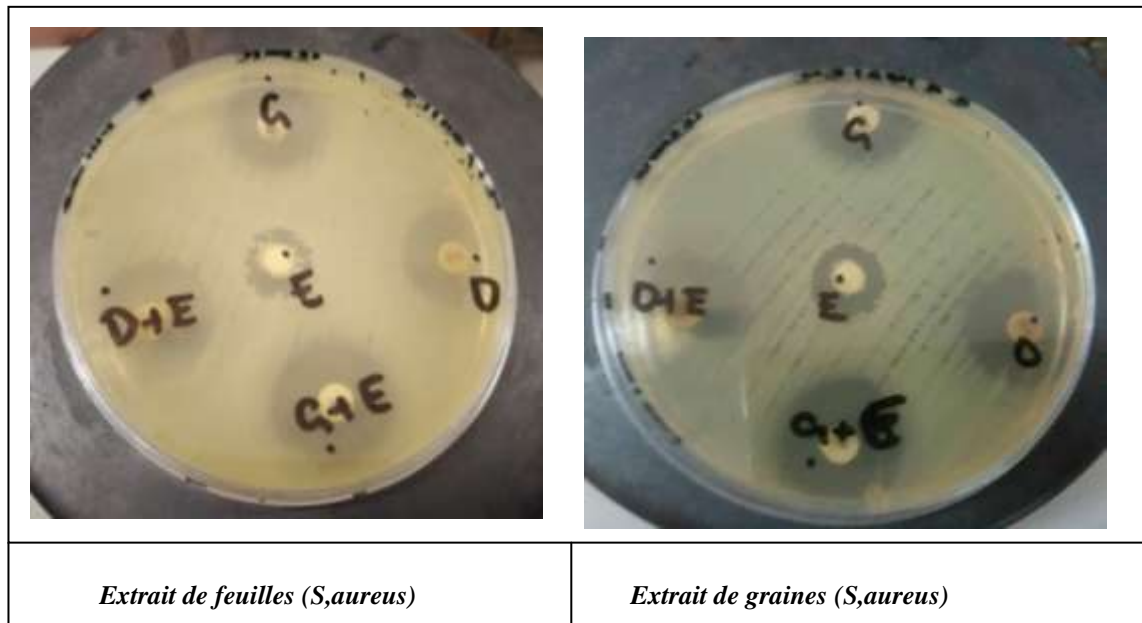


Figure N°32 : Effets des extrait-antibiotiques de Moringa Oleifera sur Staphylococcus, aureus

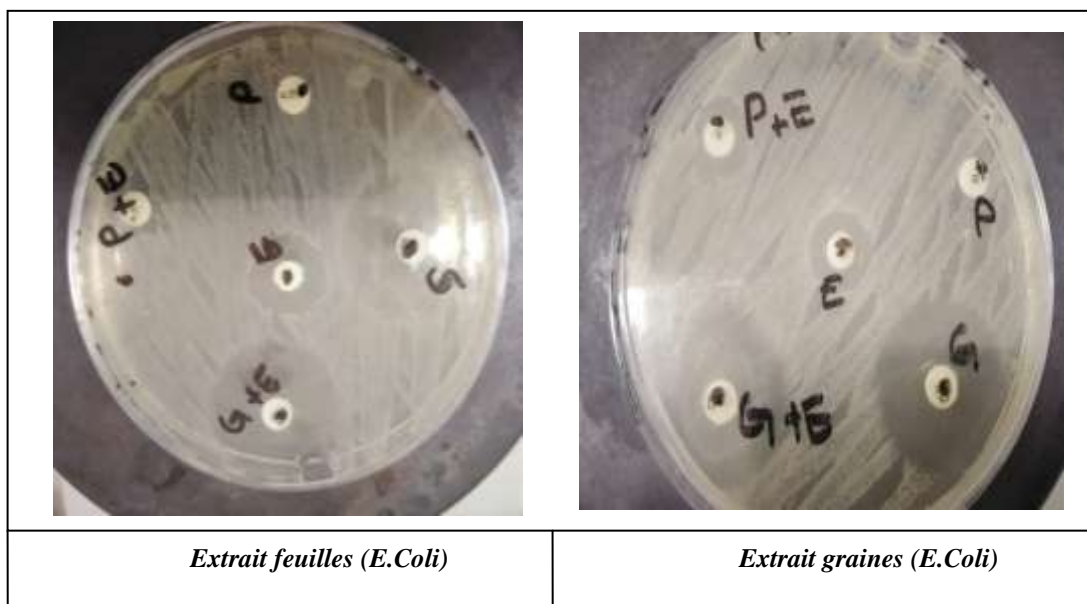


Figure N°33: Effets des extrait-antibiotiques de Moringa Oleifera sur sur *Escherichia.Coli*

Conclusion générale

Conclusion

La plupart des espèces végétales possèdent des vertus thérapeutiques, et présentent une source inépuisable de composés naturels, bioactifs qui agissent directement sur l'organisme. Ces espèces végétales dites plantes médicinales qui jouent un rôle déterminant dans la préservation de la santé humaine.

