

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
جامعة الجيلالي بونعاما خميس مليانة  
Université Djilali Bounaama de Khemis Miliana  
Faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre  
Département de Biologie



*Mémoire de fin d'études*

En vue de l'obtention du diplôme de Master

**Domaine :** sciences de la nature et de la vie

**Filière :** Biologie

**Spécialité :** Microbiologie appliquée.

## *Etude de l'activité antimicrobienne des extraits de Lawsonia inermis L.*

**Présenté par:**

- ZERFAOUI Hanane
- BENAMAR Amel
- BENKOUTA Elalia

**Devant le jury :**

<b>Mr ZAOUADI N</b>	MCB	Président	(U.D.B Khemis Miliana)
<b>Mm MOSTEFA SARI F</b>	MAB	Promoteur	(U.D.B Khemis Miliana)
<b>Mm SAADI F</b>	MCA	Examinatrice	(U.D.B Khemis Miliana)

**Année universitaire : 2021/2022**

## **Remerciements**

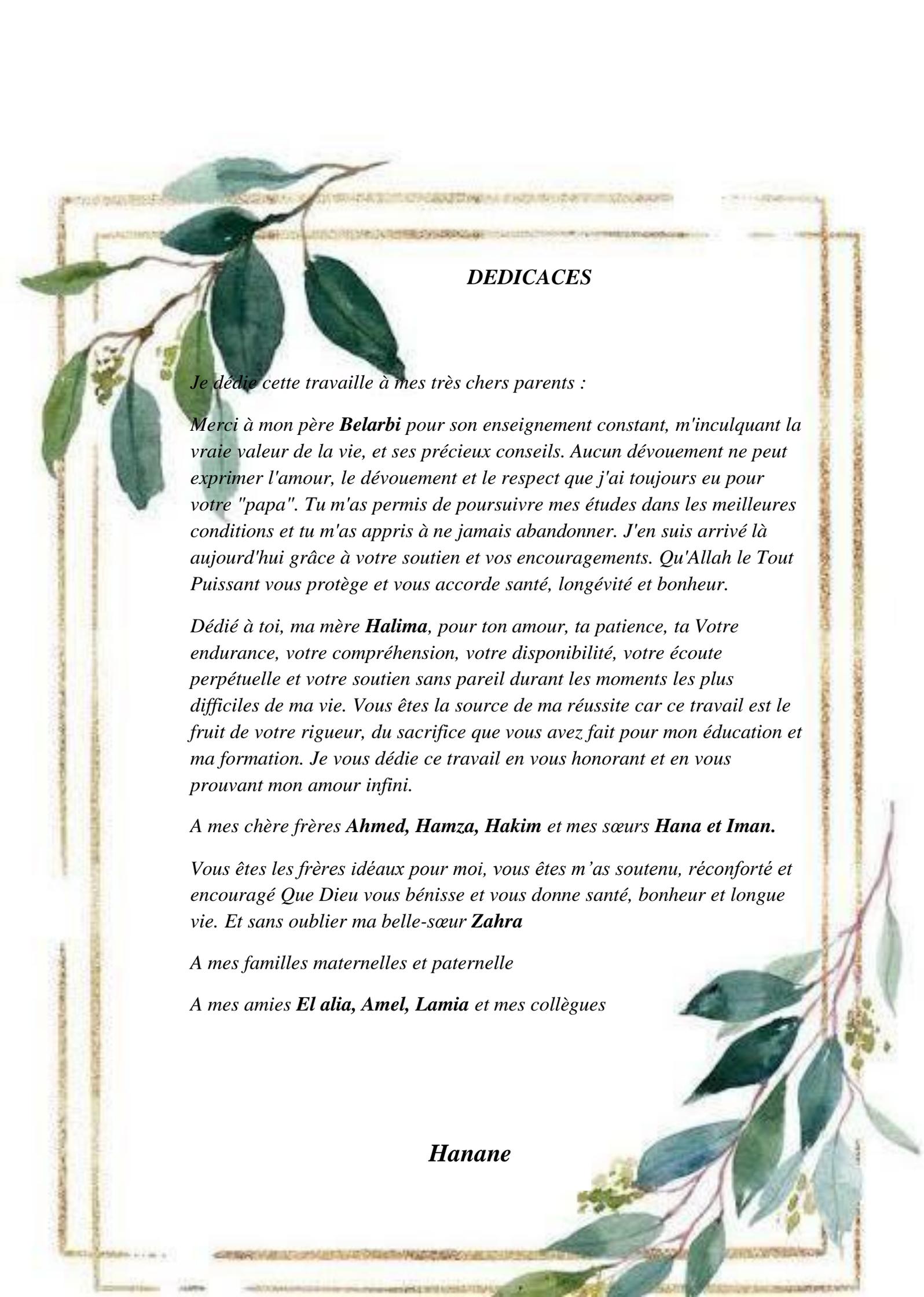
*Nous commençons par remercier ALLAH le tout puissant de nous avoir donné la volonté, l'amour du savoir et surtout le courage et la patience pour effectuer ce modeste travail. En préambule à ce mémoire, nous souhaitons adresser nos remerciements les plus sincères aux personnes qui nous ont apporté leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire. Nous tenons à remercier chaleureusement Mme. **MOSTEPHA SARI. F** notre promotrice de mémoire, pour avoir acceptée de nous encadrer et pour tous les conseils Techniques, les encouragements, les orientations qu'elle nous a prodigués durant la préparation de notre mémoire. Nous tenons à exprimer notre reconnaissance envers Mm **SAADI F** qui a eu la gentillesse de lire et d'examiner ce travail.*

*Nous sommes conscientes de l'honneur que nous a fait Mm **ZAOUADI N** étant président du jury. Nous aimerions exprimer notre gratitude et nos remerciements à tous les membres de jury.*

*N'oublions pas **nos parents** pour leur contribution, leur soutien et leur patience.*

*Nos remerciements vont également les équipes de laboratoire **Mm Nadjiba, Aicha, Keltoum, Afaf**, qui nous a aidé à chaque étape de notre travaille, et toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

*Enfin, nous adressons nos remerciements à notre promotion, **Master II Microbiologie Appliquée 2022** à tous **nos proches et amies** qui nous ont toujours soutenues et encouragées au cours de la réalisation de ce mémoire. Merci à toutes et à tous.*



## **DEDICACES**

*Je dédie cette travaille à mes très chers parents :*

*Merci à mon père **Belarbi** pour son enseignement constant, m'inculquant la vraie valeur de la vie, et ses précieux conseils. Aucun dévouement ne peut exprimer l'amour, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour votre "papa". Tu m'as permis de poursuivre mes études dans les meilleures conditions et tu m'as appris à ne jamais abandonner. J'en suis arrivé là aujourd'hui grâce à votre soutien et vos encouragements. Qu'Allah le Tout Puissant vous protège et vous accorde santé, longévité et bonheur.*

*Dédié à toi, ma mère **Halima**, pour ton amour, ta patience, ta Votre endurance, votre compréhension, votre disponibilité, votre écoute perpétuelle et votre soutien sans pareil durant les moments les plus difficiles de ma vie. Vous êtes la source de ma réussite car ce travail est le fruit de votre rigueur, du sacrifice que vous avez fait pour mon éducation et ma formation. Je vous dédie ce travail en vous honorant et en vous prouvant mon amour infini.*

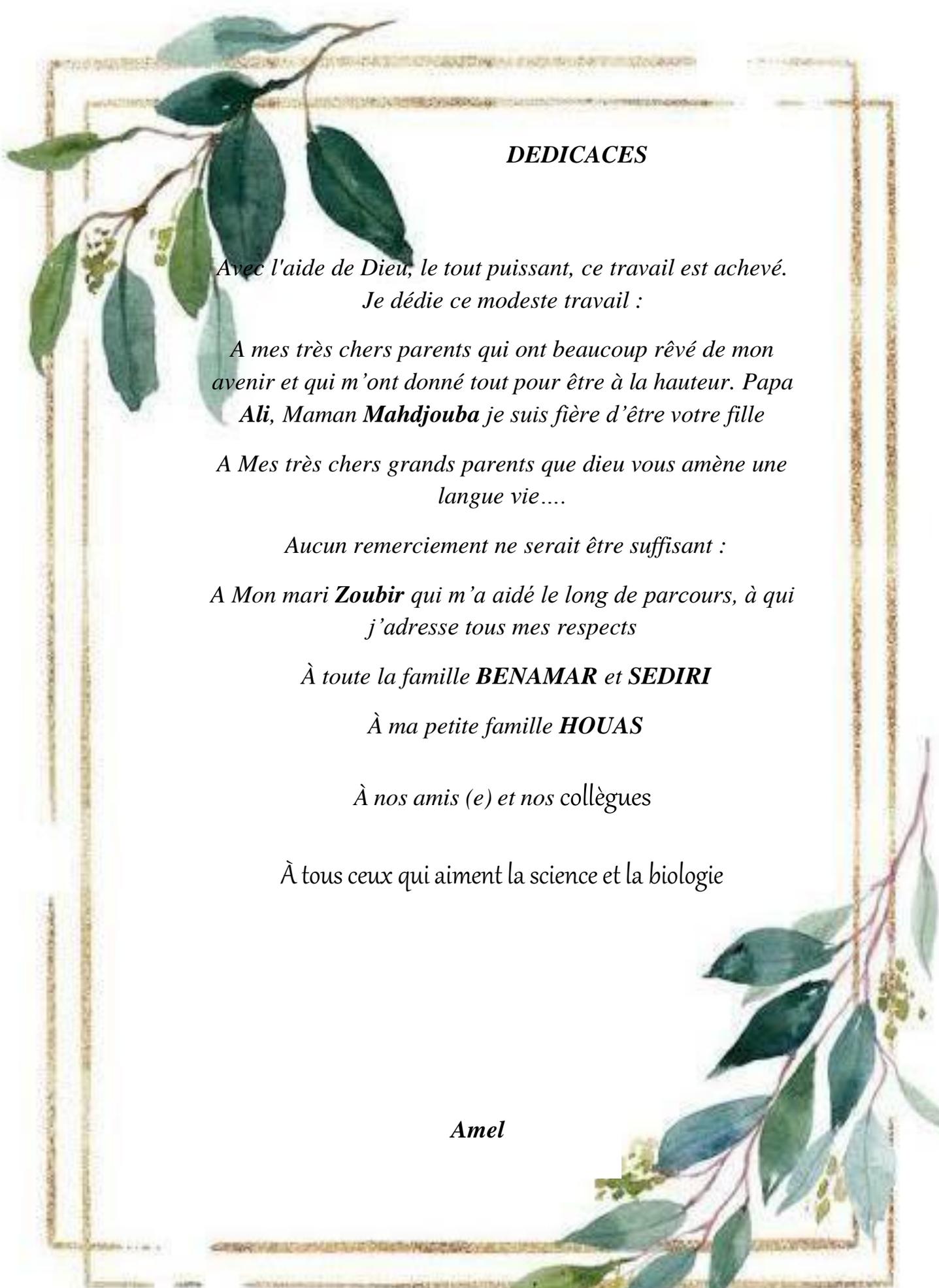
*A mes chère frères **Ahmed, Hamza, Hakim** et mes sœurs **Hana et Iman**.*

*Vous êtes les frères idéaux pour moi, vous êtes m'as soutenu, réconforté et encouragé Que Dieu vous bénisse et vous donne santé, bonheur et longue vie. Et sans oublier ma belle-sœur **Zahra***

*A mes familles maternelles et paternelle*

*A mes amies **El alia, Amel, Lamia** et mes collègues*

**Hanane**



## *DEDICACES*

*Avec l'aide de Dieu, le tout puissant, ce travail est achevé.  
Je dédie ce modeste travail :*

*A mes très chers parents qui ont beaucoup rêvé de mon  
avenir et qui m'ont donné tout pour être à la hauteur. Papa  
**Ali**, Maman **Mahdjouba** je suis fière d'être votre fille*

*A Mes très chers grands parents que dieu vous amène une  
langue vie....*

*Aucun remerciement ne serait être suffisant :*

*A Mon mari **Zoubir** qui m'a aidé le long de parcours, à qui  
j'adresse tous mes respects*

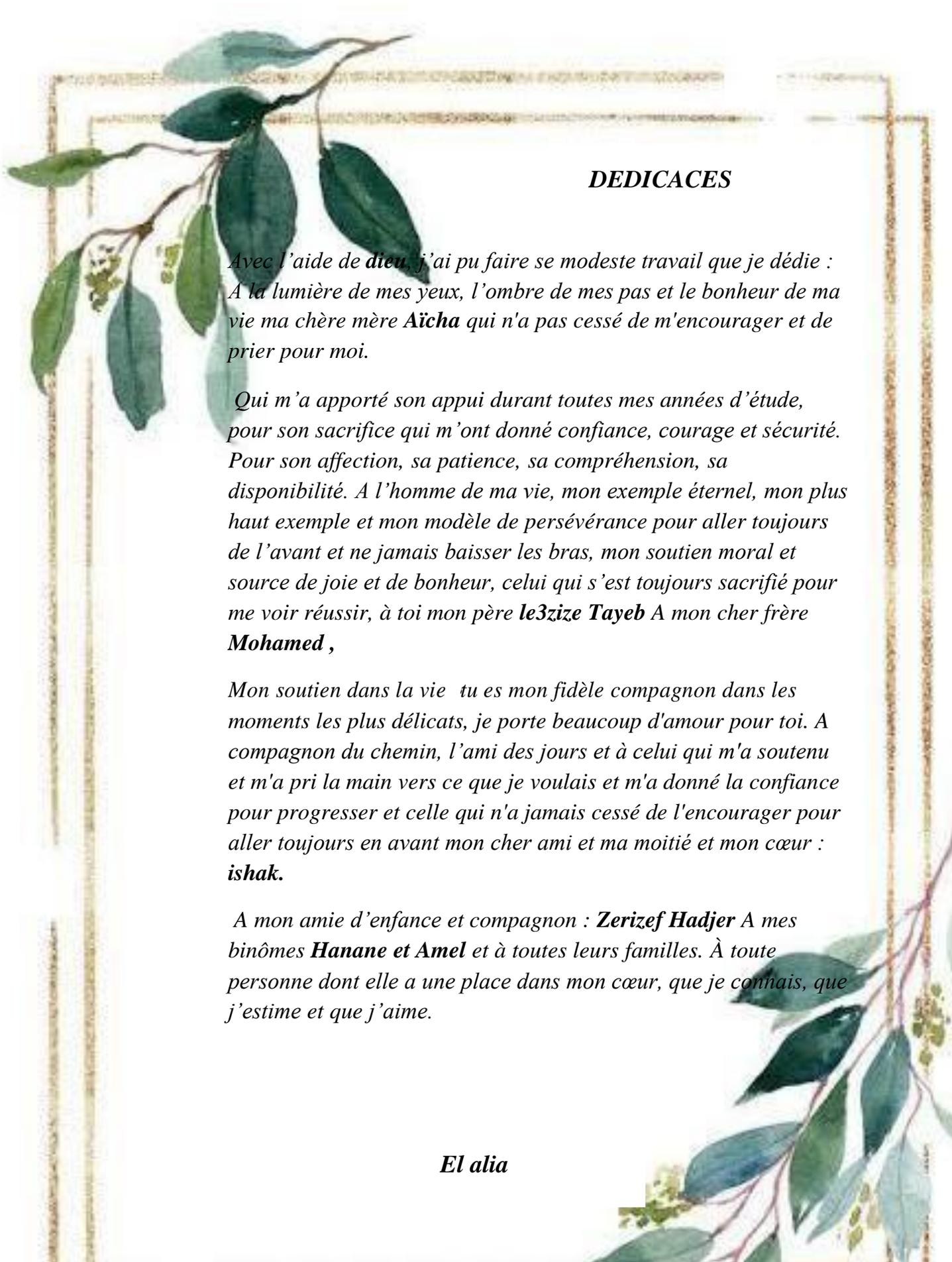
*À toute la famille **BENAMAR** et **SEDIRI***

*À ma petite famille **HOUAS***

*À nos amis (e) et nos collègues*

*À tous ceux qui aiment la science et la biologie*

*Amel*



## DEDICACES

*Avec l'aide de **dieu**, j'ai pu faire se modeste travail que je dédie :  
A la lumière de mes yeux, l'ombre de mes pas et le bonheur de ma  
vie ma chère mère **Aïcha** qui n'a pas cessé de m'encourager et de  
prier pour moi.*

*Qui m'a apporté son appui durant toutes mes années d'étude,  
pour son sacrifice qui m'ont donné confiance, courage et sécurité.  
Pour son affection, sa patience, sa compréhension, sa  
disponibilité. A l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon plus  
haut exemple et mon modèle de persévérance pour aller toujours  
de l'avant et ne jamais baisser les bras, mon soutien moral et  
source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour  
me voir réussir, à toi mon père **le3zize Tayeb** A mon cher frère  
**Mohamed**,*

*Mon soutien dans la vie tu es mon fidèle compagnon dans les  
moments les plus délicats, je porte beaucoup d'amour pour toi. A  
compagnon du chemin, l'ami des jours et à celui qui m'a soutenu  
et m'a prié la main vers ce que je voulais et m'a donné la confiance  
pour progresser et celle qui n'a jamais cessé de l'encourager pour  
aller toujours en avant mon cher ami et ma moitié et mon cœur :  
**ishak**.*

*A mon amie d'enfance et compagnon : **Zerizef Hadjer** A mes  
binômes **Hanane et Amel** et à toutes leurs familles. À toute  
personne dont elle a une place dans mon cœur, que je connais, que  
j'estime et que j'aime.*

**El alia**

## **RESUME :**

La plante de henné est l'une des plantes médicinales bien connues et couramment utilisées en médecine traditionnelle. Le henné est utilisé en Irak. Il n'est pas utilisé esthétiquement pour teindre les cheveux, les mains et les pieds. De plus, des études antérieures n'ont enregistré aucune toxicité pour la plante, que ce soit sur l'homme ou sur l'animal, et pour autant son origine vient de son abondance dans le milieu local. Elle a été sélectionnée dans l'étude en cours.

Notre travail porte sur l'étude de l'activité antimicrobienne des extraits (aqueux et éthanolique) de la plante *Lawsonia inermis* du sud algérien. L'extraction des composants naturels des feuilles de la plante a été réalisée par la méthode d'infusion et macération.

Le test d'activité antimicrobienne a été réalisée sur sept souches bactériennes de références par la méthode de diffusion sur agar : *Staphylococcus aureus* ATCC 6538, *Salmonella typhimurium* ATCC 14028, *Clostridium sporogenes* ATCC 19404, *Escherichia coli* ATCC 8739, *Bacillus subtilis* ATCC 6633, *Staphylococcus epidermidis* ATCC 12228, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 9027. Et deux levures : *Candida Albicans* ATCC 10231, *Saccharomyces Cerevisiae* ATCC 9763. Les résultats montrent que les deux extraits de la plante de henné révèlent son potentiel antibactérien contre les souches testées (les concentrations minimales inhibitrices (CMI) varie de 40% à 100% pour l'extrait aqueux et de 10% à 100% pour l'extrait éthanolique. Par contre l'effet des deux extraits végétaux est absent sur les espèces fongiques (extrait éthanolique), ou faible (extrait aqueux).

**Mot clés :** *Lawsonia inermis* L., antimicrobienne, extrait éthanolique, extrait aqueux

## ABSTRACT :

The henna plant is one of the well-known and commonly used medicinal plants in traditional medicine. Henna is used in Iraq. It is not used cosmetically to dye hair, hands and feet. Moreover, previous studies have not recorded any toxicity for the plant, either on humans or on animals, and so far its origin comes from its abundance in the local environment. She was selected in the current study.

Our work focuses on the study of the antimicrobial activity of extracts (aqueous and ethanolic) of the *lawsonia inermis L plant* from southern Algeria. The extraction of the natural components from the leaves of the plants was carried out by the method of infusion and maceration.

The antimicrobial activity test was performed on seven reference bacterial strains by the agar diffusion method: *Staphylococcus aureus ATCC 6538*, *Salmonella typhimurium ATCC 14028*, *Clostridium sporogenes ATCC 19404*, *Escherichia coli ATCC 8739*, *Bacillus subtilis ATCC 6633*, *Staphylococcus epidermidis ATCC 12228*, *Pseudomonas aeruginosa ATCC 9027*. And two yeasts: *Candida Albicans ATCC 10231*, *Sacchaomyces Cerevisiae ATCC 9763*. The results show that the two extracts of the henna plant reveal its antibacterial potential against the strains tested (the minimum inhibitory concentrations (MIC) vary from 40% to 100 % for the aqueous extract and from 10% to 100% for the ethanolic extract. On the other hand, the effect of the two vegetable extracts is absent on the fungal species (ethanolic extract), or weak (aqueous extract).

