



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique Et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère De L'enseignement Supérieur Et De La Recherche Scientifique



Université Constantine 1 Frères Mentouri
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

جامعة قسنطينة 1 الإخوة منتوري
كلية علوم الطبيعة والحياة

Département : Microbiologie

التخصص : ميكروبيولوجيا

Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Microbiologie Appliquée

N° d'ordre :

N° de série :

Intitulé :

Evaluation de l'activité antimicrobienne de *Lawsonia inermis* L.

Présenté par :

Le : 30/06/2024

- Manceri Zahia
- Khene Maria

Jury d'évaluation :

Président : ABDELAZIZ Ouided MCA - U Frères Mentouri Constantine 1.
Encadrant : BOULAHROUF Khaled MCA - U Frères Mentouri Constantine 1.
Examineur(s) : CHABBI Rabah MAA - U Frères Mentouri Constantine 1.

Année universitaire
2024 - 2025

Remerciement

Avant tout, nous adressons nos louanges à Allah, le Tout-Puissant, qui nous a accordé la force, la patience et la persévérance nécessaires pour mener à bien ce travail.

Nous exprimons notre profonde gratitude à Monsieur **Boulahrouf Khaled**, notre encadrant, pour ses conseils éclairés, sa disponibilité, son soutien moral constant, ainsi que pour la richesse de sa culture scientifique, qui a su éveiller notre intérêt et nourrir notre réflexion. Sa rigueur et la profondeur de ses connaissances ont grandement contribué à la qualité de ce mémoire.

Nos remerciements les plus sincères s'adressent également à Madame **Abdelaziz Ouidad**, présidente du jury, ainsi qu'à Monsieur **Chabbi Rabah**, examinateur, pour l'attention qu'ils ont portée à notre travail, la pertinence de leurs remarques et leur bienveillance.

Nous remercions chaleureusement toutes les personnes qui nous ont soutenues de près ou de loin et qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire, en particulier **Zahraoui Chafika**, pour sa générosité et son appui constant.

Enfin, nous tenons à exprimer notre reconnaissance à l'ensemble des équipes du laboratoire pour leur accueil, leur assistance technique et leur disponibilité tout au long de cette recherche.

À toutes et à tous, merci du fond du cœur.

Khene Maria

Manceri Zahia

Dédicace

Avant tout, je rends grâce à Allah, Le Tout-Puissant, pour m'avoir accordé la force, la patience et la persévérance nécessaires pour mener à bien ce travail.

Je dédie ce mémoire à mes chers parents, Abdelkarim et Salima pour leur amour inconditionnel, leurs prières, leur soutien moral et matériel, et pour avoir toujours cru en moi.

A mon oncle Mohamed et sa femme Fatiha

A mon amie et binôme Manceri Zahia, merci pour ton soutien constant, ton esprit d'équipe et les efforts partagés dans chaque étape de ce projet. Ce travail n'aurait pas été le même sans toi. Avec toute ma reconnaissance et mon amitié.

À mes sœurs Imane, Ibtisseme, Salsabile, Anfel, Aya, Yasmine, et mon frère Aissa pour leurs présences, leurs soutiens et leurs mots réconfortants tout au long de ce parcours.

À toute ma famille, à mes amis et à mes proches, merci pour votre encouragement constant et vos attentions qui m'ont tant apporté.

Et enfin, je me remercie moi-même, pour les efforts, les nuits blanches, les moments de doute surmontés, et pour avoir persévéré jusqu'au bout.

Maria

Dédicace

Avant tout, je rends grâce à Allah, Le Tout-Puissant, pour m'avoir accordé la force, la patience et la persévérance nécessaires pour mener à bien ce travail.

Je dédie ce mémoire à mes chers parents, pour leur amour inconditionnel, leurs prières, leur soutien moral et matériel, et pour avoir toujours cru en moi.

À ma grand-mère adorée, source de tendresse et de sagesse, qui a toujours su m'encourager avec amour.

À ma sœur et mon frère, pour leur présence, leur soutien et leurs mots réconfortants tout au long de ce parcours.

A mon amie et binôme Maria, merci pour ton soutien constant, ton esprit d'équipe et les efforts partagés dans chaque étape de ce projet. Ce travail n'aurait pas été le même sans toi. Avec toute ma reconnaissance et mon amitié.

À toute ma famille, à mes amis et à mes proches, merci pour votre encouragement constant et vos attentions qui m'ont tant apporté.

Et enfin, je me remercie moi-même, pour les efforts, les nuits blanches, les moments de doute surmontés, et pour avoir persévéré jusqu'au bout.

Zahia

Résumé

Le présent travail s'inscrit dans le cadre de la valorisation des plantes médicinales à travers l'étude de *Lawsonia inermis* L. (henné), reconnue pour ses propriétés antimicrobiennes traditionnelles. L'objectif principal de cette recherche est d'évaluer l'activité antimicrobienne de deux types d'extraits (aqueux et éthanolique à 80 %) issus des feuilles de cette plante, tout en identifiant les principaux métabolites secondaires par criblage phytochimique. Les extraits ont été obtenus par macération, puis soumis à des tests qualitatifs pour détecter la présence de composés bioactifs tels que les tanins, les saponines, les flavonoïdes et les phénols totaux. L'évaluation de l'activité antifongique a été réalisée contre deux souches pathogènes (*Trichophyton rubrum* et *Microsporum canis*) par la méthode de diffusion sur disque, tandis que l'activité antibactérienne a été testée sur *Bacillus spizizenii*, *Staphylococcus aureus* et *Escherichia coli* selon les normes de Kirby-Bauer. Les résultats ont révélé un rendement d'extraction supérieur pour l'extrait éthanolique (22,34 %) par rapport à l'extrait aqueux (13,38 %), ainsi qu'une richesse en métabolites secondaires, notamment en tanins et en phénols. Aucune activité antifongique n'a été détectée, mais une activité antibactérienne significative a été observée pour l'extrait éthanolique, en particulier contre *Bacillus spizizenii* (26,33 mm à 500 mg/mL). Ces résultats mettent en évidence le potentiel antibactérien de *Lawsonia inermis* L., notamment contre les bactéries Gram positives, et suggèrent la nécessité d'explorer d'autres solvants et conditions expérimentales pour révéler son potentiel antifongique.