Notre études a été menée pour déterminer l'activité antibactérienne des extraits des feuilles et des graines de *Moringa Oleifera* qui pourrait potentiellement servir à traiter les maladies d'infections bactériens qui sont devenues plus résistantes à la plupart des antibiotiques communément utilisés pour le traitement.

Les résultats de notre étude ont montré l'efficacité des extraits testés, ou nous avons trouvés que les extraits éthanoliques des feuilles de *Moringa Oleifera* présentent une activité antibactérienne avec une zone d'inhibition allant jusqu'à 15 mm de diamètre pour les souches étudiées (*S. Aureus* et *E. Coli*).

Tandis que l'extrait éthanolique des graines de *Moringa Oléifera* présente une activité bactérienne plus grande sur *S. aureus* avec un diamètre d'inhibition de 16 mm et une zone d'inhibitions de 13 mm pour *E. Coli*.

L'association des antibiotiques avec les extraits de *M.Oleifera* ont montré l'efficacité de quelques associations à savoir :

La Gentamicine à un effet important sur *E. Coli* contrairement à celui avec la Pénicilline où aucun effet bactérien n'a été observé. La même activité observée par la Gentamicine sur *S. aureus*. L'antibiotique Oxytétracycline a un effet bactérien remarquable sur *S.Aureus*. Les antibiotiques associées avec l'extrait de feuilles de *Moringa Oleifera* montre que la Gentamicine a présenté une activité antibactérienne très importante sur les deux souches bactériennes testées (*E.Coli* et *S.Aureus*) avec une zone d'inhibition respectivement de l'ordre de 25 et 24 mm , Même effet présenté par l'Oxytétracycline associé à l'extrait de feuilles sur *S.Aureus* avec un diamètre de zone d'inhibition de 23 mm, tandis que l'association de l'extrait des feuilles de *Moringa Oleifera* avec la Pénicilline qui n'avait aucun effet bactérien sur *E.Coli* améliore l'effet avec un diamètre d'inhibition arrivant jusqu'à 15 mm. Même remarque observée lors de l'association de la Pénicilline avec l'extrait de la graine de *Moringa Oleifera* qui a amélioré l'effet de l'antibiotique avec un diamètre de 14 mm.

L'association de l'extrait éthanolique des graines de *Moringa Oleifera* associé a la gentamicine a amélioré l'effet antibactérienne pour les deux souches étudiées avec un diamètre d'inhibition allant jusqu'à 26 mm pour *S.Aureus* et 27mm pour *E.Coli*.

Conclusion

L'antibiotique Oxytétracycline n'a aucun effet sur *S. Aureus* et son association avec les extraits des graines de *Moringa Oleifera* n'améliore pas son activité antibactérienne.

On conclut que les extraits de *Moringa Oleifera* (feuilles, graines) présentent un effet inhibiteur intéressant contre les souches testées.

De nombreuses perspectives découlent de cette étude où plusieurs travaux peuvent être suggérées dans la continuité de ces travaux comme :

- Elargir le cadre des conditions d'extraction des principes actifs en utilisant d'autres procédés d'extraction.
- Identification Des principes actifs responsables de l'activité biologique et les isoler.
- Etudier l'effet des autres parties de la plante.
- Tester l'activité antibactérienne de nos extraits combinés avec d'autres antibiotiques comme AMPICILINE, TETRACYCLINE.....

Références bibliographiques

Bouyahya · Y. Bakri · A. Et-Touys · A. Talbaoui · A. Khouchlaa · S. Charfi · J. Abrini · N. Dakka 2017 Résistance aux antibiotiques et mécanismes d'action des huiles essentielles contre les bactéries Resistance to Antibiotics and Mechanisms of Action of Essential Oils against Bacteria Article in Phytothérapie p 2.