**Keywords:** *Lawsonia inermis L.*, antimicrobial, ethanolic extract, aqueous extract.

## نبذة مختصرة

نبات الحناء من النباتات الطبية المعروفة والمستخدمة بكثرة في الطب التقليدي. تستخدم الحناء في العراق. يستخدم جماليا لصبغ الشعر واليدين والقدمين. علاوة على ذلك ، لم تسجل الدراسات السابقة أي سمية للنبات سواء على الإنسان أو الحيوان وبقدر ما يأتي أصله من وفرة في البيئة المحلية ، فقد تم اختياره في الدراسة الجارية يركز عملنا على دراسة النشاط المضاد للميكروبات للمستخلصات (المائية والإيثانولية) من نبات لاوسونيا إنرميس من جنوب الجزائر. تم استخلاص المكونات الطبيعية من أوراق النباتات بطريقة التسريب والتنعيم *Staphylococcus aureus* ATCC 6538, *Salmonella typhimurium* ATCC 14028, *Clostridium sporogenes* ATCC 19404, *Escherichia coli* ATCC 8739, *Bacillus subtilis* ATCC 6633, *Staphylococcus epidermidis* ATCC 12228, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 9027.

تظهر النتائج أن مستخلصي نبات الحناء يكشفان عن قدرته المضادة للبكتيريا ضد السلالات المختبرة (تتراوح التركيزات المثبطة من 40% إلى 100% للمستخلص المائي و من 10% إلى 100% للمستخلص الإيثانولي ، من ناحية أخرى ، فإن تأثير (MIC) الدنيا المستخلصين النباتيين غائب على الأنواع الفطرية (المستخلص الإيثانولي) أو الضعيف (المستخلص المائي)

## الكلمات المفتاحية

مضاد للميكروبات ، مستخلص إيثانولي ، مستخلص مائي *Lawsonia inermis* L.

## LISTE D'ABREVIATION

**MI** : millilitres.

**Min** : minute.

**G** : gramme.

**°** : degré.

**M** : mètre.

**%** : Pourcentage.

**Da** : daltons.

**ATCC**: American Type Culture Collection.

**PAM** : Plantes aromatiques et médicinales.

**CMI** : Concentration minimal inhibitrice.

*S.aureus* : *Staphylococcus aureus*

*S. typhimurium*: *Salmonella typhimurium*

*C. sporogenes*: *Clostridium sporogenes*

*E.coli* : *Escherichia coli*

*B. subtilis* : *Bacillus subtilis*

*S. epidermidis* : *Staphylococcus epidermidis*

*P. aeruginosa* : *Pseudomonas aeruginosa*

## LISTE DE FIGURES

Figure 1 : Feuilles de <i>L. inermis</i> L.....	7
Figure 2 : Partie aérienne avec fruits et fleurs de <i>L. inermis</i> L.....	7
Figure 3 : Localisation de <i>Lawsonia inermis</i> L. dans le monde .....	9
Figure 4 : structure de base d'Acides hydroxycinnamiques .....	13
Figure 5 : structure de base d'Acides hydroxybenzoïques .....	14
Figure 6 : structure de base des flavonoïdes .....	14
Figure 7 Principaux types de coumarines.....	19
Figure 8 : Structure chimique des coumarines .....	19
Figure 9 Structure de Tanins hydrolysables .....	21
Figure 10 Structure de Tanins condensés .....	21
Figure 11 : Structure de base de l'unité isoprène .....	24
Figure 12 : Les feuilles de <i>L. inermis</i> L.....	26
Figure 13 : Filtration stérilisante par des micro-filtres .....	29
Figure 14 : Les différent dilution de l'extrait aqueux .....	29
Figure 15 : Les différent dilution de l'extrait éthanoliques .....	30
Figure 16 : L'ensemencement en surface de la gélose MH.....	31
Figure 17 : Disques chargés de solution végétales déposé sur la gélose ensemencé.....	32
Figure 18 : Rendement des extraits de <i>L. inermis</i> L.....	33
Figure 19 : Détermination de la sensibilité des bactéries et levure à l'extrait éthanolique de <i>L.inermis</i> L. [Lesdiamètres des zones d'inhibition sont exprimés en moyennes $\pm$ Erreur standard moyenne (ESM)] .....	35
Figure 20 : Détermination de la sensibilité des bactéries et levure à l'extrait aqueux de <i>L.inermis</i> . [Les diamètres des zones d'inhibition sont exprimés en moyennes $\pm$ Erreur standard moyenne (ESM)] .....	35
Figure 21 : effet de l'extrait aqueux pur de <i>Lawsonia inermis</i> L. sur les espèces microbiennes testées (exprimé en moyenne des diamètres des zones d'inhibitions $\pm$ Erreur standard moyenne (ESM)) .....	37
Figure 22 : effet de l'extrait éthanolique pur de <i>Lawsonia inermis</i> L. sur les espèces microbiennes testées (exprimé en moyenne des diamètres des zones d'inhibitions $\pm$ Erreur standard moyenne (ESM)) .....	37

<b>Figure 23 : effet des extraits purs de <i>Lawsonia inermis</i> L sur les espèces bactériennes testées (exprimé en moyenne des diamètres des zones d'inhibitions <math>\pm</math> erreur standard moyenne (ESM)) .....</b>	<b>38</b>
<b>Figure 24 : Concentrations minimales de l'extrait aqueux en (%) de <i>Lawsonia inermis</i> L. inhibitrices (CMI) de la croissance des micro-organismes testées en (%).....</b>	<b>39</b>
<b>Figure 25 : Concentration minimales de l'extrait éthanolique de <i>Lawsonia inermis</i> L. inhibitrices (CMI) de la croissance des bactéries testées en (%).....</b>	<b>39</b>
<b>Figure 26 : Concentration minimales des extraits de <i>Lawsonia inermis</i> L. inhibitrices (CMI) de la croissance des micro-organismes testées.....</b>	<b>39</b>

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1 : Classification de <i>L.inermis</i> L.....</b>	<b>15</b>
<b>Tableau 2 : Principales classes des flavonoïdes.....</b>	<b>15</b>
<b>Tableau 3 : Distribution alimentaire des principales classes de flavonoïdes dans les aliments .....</b>	<b>17</b>
<b>Tableau 4 : Les espèces bactériennes testées.....</b>	<b>13</b>
<b>Tableau 5 : Les espèces de levures testées.....</b>	<b>14</b>
<b>Tableau 6 : Matériels non biologiques .....</b>	<b>14</b>

## Tables des matières

*Remerciements*

*Dédicace*

*Résumés*

*Liste des abréviations*

*Liste des figures*

*Liste des tableaux*

Introduction générale ..... 1

### PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

#### **Chapitre I : Les plantes médicinales et aromatiques**

1. Les plantes médicinales et aromatiques.....	3
1.1. Les plantes médicinales .....	3
1.2. Les plantes aromatiques .....	3
2. Classification des plantes médicinales.....	3
2.1. En fonction de la morphologie de la plante .....	3
2.2. En fonction physiologique ou thérapeutique.....	4
2.3. Classification chimique.....	4
3. Parties utilisées dans les plantes médicinales .....	5
4. Principales méthodes de préparation des plantes médicinales .....	5
4.1. Infusion .....	5
4.2. Décoction .....	5
4.3. Teinture alcoolique .....	6
4.4. Macération.....	6
5. Utilisation des plantes médicinales et aromatiques .....	6

#### **Chapitre II : Présentation de la plante étudiée *Lawsonia inermis L.***

1. Historique.....	7
2. Description botanique.....	7
3. Classification.....	8
4. Noms vernaculaires .....	8
4.1. Français .....	8

4.2. Arabe .....	8
4.3. Anglais .....	8
5. Nom scientifique .....	8
6. Répartition géographique.....	8
6.1. Dans le monde .....	8
6.2. En Algérie.....	9
7. Habitat .....	9
8. Les parties utilisées .....	10
9. Composition chimique.....	10
10. Utilisation Thérapeutique .....	10

### **Chapitre III : Les métabolites secondaires**

1. Généralité.....	12
2. Les métabolites secondaires.....	12
3. Classification des métabolites secondaires .....	12
3.1. Composés phénoliques.....	12
3.1.1. Principales classes des composés phénoliques .....	12
3.1.1.1. Les acides phénoliques simples .....	13
3.1.1.1.1. Acides hydroxycinnamique .....	13
3.1.1.1.2. Acides hydroxbenzoïques .....	14
3.2. Les composés polys phénoliques.....	14
3.2.1. Les flavonoïdes .....	14
3.2.1.1. Classification .....	15
3.2.1.2. Distribution.....	16
3.2.1.3. Propriété des flavonoïdes .....	18
3.2.3. Les Coumarine .....	18
3.2.3.1. Classification .....	19
3.2.3.2. Propriété des coumarines .....	19
3.2.4. Les tanins .....	20
3.2.4.1. Distribution.....	20
3.2.4.2. Classification .....	20
3.2.4.2.1. Tanins hydrolysables .....	20
3.2.4.2.2. Les tannins condensés.....	21
3.2.4.3 Propriétés de tanins .....	21
3.3. Les alcaloïdes .....	22

3.3.1. Distribution.....	22
3.3.2. Classification .....	22
3.3.2.1. Les alcaloïdes vrais .....	22
3.3.2.2. Les Prot alcaloïdes .....	22
3.3.2.3. Les pseudo-alcaloïdes .....	23
3.3.3. Propriété des alcaloïdes .....	23
3.4. Les terpènes .....	23
3.4.1. Distribution.....	24
3.4.2. Classification .....	24
3.4.3. Propriétés des terpènes .....	24

## **PARTIE EXPERIMENTALE**

### **Chapitre IV : Matériels et méthodes**

Objectif de travail.....	26
1. Matériel d'étude .....	26
1.1. Matériel végétale .....	26
1.2. Matériels microbiologiques.....	27
1.2.1. Les espèces bactériennes .....	27
1.2.2. Les espèces de levures.....	27
1.3. Matériels non biologiques .....	27
2. Méthodes d'étude .....	28
2.1. Préparation de la poudre .....	28
2.2. Préparation de l'extrait aqueux de <i>Lawsonia inermis L</i> .....	29
2.3. Préparation de l'extrait éthanoliques de <i>L. inermis L</i> .....	30
2.4. Détermination des rendements d'extraction.....	30
2.5. Evaluation de l'activité antimicrobienne .....	30
2.5.1. Repiquage.....	31
2.5.1.1. Pour les souches bactériennes .....	31
2.5.1.2. Pour les levures.....	31
2.5.2. <b>Préparation de l'inoculum</b> .....	31
2.5.3. Ensemencement .....	31
2.5.4. Application des disques d'extraits végétaux .....	32
2.5.5. Lecture des résultats.....	32

### **Chapitre V : Résultats et discussions**

1. Rendement des extraits.....	33
2. Evaluation de l'activité antibactérienne des feuilles de <i>L.inermis</i> L.....	34
2.1. Effet des extraits végétaux sur la croissance microbienne (relation Dose-effet) .....	34
2.2. Détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI) de <i>L.inermis</i> L. ....	38
<b>Conclusion et perspective.....</b>	<b>40</b>

## **Références bibliographiques**

## **Annexes**

---

# Introduction

---

## INTRODUCTION

La résistance antimicrobiens est une menace mondiale pour la santé et le développement, et nécessite une action multisectorielle urgente afin d'atteindre les objectifs de développement durable, car l'Organisation a déclaré la résistance aux antimicrobiens l'une des dix principales menaces mondiales pour la santé publique auxquelles l'humanité est confrontée, (OMS., 2020) aussi les infections provoquées par les champignons ou les levures qui sont appelées aussi les mycoses sont devenues un réel problème de santé publique. Elles sont de plus en plus difficiles à les inactiver et leurs fréquences sont en très forte progression. L'apparition de souches résistantes aux antibiotiques usuels, le changement dans le spectre clinique des pathogènes, l'émergence d'un pouvoir pathogène chez des souches habituellement saprophytes de notre environnement sont les principaux facteurs de cette forte recrudescence (AOUADHI et al. 2013).

Pour cette raison, l'homme devient intéressé à la phytothérapie et les plantes médicinales qui sont devenues un sujet mondial attirent un impact sur la santé mondiale (Ullah R et al., 2020)

Il est découvert que des milliers de composés phytochimiques se sont avérés bénéfiques et ont une activité biologique telle qu'une activité anticancéreuse, antimicrobienne, antioxydante, antidiarrhéique, antifongique, .... (Ingle, K. P et al., 2017), et à ce jour, plus de 10000 espèces de plantes différentes sont utilisées à des fins thérapeutiques et de nombreux médicaments sont élaborés à partir de leur principe actif, l'Organisation mondiale de la Santé (O.M.S) considère que dans de nombreux pays peu développés, les plantes et leurs composants représentent la première source de remèdes (DELILLE., 2007)

Donc l'objectif principal de ce travail c'est l'étude des propriétés antibactériennes et antifongiques de deux extraits aqueux et extraits éthanolique de *L. inermis* contre sept souches de références *Staphylococcus aureus* ATCC 6538, *Salmonella typhimurium* ATCC 14028, *Clostridium sporogenes* ATCC 19404, *Escherichia coli* ATCC 8739, *Bacillus subtilis* ATCC 6633, *Staphylococcus epidermidis* ATCC 12228, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 9027. Et les deux levures : *Conidia Albicans* ATCC 10231, *Sacchaomyces Cerevisiae* ATCC 9763.

Notre travail est divisé en deux parties :

1<sup>ère</sup> partie : c'est la partie bibliographique comprend l'étude bibliographique de la plante, subdivisée en 3 chapitres

**Chapitre I :** les plantes médicinales et aromatiques.

**Chapitre II :** présentation de la plante étudiée *Lawsonia inermis*.

**Chapitre III :** Les métabolites secondaires.

2<sup>ème</sup> partie : l'étude expérimentale pour un objet de :

- Préparation de deux extraits de *L. inermis* aqueux et éthanolique par la méthode de macération.
- L'étude des propriétés antibactérienne et antifongique de cette plante par la méthode de diffusion sur disque.

Dans une dernière partie une discussion des résultats obtenus puis une conclusion et perspective

---

# Partie bibliographique

---

---

Chapitre 1 : Plantes médicinales et  
Aromatiques

---

## 1. Les plantes médicinales et aromatiques

### 1.1. Les plantes médicinales :

Les plantes médicinales sont des drogues végétales ayant des propriétés médicamenteuses, et définie comme une plante qui contient une substance ou des substances médicales capable de traiter une maladie particulière ou de réduire son infection, ou qui contient des matières premières utilisé dans la préparation des substances médicales. (Ali D., 1996)

### 1.2. Les plantes aromatiques :

Une plante aromatique est toute plante qui contient des huiles essentielles « huile volatile » dont une partie est utilisé dans la préparation des parfums, il existe également des plantes qui contiennent des huiles essentielles qui sont utilisée dans le traitement de certaine maladie. (Ali D., 1996).

## 2. Classification des plantes médicinales :

Les plantes médicinales sont classées selon leur classification thérapeutique, et une classification satisfaisante des végétaux considérés sous le rapport de leur caractère physique (Antonin B., 1862)

Il existe plusieurs caractères utilisés pour classée les plantes médicinales :

- En fonction de la morphologie de la plante
- En fonction physiologique ou thérapeutique
- Classification chimique

### 2.1. En fonction de la morphologie de la plante :

Cette classification dépend de la localisation des substances actives dans les différentes parties de la plante, dans la plante entière ou dans les feuilles, la fleur, etc..... Et elles sont les suivantes :

- **Plantes entières** :Ce sont des plantes dans lesquelles des produits chimiques actifs sont distribués ou présents dans les différentes parties de la plante sans avoir tendance à se concentrer ou à s'agréger dans un membre de la plante sans l'autre.
- **Au niveau des feuilles** : Il contient des produits chimiques efficaces dans les feuilles, comme le basilic, la menthe, le henné, le thym
- **Au niveau des fleurs** : Ce sont des plantes dont les substances actives sont présentes dans les fleurs comme le safran, jasmin et des roses....

- **Au niveau de leurs fruits** : Les principes actifs sont localisés dans les fruits comme le piment et la vanille....
- **Au niveau des graines** : Plantes dont les graines contiennent des substances actives telles que les graines de melon amer et de nigelle.....
- **Au niveau des parties terrestres (racines)** : Ce sont ceux qui ont des tiges moulues altérées ou des racines effilées. Et sa collection contient des substances actives telles que les racines de coriandre....
- **Au niveau de l'écorce** : Sont des plantes qui contiennent des substances efficaces dans leur écorce comme grenade ou cannelle (**Aboud A.S, Wahid H.k.,2017**)

## 2.2. En fonction physiologique ou thérapeutique :

On l'appelle aussi la classification pharmaceutique, et cette classification est basée sur l'effet physiologique, médical ou thérapeutique, sans tenir compte de la qualité de la substance active en termes chimiques ou synthétiques, et également quels que soient les lieux de présence des substances actives dans les différents organes de la plante, qu'ils soient dans les feuilles, ou les fleurs, ou les racines, et peuvent être divisés en plusieurs types, dont les plus importants sont :

- **Plantes laxatives et laxatives** : comme le ricin, le melon amer et les dattes.....
- **Plantes antalgiques ou narcotiques** : comme le coquelicot et le chanvre indien...
- **Plantes stimulantes pour le cœur** : comme le laurier-rose et les oignons sauvages.....
- **Plantes coupe-vent** : comme la menthe, le basilic et le cumin.....
- **Plantes antispasmodiques** : comme le fenugrec et le cumin .....
- **Plantes antibiotiques** : telles que l'ail et l'eucaly..... (**Aboud A.S , Wahid H.k .,2017**)

## 2.3. Classification chimique :

Les plantes sont disposées en fonction de la nature de la composition chimique des substances actives de la plante et de leur concentration. La plante peut contenir plus d'une substance active. Dans ce cas, la substance la plus concentrée dépend, et selon ce système ou disposition, les plantes médicinales sont divisées en :

- **Plantes alcaloïdes** : comme le tabac, le pavot et le café....
- **Glycosides végétaux** : comme la moutarde, le melon amer et l'aloé vera....
- **Plantes d'huiles volatiles** : comme la menthe, le jasmin, la camomille, le thym, le basilic et le cumin....
- **Plantes contenant des matières amères** : comme l'absinthe et la graine noire...

- **Plantes oléagineuses fixes** : comme le tournesol, le ricin, le lin et l'olivier... (**Aboud A.S, Wahid H.k .,2017**)

### 3. Parties utilisées dans les plantes médicinales :

Plusieurs parties de plante médicinales sont utilisées : (**Pirard M., 2013**)

<b>Partie souterraine de la plante</b>	La racine Le tubercule Le rhizome
<b>Parties aériennes</b>	Les tiges Les feuilles Les fleurs Les bourgeons

### 4. Principales méthodes de préparation des plantes médicinales :

Il existe des techniques très variées pour préparer des remèdes avec des plantes médicinales :

#### 4.1. Infusion :

L'infusion ou la tisane sont sans doute les méthodes les plus simples en particulier, pour préparer les feuilles et les fleurs versez de l'eau bouillante sur la plante (environ deux cuillères à soupe d'herbes pour 500 ml d'eau), couvrez et laissez infuser pendant 5 à 10 min, puis filtrés.

L'infusion peut ensuite être bue ou appliquée sur les zones douloureuses.  
(**W.Kothe,Hans .,2007**).

#### 4.2. Décoction :

Extraire les principes actifs des morceaux d'écorce ou de racines plus coriaces requiert souvent un peu plus d'efforts (**W.Kothe,Hans .,2007**), verser de l'eau froide dans un récipient en faïence ou en verre et y ajouter les herbes dans la proportion indiquée selon le nombre de tasses. Mettre à feu doux et laisser chauffer 10 à 30 min. Laisser reposer, puis filtrer et boire, toujours sans sucrer, 3 à 5 tasses par jour. Les herboristes conseillent la méthode de la décoction pour les parties dures de la plante : c'est la meilleure manière pour qu'elles libèrent leurs principes actifs.  
(**Perroti C., et al 1999**)

#### 4.3. Teinture alcoolique :

Pour préparer une teinture, on extrait les principes actifs des plantes utilisant de l'alcool (W.Kothe,Hans .,2007) , laissez macérer pendant 10 jours 20 g sommités fleuries desséchées et émiettes dans 80 g d'alcool à 60° . Filtrez et prendre 30 à 40 gouttes deux ou trois par jours. (Delille L., 2007).