Abubakar I., Usman A, 2016; Phytochemical and antibacterial investigations of moringa (*Moringa oleifera*) leaf extract on selected bacterial pathogens, Journal of Microbiology and Antimicrobials. 8(5), PP. 28-33.

Abubakar Idris and Usman Abubakar, 2016; Phytochemical and antibacterial investigations of Moringa (*Moringa Oleifera*) leaf extract on selected bacterial pathogens.

Accarias, S, 2014 ; Impact du phénotype des macrophages résidents sur la nature de la réponse inflammatoire précoce lors d'une infection par *Staphylococcus aureus* (Doctoral dissertation, Université de Toulouse, Université Toulouse III-Paul Sabatier.

Adanson 1763 : Document FORMAD Environnement p 3.

Ahmed A 2022 ; valorisation de l'activité antibactérienne de cinq plantes locales. Mémoire de master en biotechnologie ; Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou p 26.

Akli S et Amrouche N,2021; Antibioresistance et résistance au sérum de souches d'*Escherichia coli* d'origine aviaire, mémoire de master en biologie, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

alain R., bernard J., 2002 ; Entérobactéries. Ed lavoisier. 29-38.

Amjad et al., 2015 : Latla Saadia Oulad laid Meriem : Thème : . Etude des fractions Lipidiques et Protéiques des extraits de quatre parties de *Moringa Oleifera L* (Feuilles, Fleurs, Gousses et Graines) Cultivée à Metlili (Ghardaïa).p 5.

Argudin M., Mendoza MC., Gonzalez-Hevia MA., Bances M., Guerra B., and Rodicio R.(2012). Genotype, exotoxin gene content, antimicrobial resistance of *Staphylococcus aureus* strains recovered from food and food handlers. Applied and environmental microbiology **78**: 2930-2935.

Atakpama W., Goussivi E., Kponor E., Kanda M., Dourma M., Nare M., BatawilaK.,et Akpagana K. (2014): *Moringa oleifera* LAMARCK (MORINGACEAE) : une ressource phylogénétique à usage multiple, Semestriel du Conseil Africain et Malgache pour

Références bibliographiques

l'Enseignement Supérieur Science de la vie, de la terre et agronomie (SVT-A), Revue CAMES, V2, N 1, Madagascar, p 15.

Avril JL., Dabernat H., Denis F., Monteil H, 1992 ; Bactériologie clinique. 2^{ème} édition, Ellipses, Paris.

Avril JL., Dabernat H., Denis F., Monteil H., 2000 ; Bactériologie clinique. 3^{ème} édition. Ellipses, Paris. 602p.

Avril, Jean-Loup; Dabernat Henry; Denis François; Monteil Henri, 2000 Bacteriologie clinique 2^{ème} édition Marketing, Paris.

Awa Ndiaye SY., Alioune diorfall , Mamadou Ndiaye, Rokhaya Ndiayel Khadim Sylla Gueye, Emmanuel Bassene , Amadou Moctar Dieye et Guata Yoro SY.,2018 ;Evaluation de l'activité antioxydant des feuilles de *Moringa Oleifera Lam.*(Moringaceae) du Sénégal. ISSN 1997-342X (Online), ISSN 1991-8631.

Azzam A et Achir N ,2017 ; Evaluation de la résistance des bactéries isolées de suppurations aux antibiotiques au CHU de Tizi Ouzou ; Docteur en Pharmacie en pharmacie ; Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

Becker, K., Harmsen, D., Mellmann, A., Meier, C., Schumann, P., Peters, G., & von 2004 Eiff, C .Development and evaluation of a quality controlled ribosomal sequence database for 16S ribosomal DNA based identification of Staphylococcus species. Journal of Clinical Microbiology 42(11).

Bekhachi CH et Seladji ,2021 ; Activité antibactérienne et anti biofilms d'huile essentielle contre Staphylococcus aureus souche associés à des infections hospitalières ; Mémoire de master en biologie ; Université de Tlemcen.

BELAL F, Ben Zaid B, Bouarab, BoudinaraA; 2021. Escherichia coli uropathogène : fréquence et résistance aux antibiotiques au CHU Nedir Mohammed de Tizi-Ouzou, these de Diplôme de Docteur en Pharmacie .Université Mouloud Mammeri TO.

Belgaid S et Chikhoun L, 2006 ; Étude de l'active antimicrobienne et antifongique des extraits du philoms BOVEI NOE, Préparation d'une forme pharmaceutique. Mémoire de master ;Univirsite Mouloud Mammeri de Tizi ouzou.