#### 4.4. Macération :

Dans ce processus de préparation exacte, dans lequel le médicament brut entier ou en poudre grossière est placé dans un récipient bouché avec le solvant approprié et laissé reposer à température ambiante pendant une période d'au moins 3 à 5 jours avec une agitation fréquente. Le succès du processus est considéré jusqu'à ce que la matière soluble soit complètement dissoute. Le mélange est ensuite filtré, la jument (la matière solide humide) est pressée et le filtrat ou les liquides sont encore clarifiés par filtration sur des papiers ou des vêtements ou par décantation. (Pravin Chandra T.,2006).

#### 5. Utilisation des plantes médicinales et aromatiques :

Les herbes ont été utilisées dans de nombreux domaines, notamment la médecine, la nutrition, les arômes, les boissons, la teinture, les répulsifs, les parfums, les cosmétiques, le tabagisme et d'autres fins industrielles. Depuis l'ère préhistorique, les herbes ont été la base de presque toutes les thérapies médicamenteuses. (DJERIDANE A., et al 2006)

Certaine plante contient une huile essentielle très aromatique, tonique, stomachique, et digestive ainsi que sédatives, antispasmodiques et expectorantes comme le thym. (PerrotiC ., 1999)

Certaines plantes sont utilisées comme traitement des troubles es systèmes digestifs, respiratoires et urinaires, Et aussi utiliser pour l'effet analgésique, antipyrétique et anti-inflammatoire (Iserin P et Vican., 2001).

Utilisation les feuilles de certaine plante comme le teck qui sont réputées diurétiques, dépuratives, stimulantes, anti dysentériques, vermifuges, et servent en médecine traditionnelle à soigner l'anémie, l'asthénie, les fièvres et le paludisme, les amibiases, la bilharziose et la tuberculose. (FAGBOHOUN., 2014)

---

Chapitre 11 : Présentation de  
*Lawsonia inermis* L.

---

### 1. Historique :

Jusqu'au XIXe siècle, les teintures produites à partir de plantes naturelles constituaient la base des industries cosmétiques et alimentaires (Al-snafi A.E., 2019).

Le henné est connu depuis l'Antiquité, utilisé en cosmétique et en médecine depuis plus de 9 000 ans, les pharaons l'utilisaient à diverses fins. Ils ont fait une pâte de ses feuilles à partir de la poudre pour teindre les mains, teindre les cheveux et soigner les blessures, et de nombreuses momies pharaoniques ont été trouvées teintées au henné, et elles ont pris le parfum de ses fleurs. Et il a une sorte de sanctification chez de nombreux peuples islamiques, car ils l'utilisent en cosmétique grâce à ses excellentes qualités (Khader S., 2020) (Chaudhary.G., Goyal .S et Poonia.P .,2010) .

### 2. Description botanique :

*Lawsonia inermis L.* est Arbuste ou petit arbre, jusqu'à 3 m. Branches se terminant parfois par des épines. Feuilles opposées, presque sessiles, 15-35, 5-13 mm, elliptiques à oblancéolées. Fleurs à une écorce blanchâtre à grand panicules de fleurs de 4 types, en corymbes denses présents aux extrémités des rameaux, Pétales égaux ou presque, Fruit portant les restes du calice à la base et ceux du style au sommet, de la taille d'un grain de poivre 5-7 mm de diamètre, beige avec de nombreuses graines.(Shahina A et Ghawanfar., 1994) (Michel A., 2002)



Figure 1 : Feuilles de *L. inermis L.* (Ghédira, K., Goetz, P., 2017)



Figure 2 : Partie aérienne avec fruits et fleurs de *L. inermis L.* (AG, Triveni et al., 2016)

### 3. Classification :(Musa et Gasmelseed., 2012) (Sharma A et Sharma K., 2013)

La classification botanique *Lawsonia inermis L.* est exprimée dans le Tableau suivant :

<b>Règne</b>	Plantae
<b>Embranchement</b>	Phanerogames
<b>Sous embranchement</b>	Angiospermes
<b>Division</b>	Magnoliophyta
<b>Classe</b>	Magnoliopsida
<b>Ordre</b>	Myrtales
<b>Famille</b>	Lythraceae
<b>Genre</b>	Lawsonia
<b>Espèce</b>	<i>Lawsonia inermis L.</i>

**Tableau 1 : Classification de L.inermis**

#### 4. Noms vernaculaires :

**4.1. Français :** Henné (Al-snafi A.E .,2019)

**4.2. Arabe :** Henna (Al-snafi A.E .,2019)

**4.3. Anglais :** Egyptian-privet et Henna (Duke J A ., 2007)

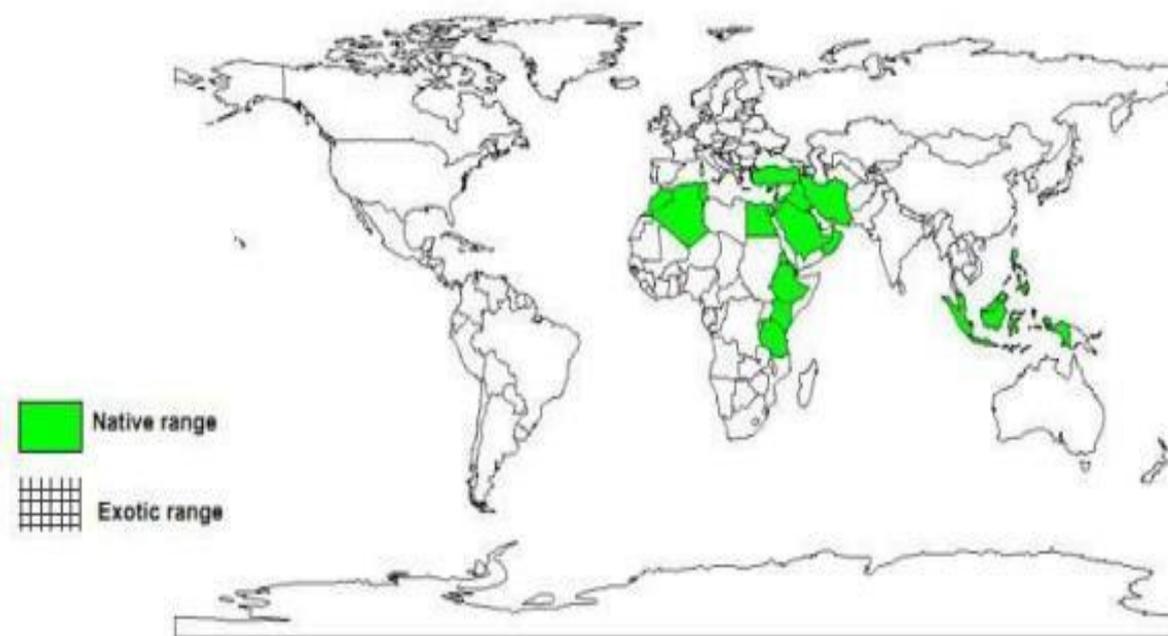
**5. Nom scientifique :** *Lawsonia inermis L.* (Al-snafi A.E .,2019)

#### 6. Répartition géographique :

##### 6.1. Dans le monde :

Le henné est considéré comme une plante médicinale et aromatique (Aarbi A., et al 2016) C'est une espèce endémique d'Afrique du Nord et du Sud Est Asiatique, qui est la patrie d'origine de la plante, malgré sa croissance sauvage dense dans d'autres environnements tropicaux et semi-tropicaux du continent africain, et certaines îles de l'océan Indien., comme l'Égypte. Les principaux pays producteurs de henné sont l'Égypte, le Soudan, la Chine, l'Inde, le Pakistan et l'Arabie saoudite. Lorsque la partie de la plante de henné utilisée est cultivée dans la

région de Makkah Al-Mukarramah, la région de Jazan et la région centrale (Vankar P S., et Shukla D., 2019 ; Jaber-ben salem K., 2009)



**Figure 3 Localisation de *Lawsonia inermis L* dans le monde (Orwa C et al ;2009), (Attala N., 2019)**

## 6.2. En Algérie :

*Lawsonia inermis L.* (synonyme *Lawsonia alba*), communément appelé henné, appartient à la famille des Lythraceae (Semwal R B ., et al 2014) Il a été utilisé pendant plus de 9000 ans pour ses valeurs cosmétiques comme colorant (Al-snafi A.E .,2019) cette espèce est repartis dans la wilaya de Biskra principalement dans le Zeb chergui Sidi Okbaet le village de Nfidet el ragma ( commune de Zribet el Oued) ...) d'une superficie de 4 ha, qui sont situés dans l'Est de la région de Biskra (Aarbi A., et al 2016).

Dans la région de Biskra, le henné occupe une superficie importante, de telle sorte qu'elle est considérée en étant le premier producteur de henné en Algérie (Aarbi A., et al 2016).

## 7. Habitat :

*Lawsonia inermis L.* est pousse dans les endroits ensoleillés dans les zones semi-arides il tolère des sols pauvres, pierreux, et sableux, mais s'adapte aussi bien à des sols argileux lourds et fertiles, il tolère aussi à une humidité de l'aire basse et même résister à une sécheresse prolongée (Jansen P.C.M, et Cardon D.,2005 ) ( Kothe,Hans. W .,2007) (Semwal R B ., et al 2014)

### 8. Les parties utilisées :

Les fleurs aromatiques, fruits, écorce, poudre de feuilles et rameaux tendres. (Chenouani M.A.A.,1996) (Jaber-ben salem K., 2009).

### 9. Composition chimique :

Le principal composé du henné est la lawstone (C<sub>10</sub>H<sub>6</sub>O<sub>3</sub>) avec un point de fusion de 195 à 196 °C. Lawsonsone (2-hydroxy-1, 4 naphthoquinone) un dérivé de la naphthoquinone en tant que constituant actif. La B-ionine est responsable de l'odeur piquante des fleurs. Il contient également des composants volatils comme le linalol, l' $\alpha$  terpinéol, le 1,3-indandione, l'eugénol, etc. aussi connu sous le nom d'acide hennotannique qui est un colorant rouge-orange présent dans les feuilles de la plante de henné. (Mehrmand N., et al 2020), (Barve K et Dighe A., 2016)

D'après Al-Snafi A EL'analyse phytochimique préliminaire de l'extrait aqueux de *Lawsonia inermis L.* a révélé la présence de glucides, de composés phénoliques, de flavonoïdes, de saponines, de protéines, d'alcaloïdes, de squinones terpénoïdes, de coumarines, de xanthonnes, de 6% de matières grasses, de 2-3% de résine et de 7-8% de tanins de 6% de matières grasses, de 2-3% de résine et de 7-8% de tanins

### 10. Utilisation Thérapeutique :

- ❖ Extrait éthanolique et l'extrait aqueux des feuilles de *Lawsonia inermis L.* contribuent à l'activité antioxydant. (Anis et al., 2011), (Hosein HKM., 2007) et Antibactérienne (Ghosh et al., 2008).
- ❖ La Décoction de demi-cuillère à thé de *L. inermis L.* préparée à partir de la racine prise par voie orale, deux fois par jour pendant 10 à 15 jours utilisée pour le traitement de la jaunisse par les anciennes tribus de la communauté Bhoja de l'Inde (Sharma et al., 2012).
- ❖ Le henné est utile en cas de maux de tête sévères causés par l'hypertension artérielle. Il est également utilisé pour traiter les boutons, la rate, la désintégration des calculs, éliminer le catarrhe, les maux de tête et les tumeurs, soigner les plaies, les ulcères, la gale chronique, les douleurs articulaires (Ben-Mohamed Iraqi F., 1992)
- ❖ Extrait éthanolique brute des feuilles sont Anti-inflammatoire et analgésique (Ali et al., 1995), aussi Extrait brute de feuilles fraîches ou séchées utilisée pour les propriétés Antimicrobiennes (Babueysubhasree., 2009)

---

Chapitre III : Les métabolites

Secondaires

---

### 1. Généralité :

Les plantes se caractérisent par deux types de métabolismes. le métabolisme primaire fournit les constituants de base en quantité élevée, les plus importants sont les sucres et leur dérivé, les lipides et les protéines. Se trouvent généralement en petites quantités dans des cellules ou des tissus spécialisés, bien qu'ils ne soient pas toujours présents et que leur production puisse être généralisée ou limitée à des familles, des genres ou même des espèces spécifiques, mais dont les applications dans différents domaines, en particulier à intérêt pharmaceutique et cosmétique (Haddouchi. F et Benmansour.A .,2008) (Rungtung.W, Rahta.k et Dutta.S .,2015)

### 2. Les métabolites secondaires :

Les métabolites secondaires sont des composés organiques dérivés de métabolites primaires qui contribuent à la croissance et au développement de la plante mais ne jouent pas un rôle critique dans les processus de viabilité de la plante. Aussi sont le mécanisme de défense d'une plante et son adaptabilité à son environnement, la protégeant des prédateurs. Ils servent également d'attractifs pour les pollinisateurs et les animaux disperseurs de graines, contribuant à des parfums, des goûts et des couleurs distincts pour les plantes. Ils sont impliqués dans le contrôle et la signalisation des principaux processus métaboliques. (Rungtung.W, Rahta.k et Dutta.S .,2015)

### 3. Classification des métabolites secondaires :

Les métabolites secondaires appartiennent à des groupes chimiques variés (composés phénoliques, alcaloïdes, terpènes ...) qui sont très inégalement répartis chez les végétaux mais dont le niveau d'accumulation peut quelquefois atteindre des valeurs élevées. (Macheix. J, Annie F, et Christian J ., 2005 )

#### 3.1. Composés phénoliques :

Ce sont des substances chimiques naturelles présentes dans les fruits, les légumes, les céréales, les fleurs et les herbes, où ils contribuent à la couleur ainsi qu'aux propriétés sensorielles telles que l'arôme et l'astringence. (Ojeil, A et al .,2010).

##### 3.1.1. Principales classes des composés phénoliques :

Les principales classes des composés phénoliques sont :

### 3.1.1.1. Les acides phénoliques simples :

Les phénols simples ou les acides phénoliques, ces molécules ont une structure simple basée sur un noyau aromatique portant un ou plusieurs groupes hydroxyles substitués, par exemple le thymol contenu dans l'huile essentielle du thym et dans plusieurs autres plantes. (AIT-ALI, E ., et al 2021).

Les acides phénoliques sont présents dans différentes formes dans les plantes, y compris les aglycones (acides phénoliques libres), les esters, les glycosides et/ou les complexes. Ces différentes formes d'acides phénoliques montrent une aptitude variable pour différentes extractions conditions et varient dans leur susceptibilité à la dégradation (Garcia-salas.P et al., 2010)

Parmi les acides phénoliques, on distingue les dérivés de l'acide benzoïque (C6-C1,2), ceux de l'acide cinnamique (plusieurs dérivés estérifiés) et des coumarines, tous possédant une structure de type (C6-C3) (Sonia, C., et Jean, C .,2011)

#### 3.1.1.1.1. Acides hydroxycinnamique :

Ils sont dérivés de l'acide cinnamique et ont une structure type (C6-C3) présent dans les plantes, peuvent exister sous forme estérifiés (Sonia, C., et Jean, C .,2011)

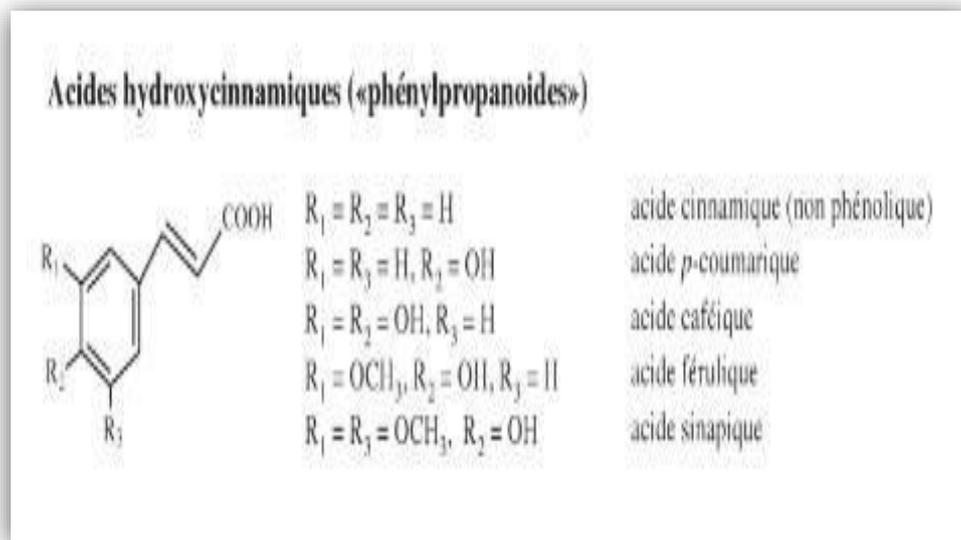


Figure 4: structure de base d'Acides hydroxycinnamiques (Sonia, C., et Jean, C .,2011)

### 3.1.1.1.2. Acides hydroxybenzoïques

Ils sont dérivés de l'acide benzoïque et ont une structure de base de type (C6-C1) se présente majoritairement sous forme libre. (Sonia, C., et Jean, C.,2011)

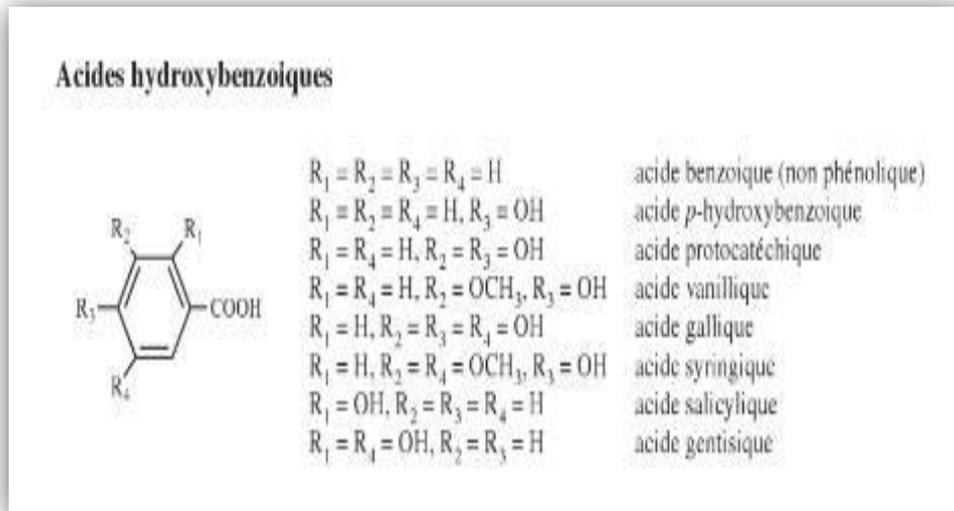


Figure 5 : structure de base d'Acides hydroxybenzoïques(Sonia, C., et Jean, C.,2011)

## 3.2. Les composés polys phénoliques :

### 3.2.1. Les flavonoïdes :

Sont des pigments poly phénoliques qui contribuent, entre autres, à colorer les fleurs et les fruits en jaune ou en blanc, La structure générale de base des flavonoïdes présente 15 atomes de carbone (C6-C3-C6), comprend à lui seul plusieurs milliers de molécules regroupées en plus de dix classes. (Macheix. J, Annie F, et Christian J.,2005 )