Benbouabdlah S et ,Ziane D ;2015. Prévalence de souches de *Staphylococcus aureus* dans le lait cru et les produits laitiers artisanaux ;Mémoire de master en Biologie ; Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

Beth Doerr and Lindsay Cameron 2005; Poudre de Feuilles de Moringa

Références bibliographiques

Biochemical characterization and anti-inflammatory properties of an isothiocyanateenriched.

Bouhalina A, et Bressa, Z ,2021 ; Activité antibactérienne des feuilles d'extrait de la Moringa Oleifera Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie Spécialité : Nutrition et pathologie.

Boussoufa N, 2018 ; Effet des extraits de Moringa oleifera sur les isolats des staphylocoques à coagulase négative Spécialité: microbiologie appliquée Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie p 33.

Broin M, 2005 ; Composition nutritionnelle des feuilles de Moringa oleifera. CTA. 5 Disponible sur <http://www.moringanews.org>..

Carles S, 2012 ; La résistance aux antibiotiques : un enjeu de santé publique important. Phamactuel Vol. 42 Supplément 2 Décembre 2009. Le parrainage des antimicrobiens : vision 2010.

Chikh Y et Mohammedi N ; 2020 ; Isolement de Staphylococcus aureus chez le bovin laitier et résistance des isolats aux antibiotiques, mémoire de master en biologie. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

Chikh Y et Mohammedi N ; 2020 ; Isolement de Staphylococcus aureus chez le bovin laitier et résistance des isolats aux antibiotiques, mémoire de master en biologie. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou

Coffee Calvin Tinashe Traore Adama 2019 ; ADSORPTION D'UNE POLLUTION MINERALE ET ORGANIQUE SUR LES FEUILLES ET GRAINES DE MORINGA » Université des Sciences et de la Technologie d'Oran « Mohamed BOUDIAF » Faculté de Chimie Département de Génie Chimique Spécialité : Génie Chimique (GC) p 8.

Cowan, M. M. (1999). Plant products as antimicrobial agents. *Clinical Microbiology Reviews*, **12** (4): 564-582.

DANS LE TRAITEMENT DES EAUX. These de master en SCIENCES ET GENIE DE L'ENVIRONNEMENT, Université Akli Mohand Oulhadj, Bouira p1.

Darguère.J.M., 2003; Les antibiotiques. Intérêts, limites, alternatives naturelles, paru le 09/01/2003, Dangles, p1-2.

Denis F, Poly MC, Martin Ch, Bingen E, Quentin R., 2007; Bactériologie médicale. Techniques usuelles. 2ème édition. Edition MASSON, Paris. 784p.

Djerboua, Toufik. 2018 Les antibiotiques. [Présentation]. Tizi-Ouzou, Algérie : s.n.,

Références bibliographiques

Fahey, J. W., 2005. Moringaoleifera: A review of the medical evidence for its nutritional, therapeutic, and prophylactic properties. Part 1. Phytochemistry.

Falleh, H. ; Ksouri, R. ; Chaieb, K. ; Karray-Bouraoui, N. ; Trabelsi, N. ; Boulaaba, M. et Abdelly, C. (2008). Phenolic composition of *Cynara cardunculus* L. organs, and their biological activities. *Comptes Rendus Biologies*, **331**: 372–379.

FAO, 1982 : «Espèces fruitières forestières». Fiches techniques avec l'assistance de l'office central suédois pour l'aide au développement international : page 137-141.

Farah h,bouzad h,2018 ; Evaluation de l'effet antibactérien et antiparasitaire des graines de Moringa oleifera dans le domaine de traitement des eaux usées Université Djilali Bonamia Khemis Miliana Faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre Département de Biologie Spécialité: Microbiologie appliquée p10.

Fauchère JL., et Avril JL, 2002 ; Bactériologie générale et médicale. Ellipses, Paris. pp. 213-217.

Firth J., Balraj V., Muliyl J., Roy S., Rani L M., Chandresekhar R., et Kang G. (2010). Point-of-use interventions to decrease contamination of drinking water: a randomized, controlled pilot study on efficacy, effectiveness, and acceptability of closed containers, Moringa oleifera, and In-home Chlorination in Rural South India. *Am. J. Trop. Med. Hyg*, 82(5), pp. 759–765 doi:10.4269/ajtmh.2010.09-0206.