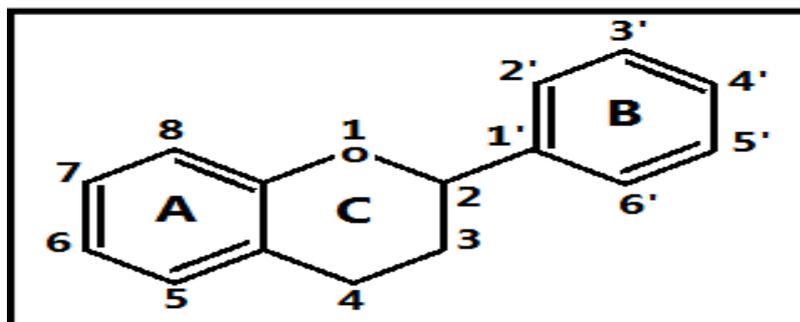


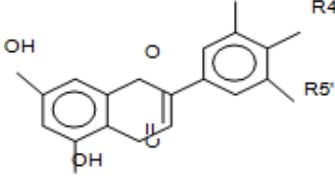
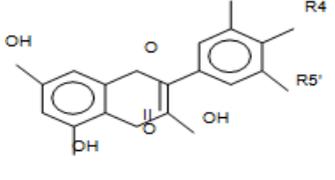
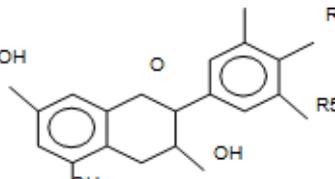
Figure 6 : structure de base des flavonoïdes (Sonia, C., et Jean, C., 2011)

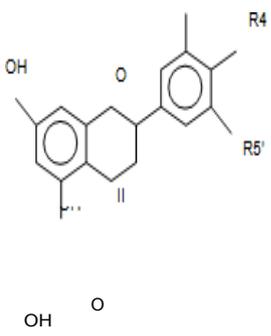
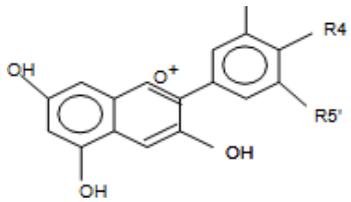
## 3.2.1.1. Classification :

Au sein des flavonoïdes, on retrouve :

- Les flavonoles
- Les flavones
- Les flavonoïdes, et les tannins condensés
- Les (prényl) chalcones
- Les dihydrochalcones
- Les anthocyanines/anthocyanidines. (Sonia, C., et Jean, C., 2011)
- Dihydroflavonols, Isoflavones
- Flavanones

**Tableau 2 : Principales classes des flavonoïdes (W- Erdmanet al., 2007)**

Classes	Structureschimiques	R3'	R4'	R5'	Exemples
Flavones		H	OH	H	Apigénine luteolin
		OH	OH	H	Lutéoline
		OH	OCH3	H	Diosmétine
Flavonols		H	OH	H	Kaempférol
		OH	OH	H	Quercétine
		OH	OH	OH	Myrecétine
Flavanols		OH	OH	H	Catéchine Gallocatechin
Flavanones		H	OH	H	Naringénine

					
		OH	OH	H	Eriodictyol
Anthocyanidines		H	OH	H	Pelargonidine
		OH	OH	H	Cyanidine
		OH	OH	OH	Delphénidine
Isoflavones		R5	R7	R4'	
		OH	OH	OH	Genisteine
		H	O-Glu	OH	Daidezine

**3.2.1.2. Distribution :**

Les flavonoïdes sont des composés phénoliques très abondants dans la nature, présents partout dans les plantes supérieures et présents dans diverses parties des plantes. Y compris les fruits, les légumes, les noix, les graines, les tiges, les fleurs, le thé, le vin, la propolis et le miel (Cermak et al., 1998 ; Tim Cushnie et Lamb, 2005)

Flavonoïdes	Aliments	Caractéristique
Flavonols	Oignons, chou frisé, poireaux, brocoli, bleuets, tomates cerise, vin rouge, thé	Le groupe le plus abondant des composés phénoliques.

<b>Flavones</b>	Épices à feuilles vertes par exemple, persil...	Les flavones se différencient des flavonols seulement par le manque d'un OH libre en C3, ce qui affecte leur absorption aux UV, mobilité chromatographique et les réactions de coloration.
<b>Flavanones</b>	Fruit de genre citrus.	Caractérisés par leur variabilité structurale dont l'attachement du cycle B se fait en C3.
<b>Flavan3-ols</b>	Thés, raisins rouges, vins rouges, cacao, chocolat, abricots	Flavan3ols ainsi que flavan3,4diols sont tout les deux impliqués dans la biosynthèse de proanthocyanidines (tanins condensés) par des condensations enzymatiques et chimiques.
<b>Anthocyanidines</b>	Raisins, vin rouge, raisins noirs, légumes à feuilles et racines.	Représentent le groupe le plus important des substances colorées, ces pigments hydrosolubles contribuent à la coloration des angiospermes.

**Tableau 3 : Distribution alimentaire des principales classes de flavonoïdes (W- Erdman et al, 2007)**

### 3.2.1.3. Propriété des flavonoïdes :

Les flavonoïdes ont des propriétés inhibitrices d'enzymes comme l'égard de l'aldose réductase, de la phospholipase A2, des enzymes de l'inflammation. (K. Ghedira., 2005).

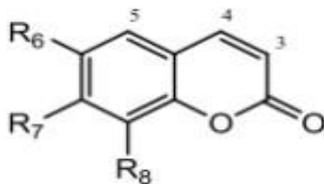
Ils ont des domaines d'action importants et possèdent de nombreuses propriétés médicinales. Les antioxydants sont particulièrement actifs pour maintenir une bonne circulation.

Certains flavonoïdes ont également des propriétés anti-inflammatoires et antivirales, ainsi que des effets protecteurs sur le foie. Les flavonoïdes comme l'écorce d'orange Les glycosides et la rutine, trouvés dans plusieurs plantes, y compris le sarrasin et le citron, renforcent les parois capillaires et empêchent la lixiviation dans les tissus voisins Les isoflavones, telles que celles trouvées dans le trèfle rouge, ont des effets ostrogéniques et sont efficaces dans le traitement des troubles liés à la ménopause, (Iserin P., 2001)

Certains flavonoïdes ont aussi des propriétés anti-inflammatoires et antivirales, (Iserin P., 2001)

### 3.2.3. Les Coumarine :

La coumarine est une substance naturelle dont la structure comprend un noyau benzo- $\alpha$ -pyrone (coumarine) résultant de la lactonisation de l'acide o-hydroxycis-cinnamique (Khan I et al., 2005)



R6= R8= H, R7=OH

Umbélliférone

R6= R7=OH, R8=H

Aescultol

R6=OCH<sub>3</sub>, R7=OH, R8=HS

copolétol

R6= OCH<sub>3</sub>, R7 =R8=OH

Fraxétol

R6=H, R7=R8=OH

Daphnétole

Figure 7 : Principaux types de coumarines (Macheix et al., 2005).

#### 3.2.3.1. Classification :

Les coumarines se trouvent généralement dans les plantes sous leurs formes libres, ainsi que les glucosides. Les coumarines naturelles sont principalement classées en sept types (coumarine simple, furanocoumarine, dihydrofurano coumarine, pyrano coumarine de type linéaire, pyrano coumarine de type angulaire, phényle coumarine, bi coumarine), en fonction de la structure chimique des composés. (Batista, Â. G., et al 2021).

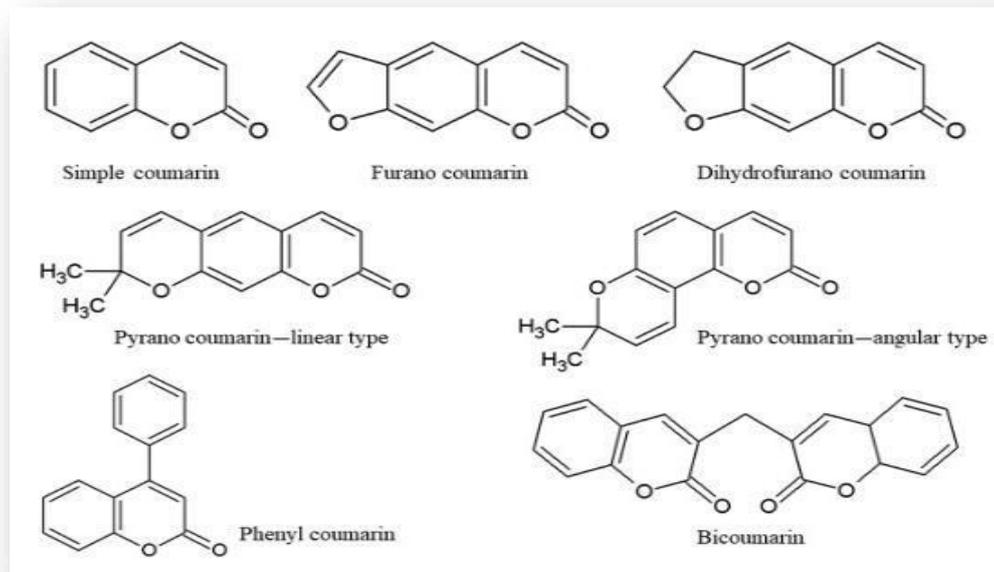


Figure 8 : Structure chimique des coumarines. (Ângela GiovanaBatista .,et al 2021)

### 3.2.3.2. Propriété des coumarines :

Les coumarines présentes plusieurs propriété antibactériens, anticancéreux, anticoagulants , antioxydants , anti-VIH , antimicrobiens, antifongiques etc.( **Bakouan, Y., et al 2021**).

En raison de certaines de ses propriétés biochimiques, la coumarine a été proposée pour une utilisation en médecine clinique. Par exemple, la capacité de la coumarine à activer les macrophages sous-tend son utilisation pour le traitement de l'œdème riche en protéines et ses propriétés immun modulatrices utilisées dans le traitement de la brucellose. (**B.G Lake., 1999**).

### 3.2.4. Les tanins :

Les tanins sont généralement définis comme des composés polyphénoliques naturels de poids moléculaire suffisamment élevé (500–3000 Da) qui forment des complexes avec des protéines. (**Aganga A., Mosase K., 2001**), sont trouvés généralement dans toutes les différentes parties de la plante : l'écorce, le bois, les feuilles, les fruits et les racines (**Scalbert A, et Williamson G., 2000**).

#### 3.2.4.1. Distribution :

Les tanins sont répandus dans le règne végétal, en particulier Abondant dans certaines familles comme les conifères, les rosacées, les Fagacée, ... Ils peuvent exister dans de nombreux organes différents : écorce, feuilles, fruits, racines. (**Ghestem A., et al 2001 ;Khanbabae K et Ree T R., 2001**)

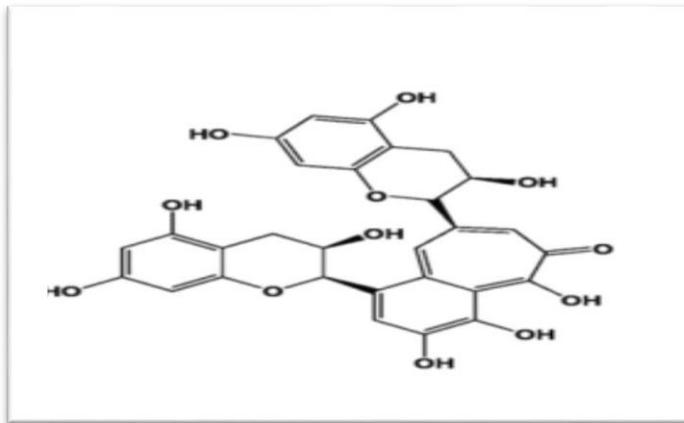
**3.2.4.2. Classification :**

Les tanins sont classés en deux groupes en fonction de leur type structurel (**Aganga A et Mosase K., 2001**)

- Tanins hydrolysables
- Les tannins condensés

**3.2.4.2.1. Tanins hydrolysables :**

Les tannins hydrolysables sont des phénols regroupés en gallotanins et en ellagitanins, composés respectivement d'esters d'acide gallique ou d'acide hexahydroxydiphénique, liés à une fraction sucre (**Tamara E C, et al., 2003**)

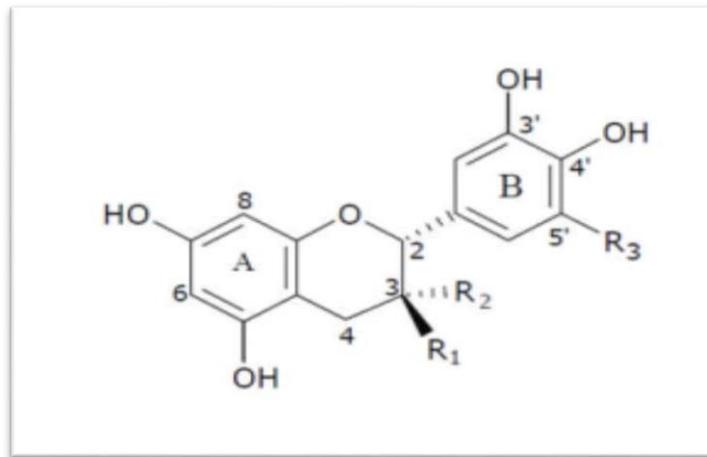


**Figure 9 Structure de Tanins hydrolysables (Wilfred, et Ralph N., 2006)**

**3.2.4.2.2. Les tannins condensés :**

Les tannins condensés sont des oligomères ou des polymères de flavane - 3 - ols (éventuellement de flavane - 3,4 - diols) dérivés de la (+) - catéchine ou de ses nombreux isomères (**Macheix. J, Annie F, et Christian J ., 2005** )

Les tannins condensés sont très abondants dans certains organes végétaux consommés ou utilisés par l'homme, par exemple de nombreux fruits (pomme, prune, fraise...) ou des boissons fermentées ou non (thé, vin cidre...). (**Macheix. J, Annie F, et Christian J ., 2005** )



**Figure 10 : Structure de Tanins condensés (Wilfred, et Ralph N., 2006)**

### 3.2.4.3 Propriétés de tanins :

Les tanins (substances tannantes) sont connus depuis l'Antiquité, le terme « tanin » a été utilisé pour la première fois par Seguin en 1796 après J. peaux et les précipiter et prévenir leur pourriture (des solutions d'écorce de chêne étaient utilisées riches en tanins pour conserver et tanner les peaux d'animaux. (Ali Saleh R., 2012)

Il a un effet astringent et est utilisé dans le traitement de la diarrhée, des plaies et des brûlures, en plus de son utilisation comme désinfectant pour les surfaces enflammées. La recherche a montré son effet positif en tant qu'antitumoral, et il est utilisé dans le traitement des empoisonnements causés par les alcaloïdes, car il agit pour les précipiter et s'en débarrasser. Son usage interne a diminué après la Seconde Guerre mondiale après avoir découvert son effet nocif sur le foie. Les solutions de tanins étaient autrefois utilisées dans la fabrication de l'encre à écrire. (Ali Saleh R., 2012)

Sont l'une des sources d'énergie dont les plantes ont besoin pour compléter leur métabolisme. Les tanins ont des propriétés antiseptiques (phénols complexes) qui protègent les plantes des maladies bactériennes, fongiques et virales. (Ali Saleh R., 2012)

### 3.3. Les alcaloïdes :

Initialement définis comme des substances azotées, basiques, d'origine naturelle et de distribution restreinte, les alcaloïdes ont une structure complexe. Leur atome d'azote est inclus dans un système hétérocyclique et ils possèdent une activité pharmacologique significative ; pour certains auteurs, ils sont issus du seul règne végétal. Ils existent à l'état de sels et ils sont bio synthétiquement formés à partir d'un acide aminé. (JEAN, et Bruneton., 2009)

### 3.3.1. Distribution :

Les alcaloïdes se présentent surtout dans ces familles botaniques : Papavéracées, Rutacées, Fabacées et Salomacées. (E.AIT-ALI, et al 2021).

### 3.3.2. Classification :

Les alcaloïdes sont composés de trois classes :

#### 3.3.2.1. Les alcaloïdes vrais :

Sont des composés dans lesquels le système hétérocyclique contenant de l'azote est dérivé d'une amine biogénétique, formée par décarboxylation à partir d'un acide aminé. On les trouve généralement sous forme de sels dans les plantes telles que la liriodénine et la morphine (Kathirvel, P.,2021).

#### 3.3.2.2. Les Prot alcaloïdes :

Ces composés, comme les vrais alcaloïdes, sont dérivés d'acides aminés ou d'amines biogénétiques mais ils ne contiennent aucun système hétérocyclique. Ils sont représentés dans la nature par les amines biogénétiques elles-mêmes et leurs dérivés méthylés tels que la sérotonine et la mescaline. (Kathirvel, P.,2021).

#### 3.3.2.3. Les pseudo-alcaloïdes :

Sont apparemment sans rapport avec les acides aminés. Ce sont des molécules contenant de l'azote, mais elles ont des squelettes carbonés dérivés de monoterpènes et d'autres dérivés d'acétate et de polycétoacides aliphatiques tels que la coniine et la -skytanthine. (Kathirvel, P.,2021).

### 3.3.3. Propriété des alcaloïdes :

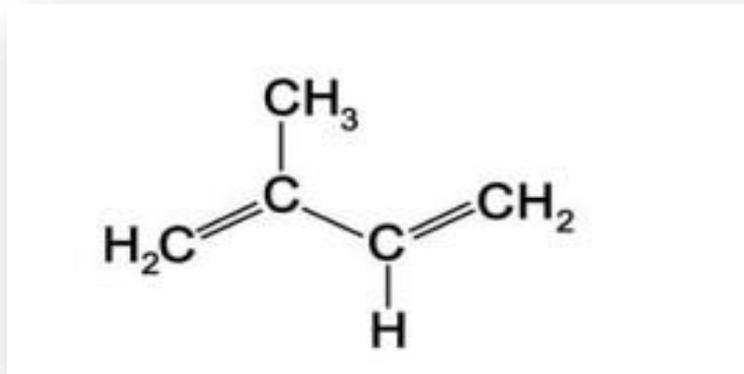
Les alcaloïdes possédant plusieurs propriétés pharmaceutiques sont utilisées pour traiter certains types de cancer, et comme l'atropine ont une action directe sur le corps : activité sédatrice, effet sur les troubles nerveux. (Iserin P., 2001).

La plupart des alcaloïdes sont des substances toxiques, et leur présence dans les plantes est considérée comme un facteur défensif pour les protéger contre les insectes nuisibles et les animaux de pâturage.

L'effet physiologique des alcaloïdes est variable sur l'organisme, notamment l'antalgique (narcotine, morphine), la colchicine utilisée dans le traitement de la goutte et de la fièvre méditerranéenne, dont l'émétique (amitine), le stimulant du système nerveux central (caféine), l'aldrine utilisée comme décongestionnant et traitement de l'hypotension. Tension artérielle associée à l'anesthésie, notamment pupilles dilatées (atropine) etc (Ali Saleh R., 2012)

### 3.4. Les terpènes :

Les terpènes sont des hydrocarbures insaturés, commun chez les confères. Ils sont tous originaires Isoprène, L'unité de base de la formule à cinq atomes de carbone C<sub>5</sub>H<sub>8</sub> (**Moutchou et al. 2020**)



**Figure 11 : Structure de base de l'unité isoprène (Almarie, A. A. A.,2020).**

#### 3.4.1. Distribution :

La très grande majorité des terpènes sont spécifiques de règne végétale mais on peut en rencontrer chez les animaux : phéromones et hormones juvéniles sesquiterpéniques des insectes, diterpènes des organismes marins. (**Bruneton J., 2009**)

#### 3.4.2. Classification :

Le nombre d'unités d'isoprène est principalement responsable de la diversité structurelle des terpènes :

- ❖ (C<sub>5</sub>) Les héli terpènes, sont formés par une unité isoprène
- ❖ (C<sub>10</sub>) Les monoterpènes, sont formés par deux unités isoprène
- ❖ (C<sub>15</sub>) Les sesquiterpènes sont formés par trois unités isoprène
- ❖ (C<sub>20</sub>) Les diterpènes sont formés par quatre unités isoprène
- ❖ (C<sub>30</sub>) Les triterpènes
- ❖ (C<sub>40</sub>) Les tétra terpènes (**Masyita, A., R. M. Sari, et al.,2022**).

Les héli terpènes sont une partie mineure des terpènes présents dans les HE (huiles essentielles). (**Masyita, A., R. M. Sari, et al.,2022**).