Floret D ,2001 ; Aspects cliniques des syndromes toxémiques Streptococciques et **Foidl N., Makkar H.P.S. et Becker K.2001** :« POTENTIEL DE MORINGA OLEIFERA EN AGRICULTURE ET DANS L'INDUSTRIE». Document d'origine la fiche Potentiel de développement des produits du Moringa 29 octobre - 2 novembre 2001, Dar es Salaam, Tanzanie. Page 2, 3,8,9,10,11,15,16.

Fuglie, L. J., 2001; Combating Malnutrition with Moringa In: LowelFugile, J. (Ed). The Miracle Tree: The Multiple Attributes of Moringa. CTA Publication wageningen, the Netherlands. Pp.117-136.

Gansmandel T. 2011 Etude épidémiologique des résistances d'Escherichia Coli BLSE au centre hospitalier de Valenciennes en 2006. Mémoire pour le DES de biologie médicale. Lille, Université de Lille 2, 145 p.

Garima, M., Pradeep S., Ramesh V. et al., 2011. Traditional uses, phytochemistry and pharmacological properties of Moringaoleifera plant: An overview. *Der Pharmacia Letter*.;pg

Références bibliographiques

35 (2):141-164. généralités, antibiotiques actifs, résistances acquises, et implication en pathologie communautaire illustrée par l'exemple des infections acquises au cours de la pratique sportive». Thèse de Doctorat en Pharmacie. Université d'ANGERS Des Sciences Pharmaceutiques et d'Ingénierie de la Santé, France.

Gopalakrishnan L., Kruthi D. et Devarai S. K., 2016 -Moringaoleifera: A review on nutritive importance and its medicinal application. *Food Science and Human Wellness* 5: 49.

Grace D., Fetsch, 2018. *Staphylococcus aureus*_a forborne pathogen: epidemiology, detection, characterisation, prevention, and: an overview. In: *Staphylococcus aureus*.

Guardabassi L., CourvalinP, 2006; Modes of antimicrobial action and mechanisms of bacterial resistance. In: Aarestrup F.M. (Ed.), *Antimicrobial resistance in bacteria of animal origin*. ASM Press : Washington, , 1-18.

Hamdad B ., Rahem A .,2015 UTILISATION DU MORINGA OLEIFERA.

Haouachime I et KHennache O ; 2017, Etude de l'activité antibactérienne d'extraits.

Hennekine JA. (2018). *Staphylococcus aureus* as a leading cause of foodborne outbreaks worldwide. In: *Staphylococcus aureus*.pp.129-146.

Idris M A., Jami M S., Hammed A M., et Jamal P. (2016; *Moringa oleifera* Seed Extract: A Review on Its Environmental Applications. V11, N 6, pp. Malaysia 1469-1486, ISSN 0973-6077.

Iram G, Attia Javed, Muhammad Shahbaz Aslam, Roohi Mushtaq, and Muhammad Amin Athar; 2016 Research Article Use of *Moringa Oleifera* Flower Pod Extract as Natural Preservative and Development of SCAR Marker for Its DNA Based Identification Institute of Biochemistry and Biotechnology, University of the Punjab, Quaid-i-Azam Campus, Lahore 54590, Pakistan Department of Biochemistry and Biotechnology, University of Sargodha, Lahore Campus, Lahore 53800, Pakistan.

Jaja-Chimedza A, Graf B.L, Simmler C, Kim Y, Kuhn P, Pauli GF et al., (2017):

Jan J, Hur H. G., Sadowsky M. J., Byappanahalli M. N., Yan T. and Ishi S., 2017; Environmental *Escherichia coli*: ecology and public health implications-a review. *J ApplMicrobiol.* 123(3):570-581.

John A. Parrotta,2009;[United States Department of Agriculture](#) Enzyklopädie der Holzgewächse, Handbuch und Atlas der Dendrologie A. Roloff, H. Weisgerber, U. Lang, B. Stimm Copyright © 2009 WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim ISBN: 978-

Références bibliographiques

3-527-32141-4 *Moringa oleifera* LAM., 1785 syn.: *Guilandina moringa* LAM.; *Hyperanthera moringa* WILLD.; *Moringa nux-ben* PERR.; *Moringa pterygosperma* GAERTN., 1791 p 3.

Joly B. et Reynaua A, 2002 ; Entérobactéries systématique et méthodes de diagnostic. Edition TEC & DOC.

Khelifa, M., Bahloul A.& Kitane S, 2013; Determination of Chemical Composition of Carob Pod (*Ceratonia Siliqua* L) and its Morphological Study. *J. Mater.* 4 (3), PP: 348-353.

Kluytmans et al, 1997 Methicillin resistant *Staphylococcus aureus* in food product: case for complacency European Society of Clinical Microbiology and Infection Diseases.

Larabi Dounia Racha 2021 L'évaluation de l'activité antibactérienne des extraits de *Moringa Oleifera* Université ABOUBEKR BELKAID – TLEMCEN Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, et des Sciences de la Terre et de l'Univers Département de biologie Laboratoire de microbiologie au département de biologie à la faculté SNV-STU. Université de TELMCEN Option : Biochimie appliquée.

Leone A, Spada A, Battezzati A, Schiraldi A, Aristil J, Bertoli S, (2016): *Moringaoleifera* Seeds and Oil: Characteristics and Uses for Human Health : An overview. *Int.J. Mol. Sci*, 17, 2141. édition Maurizio Battino université de milan, Italie

Levine M, 1987; *Escherichia coli* that cause diarrhea: enterotoxigenic, enteropathogenic, enteroinvasive, enterohemorrhagic, and enteroadherent. *Journal of infectious Diseases.* 155, 377-389.

Licitra G. 2013; *Staphylococcus*. *Emerging in infectious diseases* **19**: 1553p.

Liu GY., Essex A., Buchanan JT., Datta V., Hoffiman HM., Bastian JF., Fierer J., Nizet. (2005). *Staphylococcus aureus* golden pigment impairs neutrophil killin and promotes virulence through its antioxidant activity. *The journal of experimental medicine* **202**: 209-215.

Lockett, C. T., Christopher, C. C., Grivetti, L. E., 2000. Energy and micronutrient composition of dietary and medicinal wild plants consumed during drought. Study of rural fulani, northeastern Nigeria. *International Journal of food sciences and nutrition.* Volume 51(3). p.p.: 195-208.

Loir Y. et Gautier M, 2010 ; « Monographie de la microbiologie : *Staphylococcus aureus* ». Tec et Doc, Lavoisier, Paris.

Références bibliographiques

Louni, 2009. Extraction et caractérisation physicochimique de l'huile de graines de Moringa oleifera. Mémoire de Magister. Ecole nationale supérieure agronomique El-Harrach, Alger, Algérie. p. 15.

Mainil J, 2013; Escherichia coli virulence factors. Vet Immunopathol. 152(1-2):2-12.

MÄlanie Broin Document : Composition nutritionnelle des feuilles de Moringa oleifera <http://www.moringanews.org> : Centre Technique de CoopÄration Agricole et rurale (CTA) – ACP-UE p 2-3.

Mandell GL, Bennett JE, Dolin R. Mandell. 2009 Douglas and Bennett's principles and practice of infectious diseases. Sixième édition, Elsevier, Churchill Livingstone éditeurs, USA. Édition en ligne. <http://www.ppidon-line.com> (site visité le 1er avril 2009).

Mangale S. M., Chonde S. G., Jadhav A. S., and Raut P. D. Study of Moringa oleifera (Drumstick) seed as natural Absorbent and Antimicrobial agent for River water treatment Scholars Research Library J. Nat. Prod. Plant Resour., 2012, 2 (1):89-100 (<http://scholarsresearchlibrary.com/archive.html>).

Mehdi Saadaoui : 2008, La fréquence des bactéries multi résistante a l'hôpital Hassan ii de Settat UNIVERSITE MOHAMMED V FACULTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE – RABAT.

Minor, L., & Veron, M ,1990 ; Bactériologie Médicale «Staphylococcus et Micrococcus» J. Fleurette, 2, 773-794.

Moreira, M.R., Ponce, A.G., Del Valle, C.E., Roura, S.I., 2005;Inhibitory parameters of essential oils to reduce a foodborne pathogen. Leaving Water Temperature, 38: 565-570.

Moringa (Moringa Oleifera) seed extract.USA, PLOS ONE 12(8): e0182658.

Muylaert A., Mainil J.G 2012 Résistances bactériennes aux antibiotiques : les mécanismes et leur « contagiosité » Service de Bactériologie, Département des Maladies infectieuses et parasitaires, Faculté de Médecine vétérinaire, Université de Liège, 20 Boulevard de Colonster, bâtiment 43a, 4000 Liège. Correspondance : docteur Adeline Muylaert Email : amuylaert@ulg.ac.be. P 112_ 113.

Nauciel C, Vildé JL, 2005 ; Escherichia coli. In Bactériologie médicale. 2èmeédition. Edition MASSON, Paris. Pp 122-125.