#### 3.4.3. Propriétés des terpènes :

Les odorants (terpènes et poly phénols) libérés par les plantes à l'air libre sont vus par des récepteurs dans les cellules sensorielles des herbivores ou des insectes, qui seront reconnus par

ces derniers. Par conséquent, selon la situation, il existe une attraction ou une répulsion pour les animaux et les insectes. Cette propriété est importante pour prévenir les attaques d'agents pathogènes ou d'herbivores comme la menthe ou pour attirer les pollinisateurs. Les pyréthrinoïdes sont des terpènes neurotoxiques qui interfèrent avec les canaux sodiques des membranes des ailes des insectes. **(Elkolli Meriem., 2016).**

Les triterpènes à cinq cycles se caractérisent par une activité biologique élevée (anti tumorale, antivirale, Anti parasitaire, anti-inflammatoire, antimicrobienne, antifongique...). **(Roman Paduch et al .,2007)**

---

# Partie expérimentale

---

---

# Matériel et méthodes

---

### Objectif de travail :

L'objectif de ce travail est de mettre en évidence une éventuelle activité biologique de deux extraits préparés (extrait aqueux et extrait éthanoliques) à partir de l'espèce *Lawsonia inermis* L.

### 1. Matériel d'étude :

Le travail a été réalisé aux laboratoires de microbiologie et de biochimie de l'université de Khemis Miliana. Dans cette partie, nous décrivons le matériel et les méthodes générales utilisées lors des protocoles expérimentaux.

#### 1.1. Matériel végétale :

Le matériel végétal utilisé dans notre étude (*Lawsonia inermis* L), localement appelé Henné est récolté de la wilaya de Biskra.



**Figure 12 : Les feuilles de *L.inermis* L (Original., 2022)**

**1.2. Matériels microbiologiques :**

**1.2.1. Les espèces bactériennes :**

Les espèces bactériennes utilisées pour évaluer le pouvoir antimicrobien de *L. inermis L.* sont décrites dans le tableau suivant :

**Tableau 4 : Les espèces bactériennes testées**

<b>Souches microbiennes</b>	<b>Références</b>	<b>Origine</b>
<i>Staphylococcus aureus</i>	ATCC 6538	Complexe antibiotical SAIDAL de Médéa
<i>Salmonella typhimurium</i>	ATCC 14028	
<i>Clostridium sporogenes</i>	ATCC 19404	
<i>Escherichia coli</i>	ATCC 8739	
<i>Bacillus subtilis</i>	ATCC 6633	
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	ATCC 12228	
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	ATCC 9027	

**1.2.2. Les espèces de levures :**

Les champignons à thalle levuriforme utilisées pour tester l'effet antifongique de *L. inermis L.* sont décrites dans le tableau suivant :

**Tableau 5 : Les espèces de levures testées**

<b>Souches microbiennes</b>	<b>Références</b>	<b>Origine</b>
Candida albicans	ATCC 10231	Complexe antibiotical SAIDAL de Médéa
<i>Sacchaomyces Cerevisiae</i>	ATCC 9763	

**1.3. Matériels non biologiques :**

Les matériels non biologiques sont cités dans le tableau suivant :

**Tableau 6 : Matériels non biologiques**

<b>Appareillage et verreries</b>	<b>Milieux de culture</b>	<b>Solvants</b>
Etuve	Gélose nutritive (GN)	Eau physiologique stérile
Bec bunsen	Gélose Mueller Hinton (MH)	Eau distillée stérile
Rotavaopeur	Gélose Sabouraud +	Ethanol

Tubes à essai	Chloramphénicol	
Anse de platine		
Boîtes de pétri		
Papier filtre		
Bain marie		
Pipettes pasteur		
Erlenmeyer		
Autoclave		
Micro-filtres stériles		
Micropipette		
Embout bleu		
Embout jaune		
Seringue		
Agitateur magnétique		
Papier Filtre (whatman)		
Agitateur type Vortex		
Pompe avide		
Balance analytique		
Pince métallique		
Ecouvillon		

## 2. Méthodes d'étude :

### 2.1. Préparation de la poudre :

Les parties aériennes de la plante ont été cueillettes puis séchées à l'air et à l'ombre durant 7 jours

Les feuilles séchées de la plante ont été broyées en poudre fine grâce à un broyeur électrique.

La poudre obtenue est conservée à l'abri de la lumière dans une boîte en verre hermétiquement fermée.

### 2.2. Préparation de l'extrait aqueux de *Lawsonia inermis L* :

L'extrait aqueux est obtenu par l'ébullition de cinquante gramme (50g) de la poudre des feuilles sèche de *lawsonia inermis L*. dans volume un de 500 ml d'eau distillée pendant 5 min.

Après le refroidissement, on filtre l'extrait en utilisant un papier filtre (Kossonou Yao Kamelé et al., 2019).

L'extrait ainsi obtenu a subi une microfiltration stérilisante (figure 13), puis a servi comme solution mère pour la préparation des différentes dilutions : 2.5%, 5%, 10%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 90% (figure 14).



**Figure 13 : Filtration stérilisante par des micro-filtres (Original., 2022)**



**Figure 14 : Les différentes dilution de l'extrait aqueux de *L. inermis L.* (Original., 2022)**

### **2.3. Préparation de l'extrait éthanoliques de *L. inermis L.* :**

L'extrait éthanolique de la Henné a été préparé par la macération de 10 g de la matière végétale (la poudre fine des feuilles de la plante) dans 150 ml de solution hydro alcoolique à 80% d'éthanol pendant 24 h sous agitation sur une plaque magnétique à température ambiante. Après filtration l'extrait a été concentré à l'aide d'un évaporateur rotatif réglé à une température de 50°C de bain marie à la vitesse de rotation de 100-125 rotation par minute (rpm).

Le résidu obtenu a été remis en solution avec 100 ml de l'eau distillée tiède. La solution obtenue a servi de solution mère pour la préparation des différentes dilutions : 0.1% , 0.5%,1%,2%, 5%, 10%, 25%, 50%, 80%(figure 15).



**Figure 15 : Les différentes dilutions de l'extrait éthanoliques *L. inermis* L. (Original., 2022)**

### 2.4. Détermination des rendements d'extraction :

Le rendement de l'extrait sec de la plante s'écrit comme suit :

$$R (\%) = (PEB/PMV) \times 100$$

**R** : Rendement

**PEB** : Poids de l'extrait brut (en gramme)

**PMV** : Poids de matière végétal (en gramme)

### 2.5. Evaluation de l'activité antimicrobienne :

L'activité biologique contre les levures et les bactéries a été déterminée en utilisant la technique standard de diffusion sur agar (Sacchetti, G et al., 2005)

#### 2.5.1. Repiquage

##### 2.5.1.1. Pour les souches bactériennes :

Les différentes souches bactériennes ont été repiquées à partir d'une culture âgée, sur une gélose nutritive par la méthode des stries, puis incubées dans une étuve à 37°C pendant 18-24 heures pour obtenir des cultures jeunes. Les colonies isolées sont utilisées pour préparer l'inoculum. (MOROH J.-L. A et al., 2008)

### 2.5.1.2. Pour les levures :

Les levures sont repiquées à partir d'une culture âgée sur un milieu Sabouraud additionnée de Chloramphénicol. L'ensemencement est effectué en surface, par étalement de 0.1ml de culture en strie serrées. Les boîtes de Pétri sont incubées à 25°C, pendant 48 h pour servir à la préparation de l'inoculum. (Boulal. A. et al., 2016)

### 2.5.2. Préparation de l'inoculum :

Une colonie isolée de chaque culture jeune (18h pour les bactéries et 48h pour les levures) a été prélevée à l'aide d'une anse de platine stérile et homogénéisée dans 4 mL L'eau physiologiques stérile à l'aide d'un agitateur de type vortex (Adiko-Tapé N.M., et al 2021)

### 2.5.3. Ensemencement :

L'ensemencement a été effectué par la technique de beurrage (inondation) sur les boîtes contenant la gélose Mueller Hinton pour les bactéries et le milieu Sabouraud chloromphénicolé Pour les levures (figure 16)

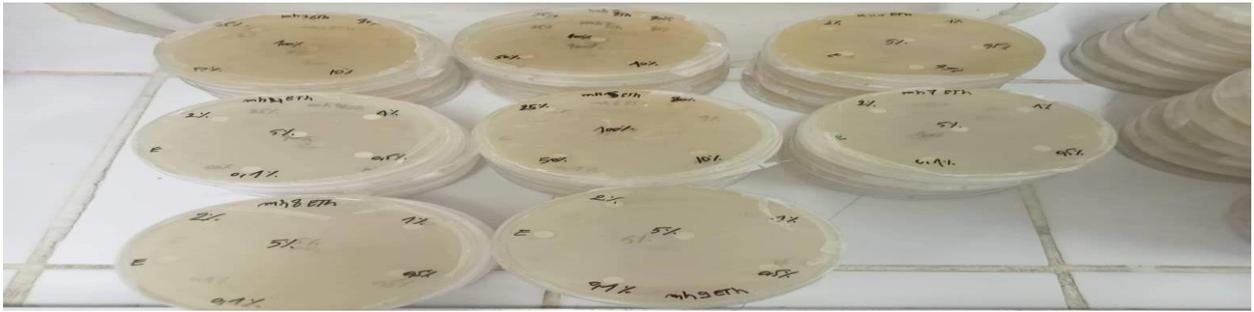


Figure 16 : L'ensemencement en surface de la gélose Mueller Hinton (Original., 2022)

### 2.5.4. Application des disques d'extraits végétaux :

Des disques de papier filtre stérile de 6 mm de diamètre imprégnés dans les l'extraits végétaux, ont été placés sur la surface de la gélose (Boutabia, L., S. Telailia, et al.,2016 ; Mahmoud Hamoushi, et Khader Mahmoud., 2008)

L'opération a été répété 3 fois pour chaque souche bactérienne et levure, et pour chaque dilution afin de calculer la marge d'erreur (erreur standard moyenne ou écart type).



**Figure 17 : Disques chargés de solution végétales déposés sur la gélose ensemencés (originale, 2022)**

Après la réalisation de l'aromatogramme on procède à l'incubation des boîtes à 37°C pendant 24h pour les bactéries, et à 25°C pendant 48h pour les levures.

### **2.5.5. Lecture des résultats :**

La lecture des résultats a été faite par mesure des diamètres des zones d'inhibition. (DJEDDI., 2007).

Classement des bactéries :

- Résistants :  $D < 8 \text{ mm}$
- Sensible :  $9 \text{ mm} < D < 14 \text{ mm}$
- Très sensible :  $D > 20 \text{ mm}$

---

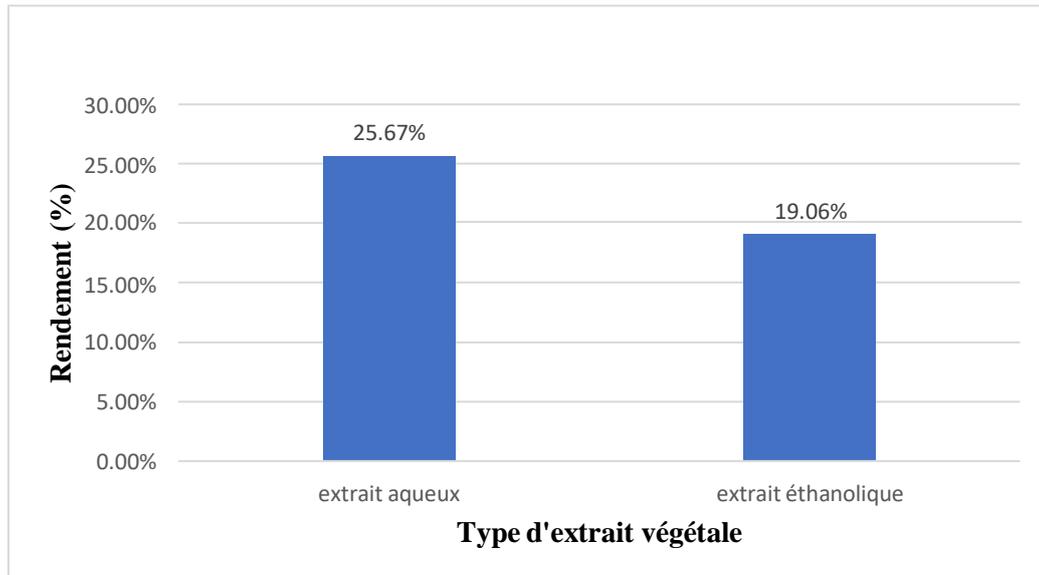
## Résultats et discussions

---

### 1. Rendement des extraits :

Pour une prise d'essai de 10g de la matière végétale, le rendement d'extraction de la phase aqueuse (extrait aqueux) est de 27.67%, valeur qui est supérieure à celle de l'extrait obtenu par macération à un solvants organique polaire qui est l'éthanol (Rendement égale à 19.06 %).

Les résultats des rendements sont traduits dans la Figure 18 :



**Figure 18 : Rendement des extraits de *L. inermis L.***

Le rendement en extrait aqueux de henné que nous avons obtenu est légèrement supérieur au rendement d'une même espèce récoltée de la région de Touat (Adrar) 24.76 % et inférieur à celui de la Henné récolté de la région de Tidikelt (Ain Salah) 26.68 obtenu par (HadeF K Z. et Boufeldja w., 2020)

Aussi le rendement en extrait éthanolique de notre plante est inférieur à celui de *L. inermis L.* de Tidikelt (29.08%), et supérieur au rendement de celle récolté de la région de Touat (13.70) (HadeF K Z et Boufeldja w., 2020)

Cette différence des taux des rendements des extraits végétaux dépend de plusieurs facteurs :

À savoir l'espèce (facteur génétique), s'il s'agit d'espèce différentes, les organes végétaux utilisés, facteur climatique, édaphiques, physiologique (phase de croissance, etc).

Le moment de la récolte, pratiques et techniques d'extraction. (BoucheritO.Z., 2014)

## 2. Evaluation de l'activité antibactérienne des feuilles de *L.inermis* :

Les résultats des diamètres des zones d'inhibition par la plantes *L.inermis L.* Vis-à-vis des différentes souches bactériennes ont été interprété par rapport au type des deux extraits (éthanolique et aqueux).

### 2.1. Effet des extraits végétaux sur la croissance microbienne (relation Dose-effet) :

Les résultats d'évaluation de relation entre l'effet inhibiteur des extraits et le diamètre des zones d'inhibitions déterminée par le test de diffusion sur un milieu solide sont présentés dans la **figure 19**. Il ressort des résultats que toutes espèces microbienne testées étaient sensibles aux extraits de *L. inermis L.* à des degrés de sensibilité qui sont en fonction de l'espèce (bactérie ou levure), type de gram des bactéries, type d'extrait, concentration de l'extrait.

Nous avons remarqué que plus la concentration de l'extrait aqueux et éthanolique est élevée, plus les diamètres des zones d'inhibitions sont grands.

Nous avons noté que les extraits de *Lawsonia inermis L.* sont actifs aussi bien sur les bactéries à gram positif (*S. aureus*, *B. subtilis*, *C.sporogenes* et *S. epidermidis*) que sur les bactéries à gram négatif (*E. coli*, *S. typhi* et *Pseudomonas aeruginosa*).

Nous avons noté également que l'action de l'extrait aqueux sur les deux levures est faible, car leur inhibition n'a eu bien qu'avec la dose la plus élevé de cette extrait (100mg/ml) (figure 20)

L'extrait éthanolique paraît être inactif sur les deux levures testées (figure19).

L'étude de **Hussain T et ses collaborateur ( 2011)**, sur la même espèce soutient nos résultats à propose l'efficacité des extraits de *L. inermis L.* contre les bactéries à gram positif et à gram négatif, Par contre l'étude de **Papageorgiou et ses collaborateur (1999)**, à démontre que les extraits de *Lawsonia inermis L.* présentent une activité antimicrobienne uniquement contre les bactéries à gram positif.

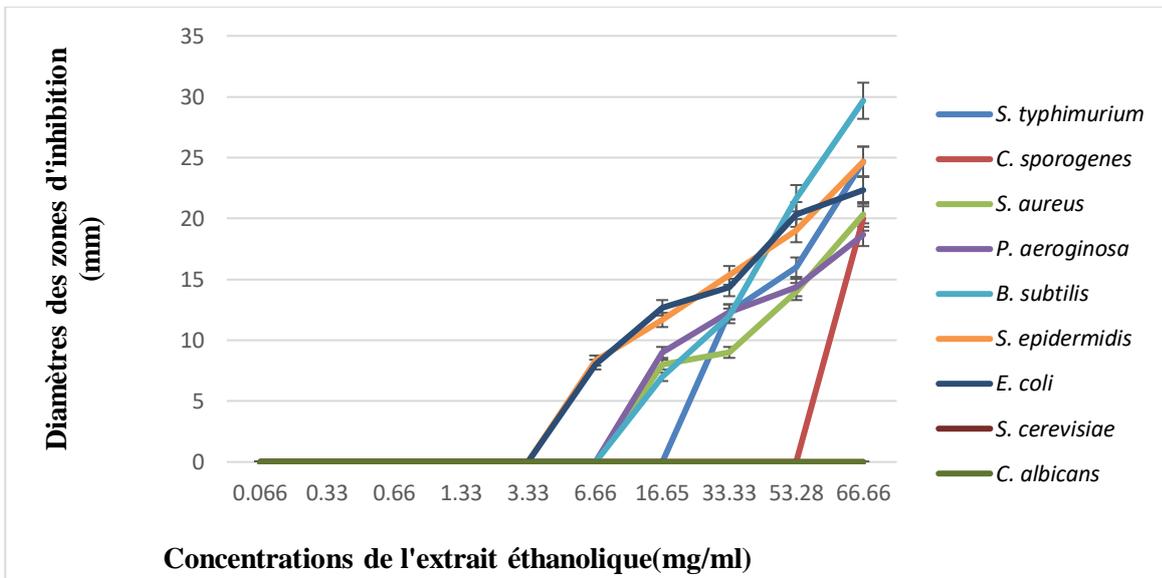


Figure 19 : Détermination de la sensibilité des bactéries et levure à l'extrait éthanolique de *L.inermis L.* [Les diamètres des zones d'inhibition sont exprimés en moyennes  $\pm$  Erreur standard moyenne (ESM)].

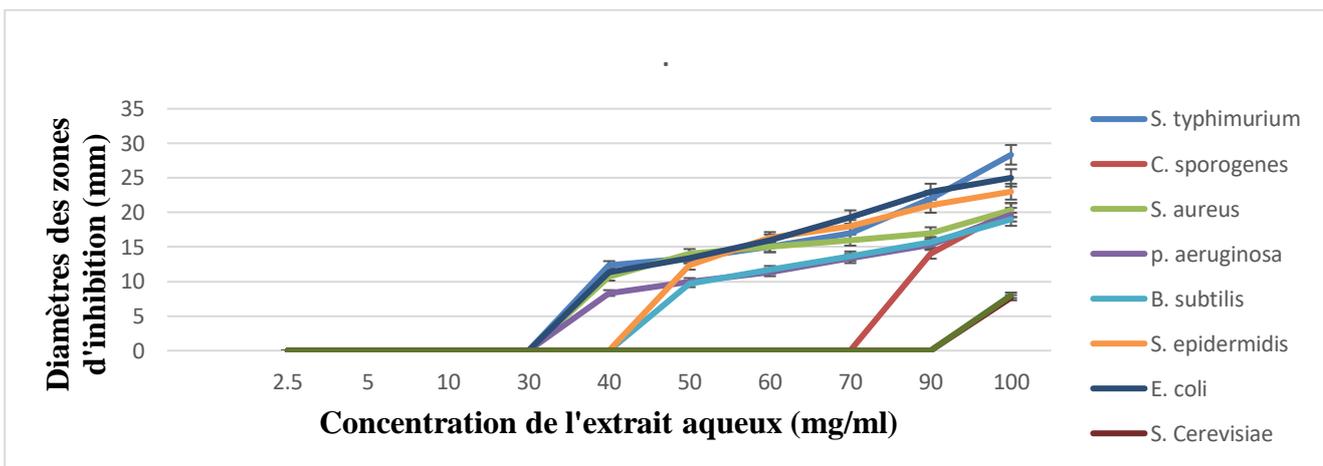


Figure 20 : Détermination de la sensibilité des bactéries et levure à l'extrait aqueux de *L.inermis*. [Les diamètres des zones d'inhibition sont exprimés en moyennes  $\pm$  Erreur standard moyenne (ESM)].

A l'état pure, l'extrait aqueux a agit sur les bactéries à Gram positif et Gram négatif, l'espèce qui présente le diamètre de la zone d'inhibition le plus élevé est *S.typhimurium*

(28.33±0.981mm) suivi par *E.coli* (25±0.471mm) puis , *S.epidermidis* (23mm±0.41).

L'inhibition de *b. subtilis* par cet extrait pur s'est manifeste par le plus petit diamètre de la zone d'inhibition (19±0.471).