Références bibliographiques

Nawaz, H.; Shi, J.; Mittal, G. S. et Kakuda, Y. (2006). Extraction of polyphenols from grape seeds and concentration by ultrafiltration. *Separation and Purification Technology*, **48**: 176– 181

Ndong, M., Wade, S., Dossou, N., Guiro, A.T., Gning, R. D., 2007. Valeur nutritionnelle du *Moringa oleifera*, étude de la biodisponibilité du fer, effet de l'enrichissement de divers plats traditionnels sénégalais avec la poudre des feuilles. *African Journal of Food Agriculture Nutrition and Development*. Volume 7(3). p.p.: 1684-53.

Nhan TX., Gillet Y., Vandenesch F., 2012 ; Diagnostic et traitements des infections

Olson, M.E, 2001. Wood and bark anatomy in *Moringa* (Moringaceae). *Haseltonia*.;pg : 8: 85-121. *Medicine*. 3(8): 623-627.

Oluwole S Ijarotimi, Oluwole A Adeoti,¹ and Oluwaseun Ariyo Comparative study on nutrient composition, phytochemical, and functional characteristics of raw, germinated, and fermented *Moringa oleifera* seed flour.

Orwin PM., Fitzgerald JR., Leung DYM., Gutierrez JA., Bohach GA., Schleivert PM. (2013). Characterization of *Staphylococcus aureus* enterotoxin L. *Infection and immunity* **71**: 2916-2919.

Ouidar Soraya 2018 ; Evaluation de l'activité antibactérienne de l'huile essentielle de *Syzygium aromaticum* vis-à-vis des bactéries responsables d'infections urinaires
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE MINISTERE DE
L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE Département
biochimie microbiologie SPECIALITE : BIOTECHNOLOGIE MICROBIENNE.

Oulymata G, 2007 ; Utilisation des méthodes biométriques dans l'identification de quelques bacilles à Gram négatif. Thèse de Doctorat en Pharmacie. Université de Mali. 21p p 23-24.

Poumaye, N., Mabingui, J., Lutgen, P., and Bigan, M. (2012); "Contribution to the clarification of surface water from the *Moringa oleifera*: Case M'Poko River to Bangui, Central African Republic." *Chemical Engineering Research and Design*, 90(12), 2346-2352.

Prescott, LM., Harley , JP., Klein D. 2010 Microbiologie. 2ème Edition Française. De Boeck Université.

Prescott, LM., Harley, JP., Klein D. 2010 Microbiologie. 2ème Edition Française. De Boeck Université.

Références bibliographiques

Robert D., 2013 ;«Staphylococcus aureus résistant à la méticilline (SARM):

Sahar M. Kheir, Kafi S K and Haitham Elbir 2014; The antimicrobial activity and phytochemical Characteristic of oringa Oleifera,seeds,leaves and flower,Department of Microbiology National Ribat University Hospital. Tropical Medicine Research Institute, Department of Microbiology. Khartoum-Sudan.

Saint Sauveur, A., Broin, M., 2010. Produire et transformer les feuilles de Moringa. Editions CTA, CDE, Horizon Gémeno éd, France. p. 69.

Sandra Pierrot ,2015 ; Partage de bactéries multi résistances en structure d'accueil pour personnes âgées : Evaluation d'une politique de dépistage cible en fonction des facteurs de risques, Université de lorraine faculté de pharmacie P10.

Senka D`idi}1, Jagoda [u{kovi}2* and Bla`enka Kos (2008) review Antibiotic Resistance Mechanisms in Bacteria: Biochemical and Genetic Aspects p 13-14-15.

Seshadri, S., Nambiar, V. S., 2004. Kanjero (Digera arvensis) and drumstick leaves (Moringa oleifera): Nutrient profile and potential for human consumption. World Review of Nutrition and Dietetics. Volume 91. p.p.: 41-59.

Staphylococcus aureus dans le lait cru et les produits laitiers artisanaux ;mémoire de master en Biologie ; Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou

Staphylococcus aureus Lineages in the Animal-Human Interface. In: Staphylococcus aureus. Pp.189-214.

Stone A., Massey A., Theobald M., Styslinger M., Kane D., Kandy D., Alex T., Abisola A.,Janeen M. et Elena D., 2011 - Africa`s Indigenous Crops. Innovations that Nourish the Planet, P 21.

Sylvie Carle, B.Pharm, M.Sc., 2009 Article La résistance aux antibiotiques : un enjeu de santé publique important p 7-9-10-11.

Thomer L., Schneewind O., Missiakas D, 2016; Pathogenesis of Staphylococcus aureus bloods tream infections. Annal review of pathology méchanisms of disease **11**: 343-364

Thurber, M. D., Fahey, J. W., 2009. Adoption of Moringa oleifera to combat under-nutrition viewed through the lens of the —diffusion of innovations| theory. Ecology of food and nutrition. Volume 48(3). p.p.: 212-225.

toxiques à Staphylococcus aureus. Journal des anti-infectieux **14**. 117-126.

Références bibliographiques

www.cdc.gov/eid. (Consulté le 3/04/2019).

Yogesh et al, 2017 Yusuf J., Yuakubu M B., et Balarabe A M., 2015; The Use of Moringa Oleifera Seed As A Coagulant For Domestic Water Purification. Journal of Pharmacy and Biological Sciences (IOSR-JPBS, p-ISSN: 2319-7676. Vol 10, N 1, PP.06-09.

Zaidi Z et Boubguira Kh, 2021 ; Les intoxications alimentaires d'origine bactérienne. Université Larbi Ben M'Hidi Oum El Bouaghi Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie Département des Sciences p 4.

<http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-809671-0.00001->

[2https://www.shutterstock.com/fr/search/moringa-fruit](https://www.shutterstock.com/fr/search/moringa-fruit) web 1

<https://www.aquaportail.com/definition-10543-staphylocoque.html> web 2

<https://www.alamyimages.fr/photos-images/escherichia-coli.html> web 3

Annexes

Annexe1



Figure1 : *Extrait des feuilles de Moringa Oleifera*



Figure 2: *Extrait graine de Moringa Oleifera*



Figure 3:*Milieu de culture et les boites des bactéries*



Figure 4 : *Rota vapure*



Figure 5 : *Mécanisme de macération (Feuilles, graines)*

Annexe2



Figure 6: Mécanisme de macération



Figure 7 : Bain Marine



Figure 8: Matériels utilisés



Figure 9: Bec benzène



Figure 10 : Dilutions des extraits de Moringa Oleifera

Résumé

L'objectif de la présente étude est d'évaluer l'activité antibactérienne des extraits de deux parties de la plante *Moringa Oleifera* (feuilles et graines) de deux souches bactériennes à savoir, *Staphylococcus aureus* ATCC25923 et *Escherichia Coli* ATCC25922 et leurs interactions avec les antibiotiques. L'extrait des graines a montré un effet important en inhibant la croissance des deux souches testées avec une zone d'inhibition de 16 mm pour *S.aureus* et un diamètre moyen de 13 mm pour *E.Coli*. Aussi l'extrait éthanolique des feuilles de *Moringa Oleifera* a un effet très important sur les deux souches avec un diamètre de 15 mm pour les deux. L'association des antibiotiques avec l'extrait de graines a montré un effet complémentaire et affecte la croissance des bactéries, Le même effet est remarqué lors de leur association avec l'extrait de feuilles de *Moringa*. L'association de l'antibiotique Oxytétracycline avec l'extrait de graines de *Moringa* n'améliore pas son activité antibactérienne. On conclut que les extraits éthanoliques de *Moringa Oleifera* (feuilles et graines) présentent un effet inhibiteur intéressant sur les souches testées.

Mots clés : *Moringa Oleifera* –Extrait Éthanolique –Antibiotiques Activités Antibactériennes

Abstract

The objective of this study is to evaluate the antibacterial activity of extracts of two parts of the *Moringa Oleifera* plant (leaves and seeds) of two bacterial strains, namely *Staphylococcus aureus* ATCC25923 and *Escherichia Coli* ATCC25922 and their interaction with antibiotics. The seed extract showed a significant effect in inhibiting the growth of the two strains tested with a zone of inhibition of 16 mm for *S.aureus* and an average diameter of 13 mm for *E.Coli*. Also the ethanolic extract of *Moringa Oleifera* leaves has a very significant effect on the two strains with a diameter of 15 mm for both. The association of antibiotics with the seed extract has shown a complementary effect and affects the growth of bacteria. The same effect is noticed when they are associated with the *Moringa* leaf extract. Combining the antibiotic oxytetracycline with *Moringa* seed extract does not improve its antibacterial activity. It is concluded that the ethanolic extracts of *Moringa Oleifera* (leaves and seeds) exhibit an interesting inhibitory effect on the strains tested.

Keywords: *Moringa Oleifera* –Ethanol Extract –Antibiotics Antibacterial Activities