Cet extrait a agit également sur les deux espèce fongiques *Candidas albicans* et *S. cerevisiae* de faible diamètre (8±0.471 mm et 07.33±0.272 mm respectivement). Il est à noter que l'extrait aqueux n'a agit sur cette dernière espèce qu'à son état pure (100mg/ml).

D'autre chercheurs ont testés l'extrait aqueux de la même espèce de plante à 6mg/ml sur quatre germe qui sont : *S.aureus*, *E. coli*, *P. aeruginosa*, *C. albicans*. En comparant l'effet de notre extrait sur ces mêmes germes, nous constatons qu'il est plus efficace contre deux entre eux (*E. coli* et *P. aeruginosa*) car les diamètres des zones d'inhibition sont supérieurs à leur résultats (*E. coli* : 6mm et *P. aeruginosa* : 7mm). Cependant, la plante testées par ces chercheurs est plus efficace contre *B.subtilis* (28 mm), *C. albicans* (21 mm), et *S. aureus* (26 mm ). (**Hadef K Z. et Boufeldja w., 2020**)

Une autre étude réalisée par **jothiprakasm V et ces collaborateurs (2013)** sur l'effet de l'extrait aqueux de *L. inermis L.* sur *S.typhimurium*, a montré que cette dernière est plus sensible à l'action de notre extrait (28.33±0.981 mm) que de leur est (14 mm).

A l'état pure (66.66 mg /ml) l'extrait éthanolique a montrent une forte activité sur les souches microbiennes testées, avec des diamètres de zone d'inhibition supérieurs à 20 mm, les bactéries les plus sensibles (diamètres plus grands) sont : *B.subtilis* (29.667±1.20), *S.epidermidis* (24.667±0.57) et *E.coli* (22.333±0.667), tandis que les espèces fongiques se sont montrées plus résistante a cet extrait, puis qu'aucune zone d'inhibition n'a été observé

La plus petite zone d'inhibition a été enregistrée chez *P. aeroginosa* (18.667±1.20)(figure 22).

Ces résultats sont en accord avec ceux de **jothiprakasam et ces collaborateur (2013)** concernant les souches suivantes :

L'extraits à l'éthanol de *L. inermis* avaient une activité plus élevée contre *S.typhimurium* (17 mm), *E.coli* (20 mm), *S.aureus* (20 mm), et *P.aurogineusa* (18 mm).cette étude a confirmé l'activité antibactérienne de l'extrait éthanolique des feuilles de *L. inermis L.*

Selon les travaux de **AKTER, A (2010)** sur *B. subtilis* les résultats de l'extrait éthanolique montres une zone d'inhibition de (12 ,2 mm) donc une valeur inferieur à notre

résultat (souche très sensible à notre extrait).

Al-kuraishy, H.,(2011)et Usman, R et ces collaborateur., (2018) ont posés une hypothèse pour justifier les résultats que nous avons obtenu (l'efficacité des extraits de *L. inermis L.*) ; selon ces chercheurs la majorité des substances antimicrobiennes, à savoir l'acides gallique, lawsonse, acide hénatique et mucilage, sont solubles dans l'eau et les solutions hydroalcooliques (Khawla, Z, et al, 2020).

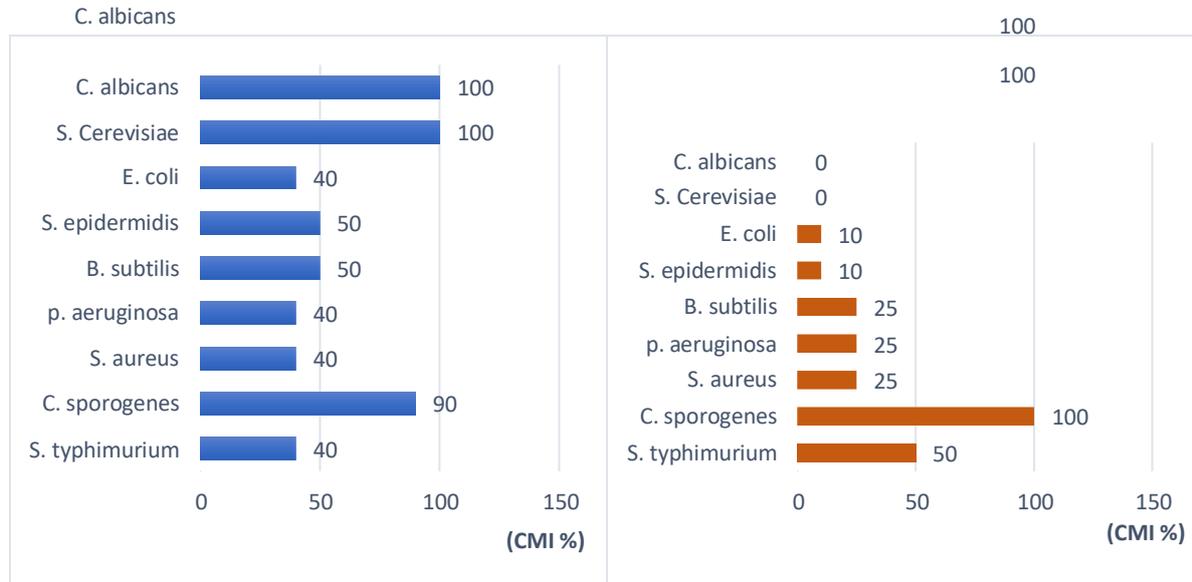


Figure 26 : Concentration minimales des extraits de *Lawsonia inermis L.* inhibitrices (CMI) de la croissance des micro-organismes testées.

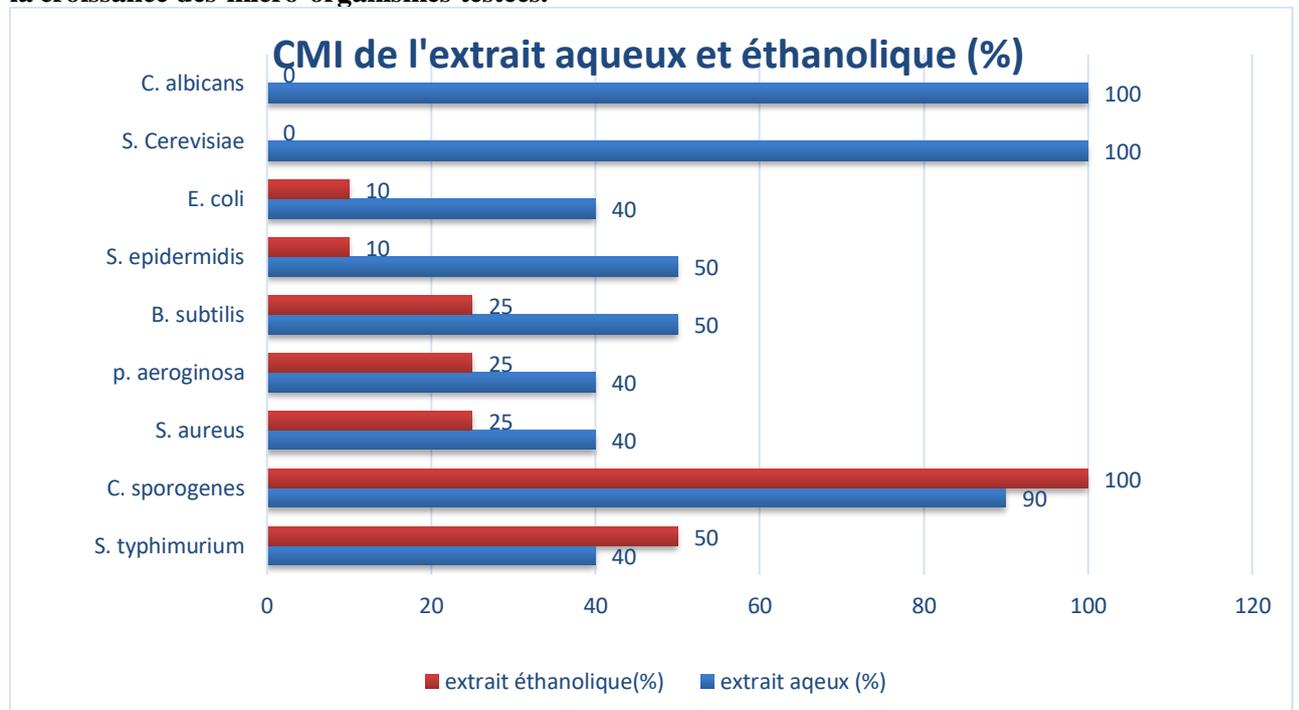


Figure 1 Concentration minimales des extraits de *Lawsonia inermis L.* inhibitrices (CMI) de la croissance des micro-organismes testées.









---

## Conclusion

---

**Conclusion et perspective :**

À la lumière de la résistance croissante aux agents antimicrobiens existants, certaines recherches ont été menées dans le monde entier pour identifier les produits pharmaceutiques à base de plantes, car ils sont des sources essentielles pour développer de nouveaux agents pour traiter une variété de troubles liés aux infections bactériennes. À cet égard, il existe une demande croissante de produits thérapeutiques à base de plantes dans les pays en développement et développés, en raison de la reconnaissance croissante qu'il s'agit de produits naturels, non narcotiques. Les plantes sont riches en une grande variété de métabolites secondaires, tels que les tanins, les terpénoïdes, les alcaloïdes et les flavonoïdes, qui se sont avérés *in vitro* avoir des propriétés antimicrobiennes.

Les travaux en cours portent sur la plante *lawsonia inermis L.*, reconnue pour ses multiples bienfaits thérapeutiques. Par l'évaluation de l'activité antibactérienne de ses extraits aqueux et éthanolique, il est possible de souligner la place de cette plante dans les domaines pharmaceutiques et médicinales. Ces tests ont été réalisés en utilisant la méthode de diffusion sur agar (aromatogramme) et en se servant de bactéries de références (*Staphylococcus aureus* ATCC 6538, *Salmonella typhimurium* ATCC 14028, *Clostridium sporogenes* ATCC 19404, *Escherichia coli* ATCC 8739, *Bacillus subtilis* ATCC 6633, *Staphylococcus epidermidis* ATCC 12228, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 9027) et de levures de références (*Candida Albicans* ATCC 10231, *Saccharomyces Cerevisiae* ATCC 9763).

Les résultats illustrent un potentiel prometteur de la plante contre les bactéries testées. Par contre l'activité antifongique a révélé un profil d'inhibition moins intéressant contre les deux levures.

L'extrait le plus efficace contre les bactéries de référence est l'extrait éthanolique, car les CMI sont plus faibles (de 6,66 mg/l à 66,66 mg/l) et les zones d'inhibition sont plus larges (allant jusqu'à 29,67 mm) surtout à l'état pur (66,66 mg/l), même si cette dernière concentration est plus faible que celle de l'extrait aqueux pur (100 mg/l).

L'ensemble des résultats obtenus lors de nos recherches constituent une première étape dans la recherche de matériaux issus de sources naturelles biologiquement actives et il sera intéressant d'accompagner ce travail par :

- Des tests de méthodes d'extraction alternatives et leur impact sur le rendement et la composition chimique de l'extrait

- Poursuivre ce travail, notamment avec les champignons à halle mycélien et autres bactéries pathogènes, pour confirmer l'efficacité ou l'inefficacité des extraits et évaluer leurs effets inhibiteurs par des études sur des modèles animaux.
- Élargir l'éventail des propriétés biologiques que peuvent avoir les extraits de *L.inermis* L. en évaluant d'autres activités (anti-inflammatoires, cicatrisants, etc.) in vitro et in vivo.

À l'avenir, nous pensons que la molécule active purifiée de l'extrait de *Lawsonia inermis* responsable de l'action antimicrobienne pourra être utilisée dans la conception de médicaments via des outils bio-informatiques. D'autres avancées dans les technologies telles que la cristallographie aux rayons X, la spectroscopie RMN et la génomique structurale ont amélioré la détermination de la composition chimique exacte des composés et la sélection des cibles médicamenteuses potentielles. Cette avancée progressive dans la compréhension de la base moléculaire de la structure des composés et des cibles médicamenteuses a canalisé le pipeline de découverte de médicaments avec des étapes d'optimisation et de test animaux.

---

## Références bibliographiques

---

- **Aarbi A., Hraki A., Benaissa K., Belhamra M, 2016.** Le savoir-faire agricole dans la pratique de la culture du henné (*Lawsonia inermis alba*) de Zribet El Oued (l'henna Zribya), dans la région de Biskra/ Revue Agriculture. Numéro spécial 1 ,139 – 145. PP 140.
- **Aboud A.S ,Wahid H.k, 2017.** L'importance des plantes médicinales et leurs utilisations dans les civilisations anciennes, Al-Adab Journal, 1(123), 377-392. (Version Arab).
- **Adico-tapé N.M., Touré D., Coulibaly W.K., Andersonotokoré C.F., Effe E., Kablan A.L., Konan F., Akoubet-Ouayogode A.1, Djaman A. J., Koné-Bamba D, 2021.** Activité antioxydante et antibactérienne des jus frais et oxydé du fruit de *Irvingiagabonensis* (Aubry-Lecomte ex O'Rorke) Baill. Irvingiaceae, Revue RAMReS – Série Pharm. Méd. Trad. Afr., 20(2) : 09-19, pp10.
- **Aganga A., Mosase K, 2001.** Tannins content, nutritive value and dry matter digestibility of *Lonchocarouscapussa*, *Ziziphus mucropata*, *Sclerocaryabirrea*, *Kirkia Acuminata* and *Rhus lancea* seeds. *Animal Feed Science and Technology*, 91,107- 113.pp108.
- **Ait-ali E., El khetabi A., Belmalha S, 2021.** Utilisation des extraits de plantes contre les maladies de post-récolte des fruits. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires* p-ISSN, p. 991Xp 170-179 pp 171.
- **Akter A., Neela F. A., Khan M. S. I., et al, 2010.** Screening of ethanol, petroleum ether and chloroform extracts of medicinal plants, *Lawsonia inermis L.* and *Mimosa pudica L.* for antibacterial activity. *Indian journal of pharmaceutical sciences*, vol. 72, no 3, p. 388.
- **Ali B.h., Bashir A.K et Tanira Mom, 1995.** Anti-inflammatory antipyretic and analgesic effects of *Lawsonia inermis L.* (Henna) in rats. *Pharmacology*, 51: 356-363.pp357-358.
- **Ali D, 1996.** Encyclopédie des plantes médicinales et aromatiques, Bibliothèque Madbouly: Bibliothèques agricole, 392p. (Version Arab).
- **Ali Saleh R, 2012.** Atlas des plantes médicinales et aromatiques du monde arabe, Centre arabe d'études des zones arides et des terres arides, Damas, 630p (version arab).
- **Al-kuraishy Hayder, 2011.** Evaluation the antibacterial activity of *lawsonia inermis* :in vitro study. *Iraqi Journal of Science*, , vol. 52, P 16-19.
- **Almarie, A. A. A, 2020.** Roles of terpenoids in essential oils and its potential as natural weed killers: recent developments, *Essential Oils-Bioactive Compounds, New Perspectives and Applications*: 1-22. Pp 09.
- **AL-SNAFI A.E , 2019.** A review on *lawsonia inermis*: apotential medicinal plant. *International Journal of Current Pharmaceutical Research*, 1–13, pp 01.
- **Aouadhi C., Ghazghazi H., Hasnaoui B, 2013.** Comparaison de l'activité antifongique d'extraits méthanoliques de trois plantes collectées du nord-ouest de la Tunisie. *Microbiol. Hyg. Alim*, vol. 25, no 73, p. 9- 14.
- **Babu P.D, Subhasree R.S, 2009.** Antimicrobial Activities of *Lawsonia inermis* - A Review. *Acad J Plant Sci*; 2 (4): 231-2.
- **Bakouan Y., Sessouma B., Tarpaga L., Yoda J., Djandé A , Bayo K, 2021 .** 3-benzoyl-4-hydroxy-coumarine: Synthèses et caractérisation d'une série de nouveaux composés. *J. Soc. Ouest-Afr. Chim*50: 23-29.pp24.
- **Barve K et Dighe A, 2016.** *The Chemistry and Applications of Sustainable Natural Hair Products* Spinger, India (Mumbai), 50p.

- **Batista Â. G. J. K., DaSilva M et al, 2021.** Generation and alterations of bioactive organosulfur and phenolic compounds. *Chemical Changes During Processing and Storage of Foods*, Elsevier: 537-577.pp340.
- **Ben Hsouna A., Trigui M., Culioli G , Blache Y and Jaoua S, 2011.** Antioxidant constituents from *Lawsonia inermis* leaves: Isolation, structure elucidation and antioxidative capacity. *Food Chemistry* 125:193-200.pp127.
- **Ben-Mohamed Iraqi F, 1992.** La phytothérapie pour chaque maladie ‘ Makkah, pp 91,92. (version arab).
- **Booth N.L., Dejan N., Richard B., Stoci E, 2004.** New lanthanide complexes of 4 methyl 7 hydroxy coumarin and their pharmacological activity. *Clinical Pharmacology and Therapeutics*. p50- 120-123.
- **Boucherit Otmani Z., BENTABET N et BOUCHERIT K, 2014.** Composition chimique et activité antioxydante d’extraits organiques des racines de *Fredoliaaaretioides* de la région de Béchar en Algérie. *Phytothérapie*, vol. 12, no 6, p. 364-371.
- **Bougandoura N et Bendimerad N, 2012.** Effet antifongique des extraits aqueux et méthanolique de *Saturejacalaminthassp. (Nepeta)* briq. *Revue des Bio Ressources*, 2 :1 - 7.pp 02.
- **Boulal A., Kihal M., et Meknassi A, 2016.** Etude du Pouvoir Fermentaire de Levures Isolées Naturellement à Partir des Dattes au Sud d’Algérie (Application à la Fermentation de Deux Variétés de Dattes Communes de Faible Valeur Marchande),Le 4ème Séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables p 01-07 pp 02.
- **BOUTABIA L., TELAILIA S., BOUGUETOF I., GUENADIL F et CHEFROUR A, 2016.** Composition chimique et activité antibactérienne des huiles essentielles de *Rosmarinus officinalis L.* de la région de Hammamet (TébessaAlgérie)." *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*85: 174-189.pp176-177.
- **Bruneton J, 2009.** Pharmacognosie, Phytochimie, Plantesmédicinales .Paris, 4emeEditionLavoisier, 1234p,pp307.
- **Cermak R., Follmer U et Wolffram S, 1998.** Dietary flavonol quercetin induces chloride secretion in rat colon. *Am J Physiol*. 275: G1166–G1172.
- **Chaudhary G., Goyal S et Poonia P, 2010.** *Lawsonia inermis* Linnaeus: A Phytopharmacological Review *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Drug Research* 2010; 2(2): 91-98.pp91.
- **Chenouani M.A.A, 1996.** Plantes utilisées dans la médecine traditionnelle saoudienne, Bibliothèque nationale du roi Fahd, Ville du roi Abdelaziz pour la science et la technologie, Riyad, 345p. (Version Arabe).
- **Djeddi S., Bouchenah N., Settari I, et al, 2007 .** Composition and antimicrobial activity of the essential oil of *Rosmarinus officinalis* from Algeria. *Chemistry of Natural Compounds*, vol. 43, no 4, p. 487-490.(P.488).
- **Djeridane A., Yousfi M., Nedjmi D., Boutassouna D., Stoker P., Vida L.N, 2006 .** Antioxydant activity of some medicinal plants extracts containing phenolic compounds. *Food Chemisry*; 97; 654-660.pp654.
- **Duke J. A, 2007.** *Duke’s Handbook of medicinal plants of the bile*, CRC Press, p552.
- **Elkolli M, 2017.** structure et activites des substances naturelles : principes et applications,p65.

- **Fagbohoun, 2014.** etude chimique de colorants naturels et materiaux resineux traditionnels du benin dans le domaine artisanal, thèse, universite d'avignon et des pays de vaucluse (france).p274.
- **Garcia-salas P., Morales-soto A., Segura-carretero A, 2010.** Phenolic-compound-extraction systems for fruit and vegetable samples. *Molecules*, vol. 15, no 12, p. 8813-8826 pp8814.
- **Ghedira K 2005.** Les flavonoïdes: structure, propriétés biologiques, rôle prophylactique et emplois en thérapeutique. , 3(4), 162–169, pp165.
- **Ghédira K., Goetz., P, 2017.** Le henné *Lawsonia inermis* L. (Lythraceae). *Phytothérapie*, 15(2), 01-06. pp 02.
- **Ghestem A., Seguin E., Paris M., and Orecchioni A.M, 2001.** Le préparateur en pharmacie dossier, 2èmeEd TEC&DOC. Paris,1727p. pp275.
- **Ghosh A., Das B.K., Roy A., Mandal B., Chandra G, 2008.** Antibacterial activity of some medicinal plant extracts. *J Nat Med*; 62(2): 259-62.
- **Haddouchi F et Benmansour A, 2008.** Huiles essentielles, obtentions, utilisations et activités biologiques. Application à deux plantes aromatiques. *Les technologies de laboratoire*vol. 3, no 8.
- **Hadef K.Z et Boufeldja W, 2020.** Antimicrobial Activity of *Lawsonia inermis* Leaf Extract Collected from South of Algeria Touat (Adrar) and Tidikelt (In Salah). *Journal of Plant Sciences*, vol. 15, p 9-16.
- **Hamel T., Sadou S., Seridi R., Boukhdir S., Boulemtafes A, 2018.** Pratique traditionnelle d'utilisation des plantes médicinales dans la population de la péninsule de l'edough (nord-est algérien), *Ethnopharmacologia*, n°59, p75-81, pp 78.
- **Hamoushi M et Mahmoud K 2008.** Effet inhibiteur des feuilles de henné *Lawsonia inermis* sur les membres de l'espèce *Aureus Staphylococcus* isolés de différentes infections cutanées. *Journal scientifique Al-Rafidain*, vol 03,p01-19, pp05.(Version Arab).
- **Hosein H.K.M., Zinab D, 2007.** Phenolic Compounds and Antioxidant Activity of Henna Leaves Extracts (*Lawsonia inermis*). *World J Dairy & Food Sci* , 2(1): 38-41.
- **Hung Wei-Lun., Suh Joon Hyuk., Wang Yu, 2017.** Chemistry and health effects of furanocoumarins in grapefruit. *Journal of Food and Drug Analysis*, 25(1), 71–83.
- **Hussain T., Arshad M., Khan S., Sattar H and Qureshi M.S, 2011.** In vitro screening of methanol plant extracts for their antibacterial activity. *Pak. J. Bot.*, 43: 531-538.
- **Iserin P et Vican, 2001.** Encyclopédie des plantes médicinales Identification, préparations, soins , Larousse Edition, Paris, 335p.
- **Jaber-ben salem K, 2009.** Encyclopédie Jaber de phytothérapie, Obekan, Riyad, 436p. (version Arabe).
- **Jansen P.C.M et Cardon D, 2005.** Ressources végétales de l'Afrique tropicale, colorant et tanins Fondation Porta, Backhuys Publishers, wageningenPays-bas, 238p.
- **Jothiprakasam V., Ramesh S., et Rajasekharan S.K, 2013.** Preliminary phytochemical screening and antibacterial activity of *Lawsonia inermis* Linn (henna) leaf extracts against reference bacterial strains and clinically important AMPC betalactamases producing *Proteus mirabilis*." *Int J PharmPharmSci* 5(1): 219-222.
- **Ju Y., Zhao Y. F., Srill C. C and Sacalis J. N, 2000.** Tsinghua Science and Technology,Cytotoxic compounds from *Zanthoxylum Americanum*, 5, 159-162, pp 159.

- **Kathirvel P, 2021.** Secondary Metabolites”, Darshan Publishers .148p,pp06.
- **Khader S, 2020.** Dictionnaire des plantes et herbes médicinales, Groupe arabe du Nil, Caire, 621 p.(version arab).
- **Khan I., Kulkari M.V., Gopal M., Shahabuddin, 2005.** Synthesis and biological evaluation of novel angularly fused polycyclic coumarins. *Bioorganic and Medicinal Chemistry Letters*, 15: 3584-3587 pp3584.
- **Khanbabae K et Ree T R. 2001.** Tannins: Classification and Définition”, *Journal Royal Society of Chemistry*, 18, 641-649.
- **Kossonou Yao K., Kouakou-Kouame Amenan C., Koffi Affoué C., Koffi Yao M., Tra Bi Fézan H.,Tano K, 2019.** Activité Antifongique In Vitro des Extraits de Cinq Plantes Locales sur Collet otrichum Higginsianum, Fusarium Oxysporum et Rhizopus Stolonifer, Agents Pathogènes de la Papaye (*CaricaPapaya L.*) et de la Tomate (*Solanum Lycopersicum L.*), *European Scientific Journal* March 2019 edition Vol.15, No.9 : 304-321 pp 309.
- **Kothe W., Hans, 2007.** 1000 plantes aromatiques et médicinales » , Terre edition, Paris, 336p, pp11-12.
- **Lake B.G, 1999.** Coumarin Metabolism, Toxicity and Carcinogenicity: Relevance for Human Risk Assessment. , 37(4), 423–453. Pp424.
- **Macheix J. J., Fleuriet A & Jay-Allemand C. 2005.** Les composés phénoliques des végétaux : un exemple de métabolites secondaires d'importance économique. *PPUR presses polytechniques*.192p.pp35.
- **Masyita A., Sari R., DwiAstuti M., Yasir B, 2022.** Terpenes and terpenoids as main bioactive compounds of essential oils, their roles in human health and potential application as natural food preservatives." *Food chemistry: X*: 100217.1-13.
- **Mehrmand N., Moraveji M. K et Parvareh A, 2020.** Adsorption of Pb(II), Cu(II) and Ni(II) ions from aqueous solutions by functionalised henna powder (*Lawsonia Inermis*); isotherm, kinetic and thermodynamic studies *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*.
- **Michel A , 2002.** Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d’Afrique de l’Ouest Edition Quae, (CIRAD) » Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, 573p.
- **Moroh J. L. A., BAH I C., DJE K., LOUKOU Y. G., GUEDE-GUINA F, 2008.** Étude de l’activité antibactérienne de l’extrait acétatique (EAC) de *Morindamorindoides* (Baker) *milne-redheat* (rubiaceae) sur la croissance in-vitro des souches d’*Escherichia coli*, *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*, Vol. 77, p. 44 – 61 pp48.
- **Musa A.E., Gasmelseed G.A 2012.** Characterization of *Lawsonia inermis* (Henna) as Vegetable Tanning Material. *Journal of forest products & industries* 1: 35-40.
- **Paduch R., Szerszeń M.K., Trytek M., Fiedurek J, 2007.** Terpenes: substances useful in human healthcare. , 55(5), 315–327. Pp316,318, 319, 322.
- **Papageorgiou V.P., Assimopoulou A.N., Couladouros E.A., Hepworth D and Nicolaou K.C, 1999.** The chemistry and biology of alkannin, shikonin and related naphthazarin natural products. *AngewandteChemie Int. Edn.*, 38: 270-301.
- **Pavine chabdra T, 2006.** Traditional knowledge: medicinal plants I.K. *International Pvt.Ltd*, 258p.

- **Perroti C., Caraffa N., Aili S, 1999.** Se soigner par les plantes Ed BERTI, France,118p.pp06-07.
- **Rimawi M. A., Masri M. A., Husein N., et al,2017.** Natural antimicrobial activity of *Lawsonia inermis* and *Indigo tinctoria* against clinically isolated microorganisms. *Int J Pharm Pharm Sci*, vol. 10, no 1, p. 191-4.
- **Runsung W., Rahta k et Dutta S, 2015.** Métabolites secondaires des plantes dans la découverte de médicaments. *Journal mondial de la recherche pharmaceutique*, 2015, vol. 4, n° 7, p. 604-613.pp605.
- **Sacchetti G., Maietti S., Muzzoli M., Scaglianti M., Manfredini S., Radice M., Bruni R, 2005.** Comparative evaluation of 11 essential oils of different origin as functional antioxidants, antiradicals and antimicrobials in foods. *Food Chemistry*. 91: PP 621- 632.
- **Scalbert A., Williamson G, 2000.** Dietary intake and bioavailability of polyphenols. *The Journal of nutrition* 130(8): PP2073S-2085S.
- **Semwal R. B., Semwal D. K., Combrinck S., Cartwright-Jones S., Viljoen A, 2014.** *Lawsonia inermis* L.(henna): Ethnobotanical, phytochemical and pharmacological aspects." *Journal of Ethnopharmacology*155(1): 80-103.
- **Shahina A et Ghawanfar, 1994.** Handbook of Arabian medicinal plants CRC Press, 272p.pp134.
- **Sharma A et Sharma K, 2013.** Efficacy of *Lawsonia inermis* Linn. and *eucalyptus citriodora* hook. essential oils and their combination as antifungal and antiaflatoxin agent. *International Journal of Biological and Pharmaceutical Research* PP130- 143.
- **Sharma J., Gairola S., Gaur R.D., Painuli R.M, 2012.** The treatment of jaundice with medicinal plants in indigenous communities of the Sub-Himalayan region of Uttarakhand, India. *Journal of Ethnopharmacology* 143, PP262 – 291 .
- **Sonia c et Jean A,2011 .** Polyphénols et procédés: transformation des polyphénols• au travers des procédés appliqués à l'agro-alimentaire. Lavoisier.
- **Sonia C., Jean C, 2011.** Polyphénols et procédés: Lavoisier,337p.pp06-08-10-12.
- **Tamara E. C. Kraus., Randy A. Dahlgren., Robert J. Zasoski,2003.** Tannins in nutrient dynamics of forest ecosystems - a review., 256(1), PP41–66.
- **Tim C et Lamb J.A, 2005.** Antimicrobial activity of flavonoids. *International Journal of Antimicrobial Agents*. 26: 343–356. Pp 343.
- **Triveni A.G ., Kumar M.S., Shivannavar C ., Gaddad S.M, 2016.** Antibacterial and anti biofilm activities of crude extracts of *Lawsonia inermis* against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *Asian J Pharm Clin Res* 9(6): 263-265 pp264.
- **Usman R. A et RABIU U, 2018.** Antimicrobial activity of *Lawsonia inermis* (henna) extracts. *Bayero journal of pure and applied sciences*, vol. 11 , P 167-171.
- **Vankar P. S et Shukla D, 2019.** *New Trends in natural dyes for textiles Elsevier*, 278 p.
- **W –Erdman J., Balentine J. D., Arab L., Beecher G., Dwyer J. T., Folts J., Harnly., Hollman J. P., L –Keen C., Mazza G., Messina M., Scalbert A., Vita J., Williamson G. et BurrowesJ, 2007.** Flavonoids and heart health : Proceeding of the ILSI North America flavonoids workshop, may 31-june 1, 2005, Washington. *Journal of Nutrition.*, 137 (3 supp1) : 718 s-737 s pp721.
- **W-ERDMAN J., BALENTINE J.D., ARAB L., BEECHER G., DWYER J.T., FOLTS J., HARNLY., HOLLMAN J.P., L-KEEN C., MAZZA G., MESSINA M., SCALBERT**

- A., VITA J., WILLIAMSON G. and BURROWES J., 2005.** Flavonoids and heart health: Proceeding of the ILSI North America flavonoids workshop. Washington. Journal of Nutrition, (3) 137: 718-737.
- **Wilfred V., Ralph N, 2006.** Phenolic compound biochemistry Ed Springer. USA. 276p.pp24,25.

---

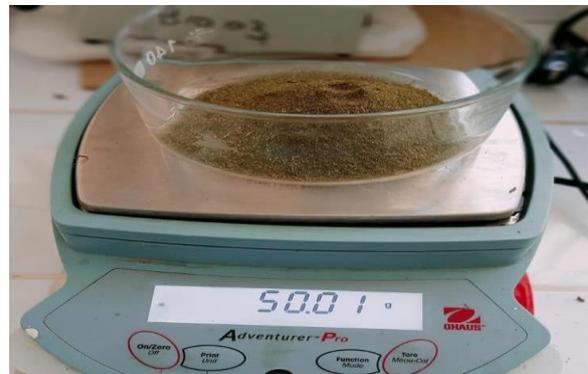
# Annexes

---

**Annexe 01 : Préparation des extraits végétaux :**



**Figure 1 : Broyage des feuilles de la plante. (Original., 2022)**



**Figure 2 Préparation de l'extrait aqueux de *lawsonia inermis* L (Original., 2022)**



**Figure 3 : Filtration de l'extrait (Original., 2022)**



Figure 4 : Macération des feuilles de *lawsonia inermis L* (Original., 2022)



Figure 5 : Filtration de l'extrait éthanolique (Original., 2022)



Figure 6 : concentration de l'extrait par évaporation au rota vapeur (Original., 2022)

**Tableau 1 : les caractères organoleptiques et rendement :**

<b>Extrait</b>	<b>Aspect</b>	<b>Couleur</b>	<b>Rendement%</b>
<b>Extrait aqueux</b>	<b>pâteux</b>	<b>Marron foncée</b>	<b>25.67%</b>
<b>Extrait éthanolique</b>	<b>pâteux</b>	<b>Marron foncée</b>	<b>19.08%</b>

## Annexe 2 : Activité antimicrobienne :

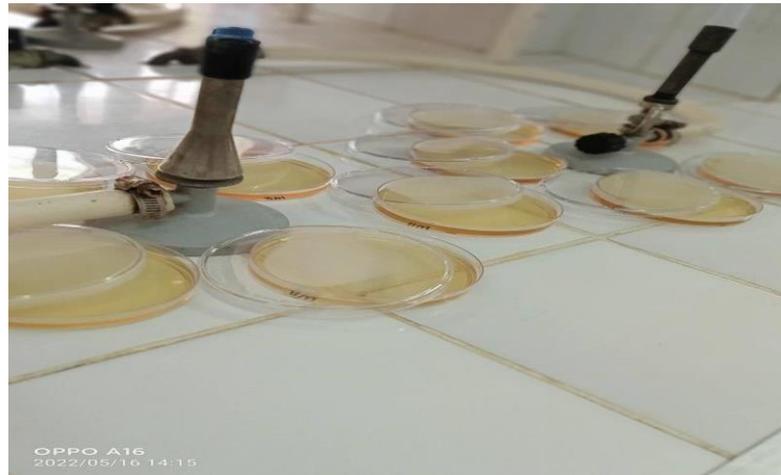
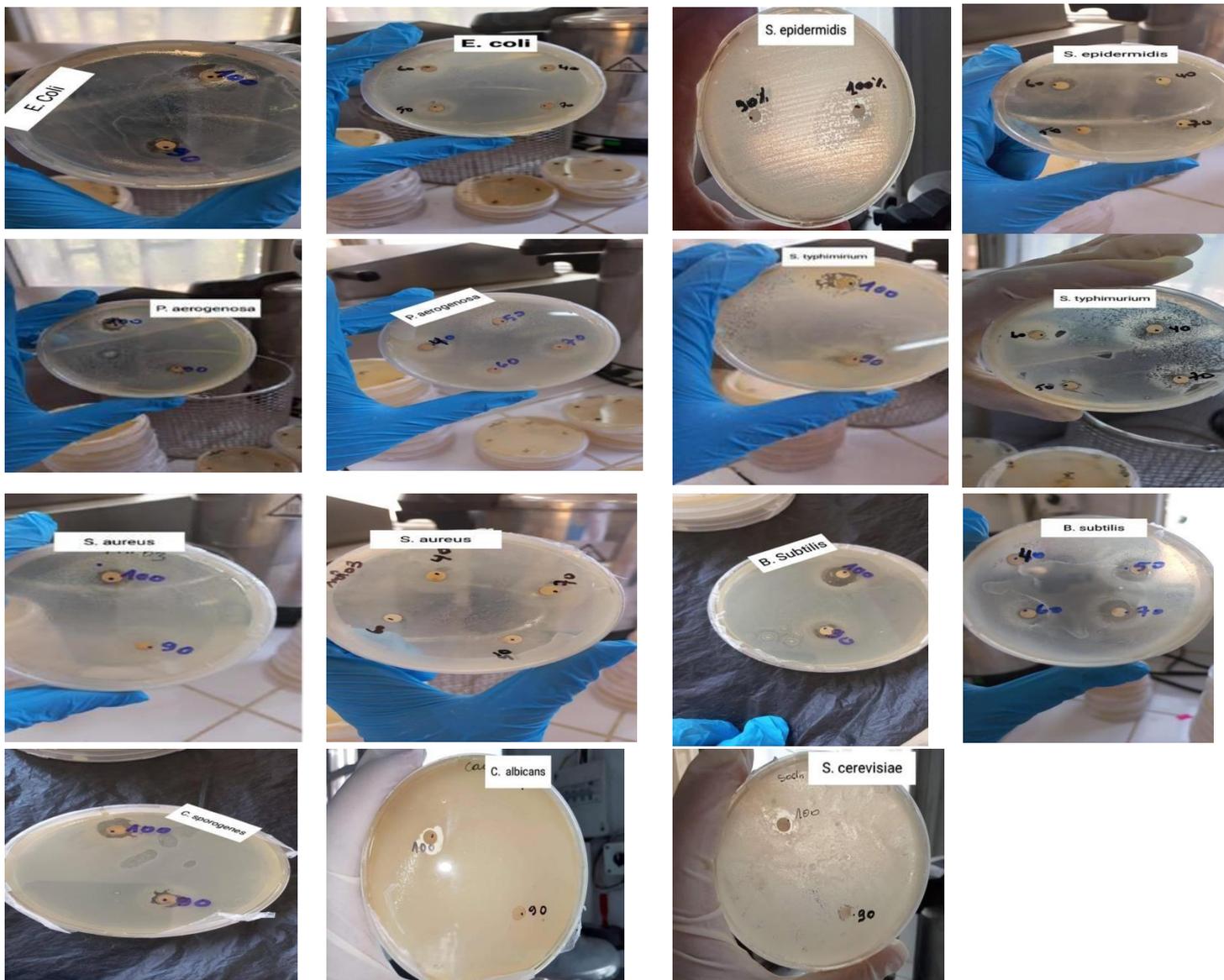


Figure 1 : Boîte pétri coulées avec la gélose Mueller Hinton (Original., 2022)

Figures 2 : Zones d'inhibition par l'extrait aqueux de *L. inermis* L. (Original., 2022)

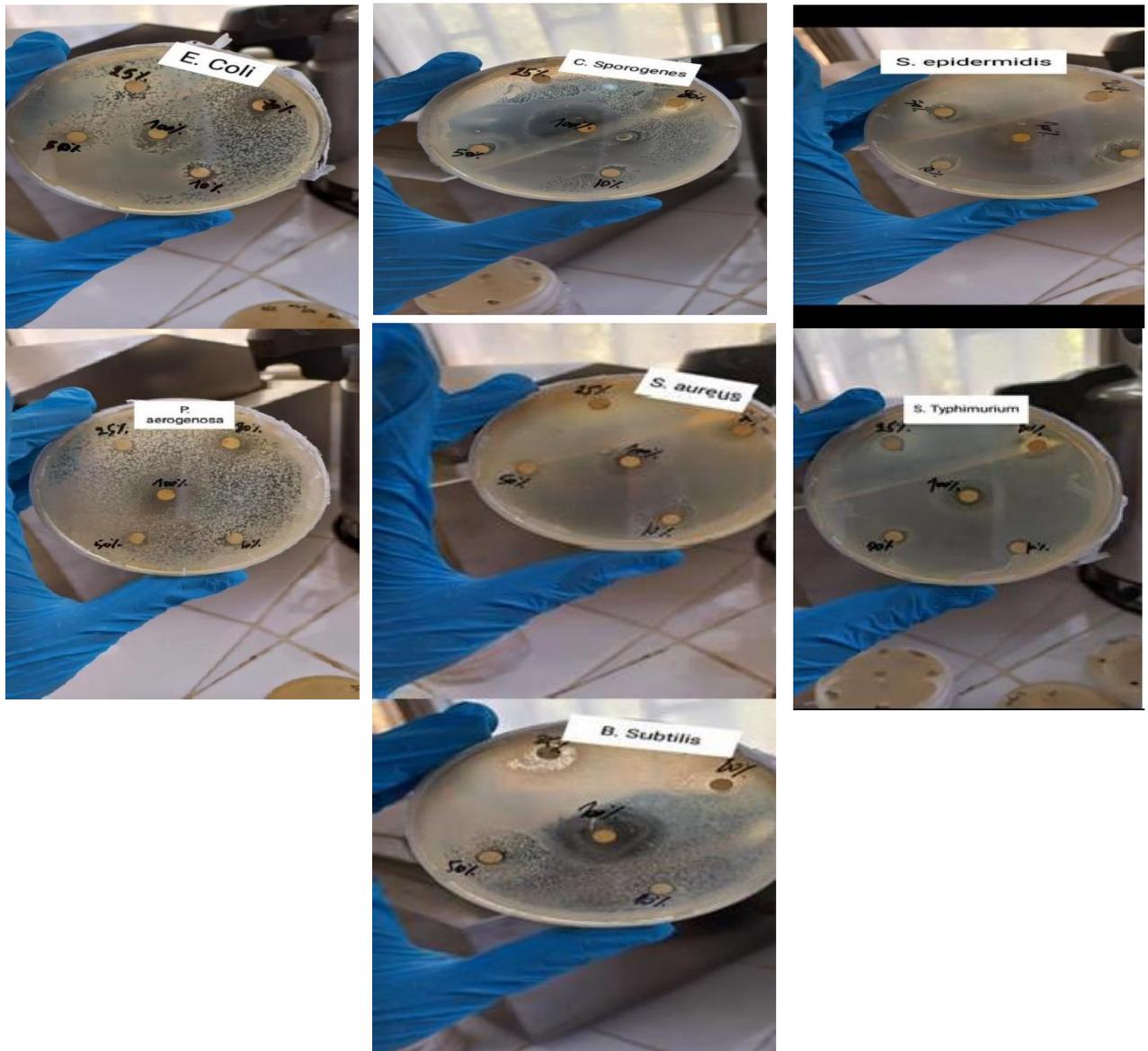


Figure 3 : Zones d'inhibition par l'extrait éthanolique de *L.inermis* L.

**Tableau 2 : Diamètres en millimètre des zones d'inhibition par l'extrait éthanolique en (%).de *L.inermis L.***

concentration	0.1%	0.5%	1%	2%	5%	10	25%	50%	80%	100%
<i>S. typhimurium</i>	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	12.333±0.822	16.000±0.577	24.670±0.533
<i>C. sporogenes</i>	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	20.00±0.577
<i>S. aureus</i>	0	0	0	0.000	0.000	0.000	8.000±0.577	9.000±1.00	14.000±0.577	20.33±0.882
<i>P. aeruginosa</i>	0	0	0	0.000	0.000	0.000	9.000±0.5777	12.333±0.882	14.333±0.882	18.67±1.02
<i>B. subtilis</i>	0	0	0	0.000	0.000	0.000	7.000±0.577	12.000±0.577	21.666±0.882	29.67±1.202
<i>S. epidermidis</i>	0	0	0	0.000	0.000	8.333±0.577	11.666±0.882	15.330±0.333	19.000±0.577	24.67±0.577
<i>E. coli</i>	0	0	0	0.000	0.000	8.000±0.333	12.666±0.333	14.333±0.882	20.333±0.333	22.33±667
<i>S. cerevisiae</i>	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00
<i>C. albicans</i>	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00

**Tableau 3 : Diamètres en millimètre des zones d'inhibition par l'extrait éthanolique en (mg/ml).de *L.inermis L.***

concentration	0.066	0.33	0.66	1.33	3.33	6.66	16.65	33.33	53.28	66.66
<i>S. typhimurium</i>	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	12.333±0.822	16.000±0.577	24.670±0.533
<i>C. sporogenes</i>	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	20.00±0.577
<i>S. aureus</i>	0	0	0	0.000	0.000	0.000	8.000±0.577	9.000±1.00	14.000±0.577	20.33±0.882
<i>P. aeruginosa</i>	0	0	0	0.000	0.000	0.000	9.000±0.5777	12.333±0.882	14.333±0.882	18.67±1.02
<i>B. subtilis</i>	0	0	0	0.000	0.000	0.000	7.000±0.577	12.000±0.577	21.666±0.882	29.67±1.202
<i>S. epidermidis</i>	0	0	0	0.000	0.000	8.333±0.577	11.666±0.882	15.330±0.333	19.000±0.577	24.67±0.577
<i>E. coli</i>	0	0	0	0.000	0.000	8.000±0.333	12.666±0.333	14.333±0.882	20.333±0.333	22.33±667
<i>S. cerevisiae</i>	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00
<i>C. albicans</i>	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00

**Tableau 4: Diamètres en millimètre des zones d'inhibition par l'extrait aqueux en (%).de *L.inermis L.***



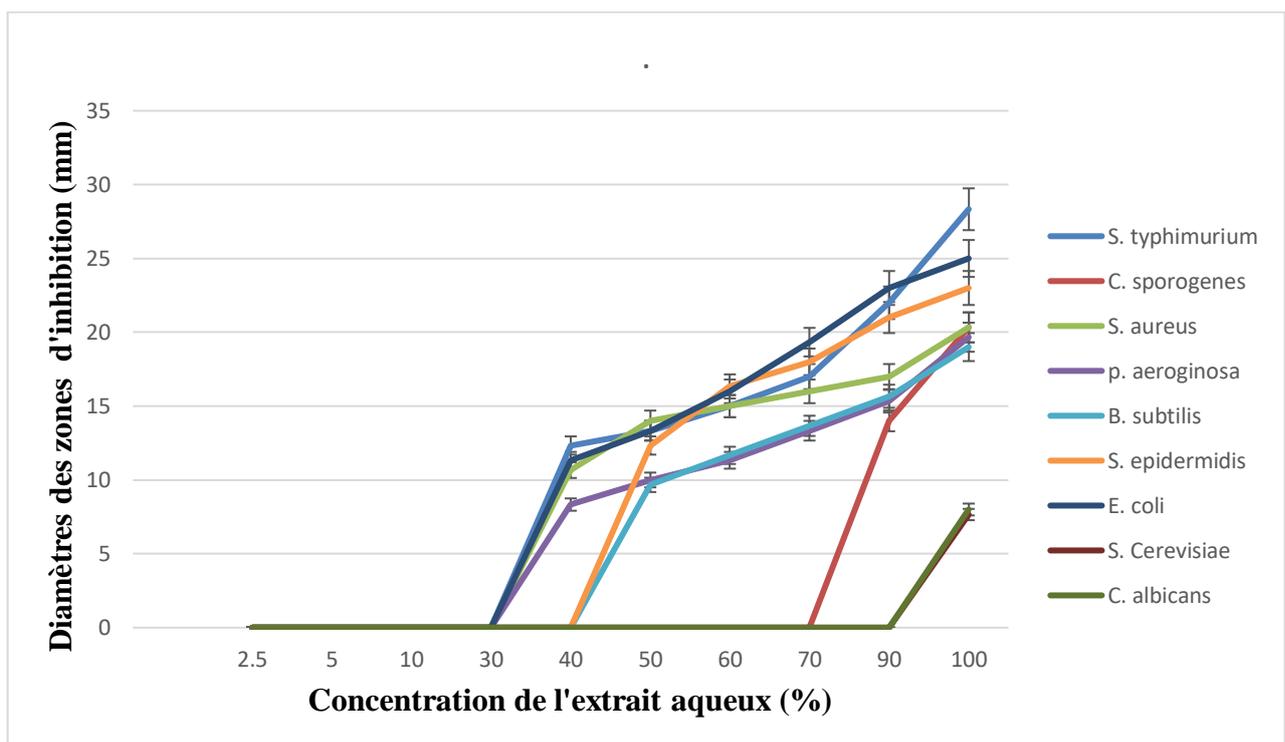
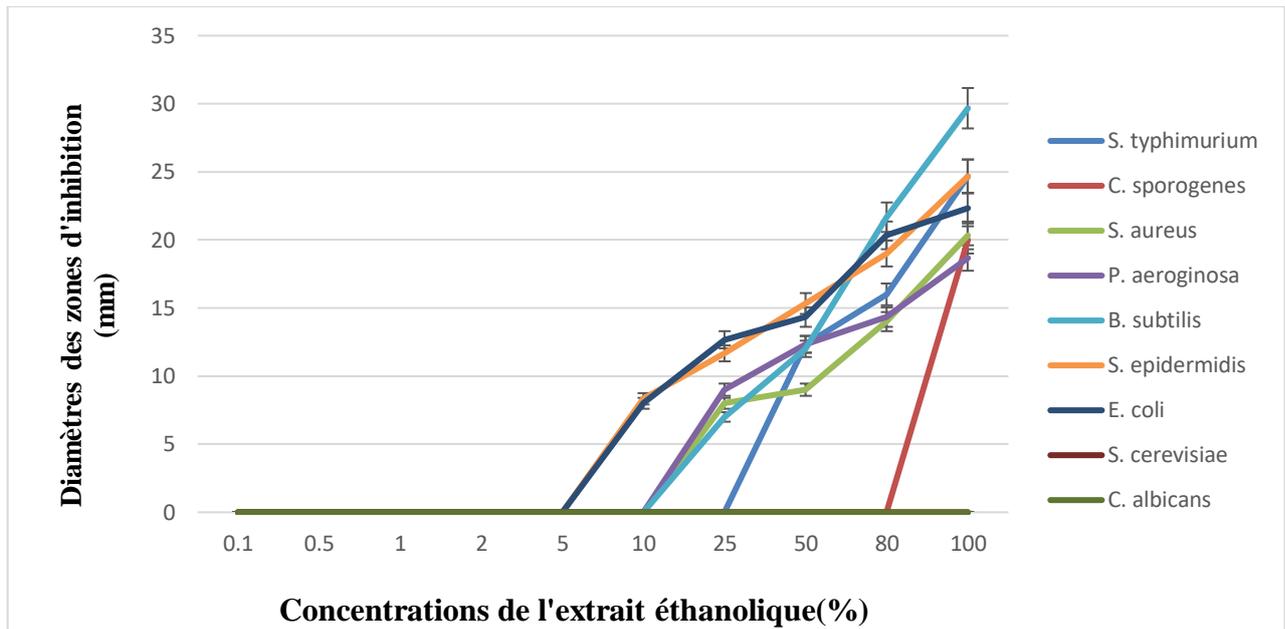


Figure 4 : Détermination de la sensibilité des bactéries et levures à l'extrait éthanolique et aqueux de *L.inermis L.* en (%). [Les diamètres des zones d'inhibition sont exprimés en moyennes  $\pm$  Erreur standard moyenne (ESM)].

## Annexe

**Tableau 6 : Diamètre d'effet de l'extrait aqueux et éthanologique pur de *Lawsonia inermis L.* sur lesespèces microbiennes testées (exprimé en moyenne des diamètres des zones d'inhibitions  $\pm$  erreur standard moyenne (ESM)).**

Extrait/germe	<i>S. typhimurium</i>	<i>C. sporogenes</i>	<i>S. aureus</i>	<i>p. aeruginosa</i>	<i>B. subtilis</i>	<i>S. epidermidis</i>	<i>E. coli</i>	<i>S. Cerevisiae</i>	<i>C. albicans</i>
Extrait éthanologique	24.667 $\pm$ 0.333	20 $\pm$ 0.577	20.33 $\pm$ 0.885	18.667 $\pm$ 1.20	29.667 $\pm$ 1.20	24.667 $\pm$ 0.577	22.333 $\pm$ 0.667	0	0

extrait/b germe	<i>S. typhimurium</i>	<i>C. sporogenes</i>	<i>S. aureus</i>	<i>p. aeruginosa</i>	<i>B. subtilis</i>	<i>S. epidermidis</i>	<i>E. coli</i>	<i>S. Cerevisiae</i>	<i>C. albicans</i>
Extrait aqueux	28.33 $\pm$ 0.981	20.33 $\pm$ 0.554	20.33 $\pm$ 0.720	19.06 $\pm$ 0.720	19 $\pm$ 0.471	23 $\pm$ 0.471	25 $\pm$ 0.471	7.33 $\pm$ 0.272	8 $\pm$ 0.471

Extrait/ germe	<i>S. typhimurium</i>	<i>C. sporogenes</i>	<i>S. aureus</i>	<i>p. aeruginosa</i>	<i>B. subtilis</i>	<i>S. epidermidis</i>	<i>E. coli</i>	<i>S. Cerevisiae</i>	<i>C. albic</i>
Extrait aqueux	28.33 $\pm$ 0.981	20.33 $\pm$ 0.554	20.33 $\pm$ 0.720	19.06 $\pm$ 0.720	19 $\pm$ 0.471	23 $\pm$ 0.471	25 $\pm$ 0.471	07.33 $\pm$ 0.272	8 $\pm$ 0.471
Extrait éthanologique	24.667 $\pm$ 0.333	20 $\pm$ 0.577	20.33 $\pm$ 0.882	18.667 $\pm$ 1.20	29.667 $\pm$ 1.20	24.667 $\pm$ 0.577	22.333 $\pm$ 0.667	0	0

**Tableau 7 : Concentration minimales de l'extrait aqueux en (%) et en (mg/ml) de *Lawsonia inermis L.* inhibitrices(CMI) de la croissance des germes testées).**

extrait/ germes	<i>S. typhimurium</i>	<i>C. sporogenes</i>	<i>S. aureus</i>	<i>p. aeruginosa</i>	<i>B. subtilis</i>	<i>S. epidermidis</i>	<i>E. coli</i>	<i>S. Cerevisiae</i>	<i>C. albicans</i>
Extrait aqueux(%)	40	90	40	40	50	50	40	100	100

extrait/ germes	<i>S. typhimurium</i>	<i>C. sporogenes</i>	<i>S. aureus</i>	<i>p. aeruginosa</i>	<i>B. subtilis</i>	<i>S. epidermidis</i>	<i>E. coli</i>	<i>S. Cerevisiae</i>	<i>C. albicans</i>
Extrait aqueux (mg/ml)	40	90	40	50	50	40	40	100	100

**Tableau 8 : Concentration minimales de l'extrait éthanolique en (%) et en (mg/ml). de *Lawsonia inermis L.* Inhibitrices (CMI) de la croissance des germes testées .**

Extrait/ germes	<i>S. typhimurium</i>	<i>C. sporogenes</i>	<i>S. aureus</i>	<i>p. aeruginosa</i>	<i>B. subtilis</i>	<i>S. epidermidis</i>	<i>E. coli</i>	<i>S. Cerevisiae</i>	<i>C. albicans</i>
Extrait éthanolique(%)	50	100	25	25	25	10	10	0	0

Extrait/ germes	<i>S. typhimurium</i>	<i>C. sporogenes</i>	<i>S. aureus</i>	<i>p. aeruginosa</i>	<i>B. subtilis</i>	<i>S. epidermidis</i>	<i>E. coli</i>	<i>S. Cerevisiae</i>	<i>C. albicans</i>
Extrait éthanolique(mg/ml)	33.33	66.66	16.65	16.65	16.65	6.66	6.66	0	0

**Tableau 9 : Concentration minimales de l'extrait aqueux et éthanolique en (%) et en (mg/ml). de *Lawsonia inermis L.* inhibitrices (CMI) de la croissance des germes testées .**

extrait/ germes	<i>S. typhimurium</i>	<i>C. sporogenes</i>	<i>S. aureus</i>	<i>p. aeruginosa</i>	<i>B. subtilis</i>	<i>S. epidermidis</i>	<i>E. coli</i>	<i>S. Cerevisiae</i>	<i>C. albicans</i>
Extrait aqueux(%)	40	90	40	40	50	50	40	100	100
extrait éthanolique(%)	50	100	25	25	25	10	10	0	0

extrait/ germes	<i>S. typhimurium</i>	<i>C. sporogenes</i>	<i>S. aureus</i>	<i>p. aeruginosa</i>	<i>B. subtilis</i>	<i>S. epidermidis</i>	<i>E. coli</i>	<i>S. Cerevisiae</i>	<i>C. albicans</i>
Extrait aqueux (mg/ml)	40	90	40	40	50	50	40	100	100
extrait éthanolique(mg/ml)	33.33	66.66	16.65	16.65	16.65	6.66	6.66	0	0

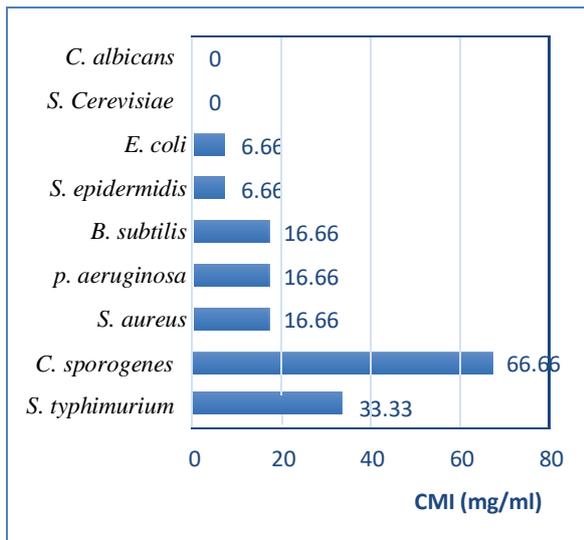


Figure 5 : Concentrations minimales de l'extrait éthanolique en (mg/ml) de *Lawsonia inermis L.* inhibitrices (CMI) de la croissance des germes testées en (mg/ml).

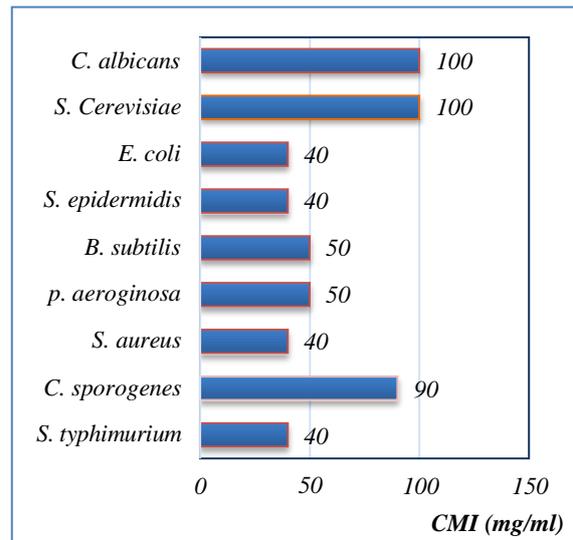


Figure 6 : Concentrations minimales de l'extrait aqueux en (mg/ml) de *Lawsonia inermis L.* inhibitrices (CMI) de la croissance des germes testées en (mg/ml).

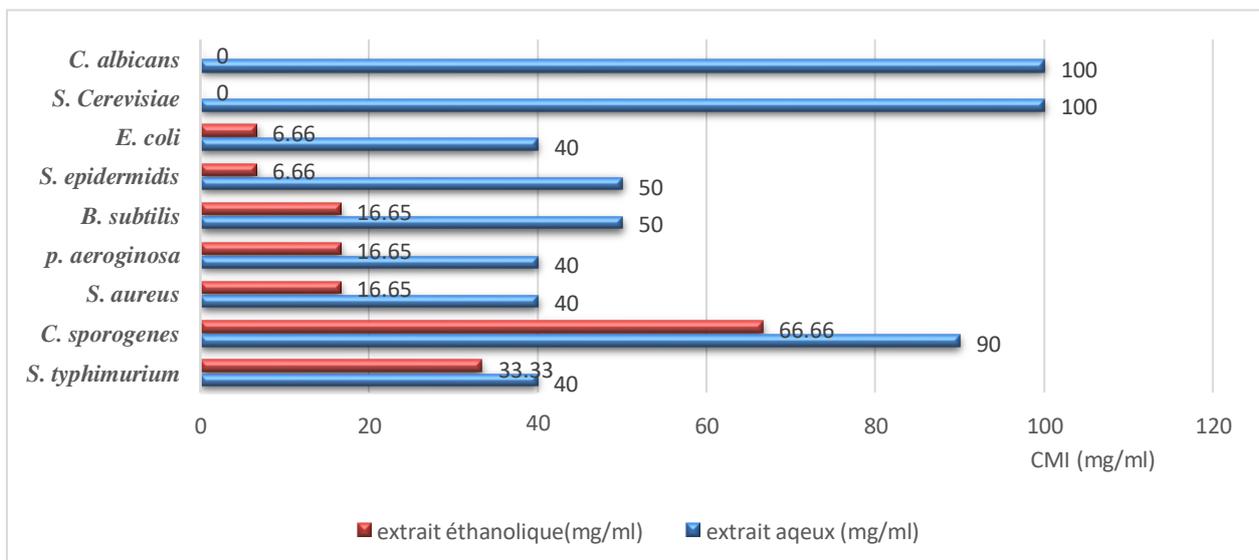


Figure 7 : Concentrations minimales des extraits en (mg/ml) de *Lawsonia inermis L.* inhibitrices (CMI) de la croissance des germes testées