Mots-clés : *Lawsonia inermis* L., henné, activité antibactérienne, activité antifongique, métabolites secondaires, extraits végétaux, tanins, saponines, plantes médicinales.

Abstract

This study focuses on the valorization of medicinal plants through the investigation of *Lawsonia inermis* L. (henna), traditionally known for its antimicrobial properties. The main objective was to evaluate the antimicrobial potential of two types of extracts (aqueous and 80% ethanolic) derived from the plant's dried leaves and to identify key secondary metabolites through phytochemical screening. The extracts were obtained via maceration and subjected to qualitative assays to detect the presence of bioactive compounds such as tannins, saponins, flavonoids, and total phenols. Antifungal activity was tested against *Trichophyton rubrum* and *Microsporum canis* using the disc diffusion method, while antibacterial activity was evaluated against *Bacillus spizizenii*, *Staphylococcus aureus*, and *Escherichia coli* following the Kirby-Bauer protocol. Results showed a higher extraction yield for the ethanolic extract (22.34%) compared to the aqueous one (13.38%), along with a notable presence of secondary metabolites, especially tannins and phenolic compounds. No antifungal activity was observed under the applied conditions. However, the ethanolic extract exhibited significant antibacterial activity, particularly against *Bacillus spizizenii* (inhibition zone of 26.33 mm at 500 mg/mL). These findings highlight the antibacterial potential of *Lawsonia inermis* L., especially against Gram-positive bacteria, and underscore the need to explore alternative solvents and optimized extraction conditions to better reveal its antifungal properties.

Keywords: *Lawsonia inermis* L., henna, antibacterial activity, antifungal activity, secondary metabolites, plant extracts, tannins, saponins, medicinal plants.

الملخص

يُندرج هذا البحث في إطار تثمين النباتات الطبية، من خلال دراسة نبتة الحناء (*Lawsonia inermis* L.) المعروفة منذ القدم بخصائصها العلاجية، لاسيما نشاطها المضاد للميكروبات. يهدف هذا العمل إلى تقييم الفعالية المضادة للميكروبات لنوعين من المستخلصات المحضرة من أوراق الحناء (مستخلص مائي وآخر كحولي بنسبة 80%)، بالإضافة إلى إجراء تحرّ كيميائي نباتي للكشف عن المركبات الثانوية الفعالة. تم الحصول على المستخلصات بواسطة طريقة النقع، ثم خضعت لتحاليل نوعية للكشف عن مركبات مثل التانينات، السابونينات، الفلافونويدات، والفينولات الكلية. تم اختبار النشاط المضاد للفطريات ضد سلالتين مرضيتين هما *Trichophyton rubrum* و *Microsporum canis* باستخدام تقنية الانتشار على الأفراس، بينما تم تقييم النشاط المضاد للبكتيريا تجاه *Bacillus spizizenii*، *Staphylococcus aureus* و *Escherichia coli* وفقًا لطريقة Kirby-Bauer المعيارية. أظهرت النتائج أن مردود الاستخلاص كان أعلى بالنسبة للمستخلص الكحولي (22.34%) مقارنة بالمستخلص المائي (13.38%)، مع تركيز مرتفع في المركبات الفعالة، خاصة التانينات والفينولات. لم تُسجل أي فعالية مضادة للفطريات في الظروف المعتمدة، بينما لوحظ نشاط مضاد للبكتيريا في المستخلص الكحولي، خاصة ضد *Bacillus spizizenii*، حيث بلغت منطقة التثبيط 26.33 مم عند تركيز 500 ملغ/مل. تؤكد هذه النتائج على الإمكانات العلاجية لنبات الحناء، لاسيما في محاربة البكتيريا إيجابية الغرام، وتفتح آفاقًا مستقبلية لاستكشاف مزيات أخرى وتقنيات استخلاص بديلة للكشف عن نشاطه المضاد للفطريات.

الكلمات المفتاحية: الحناء (*Lawsonia inermis* L.) ، النشاط المضاد للبكتيريا، النشاط المضاد للفطريات، المستخلصات النباتية، المركبات الثانوية، التانينات، السابونينات، النباتات الطبية.

Liste des figures

Figure 1. Branches et feuilles de <i>Lawsonia inermis</i> L.....	5
Figure 2. Les graines de <i>Lawsonia inermis</i> L.....	6
Figure 3. Les fleurs de <i>Lawsonia inermis</i> L.....	6
Figure 4. Classification des composés phénoliques.....	14
Figure 5. Structures chimiques d'une variété de composés isolés de <i>Lawsonia inermis</i> L.....	15
Figure 6. (A) : image d'une infection à <i>Trichophyton rubrum</i> sur la main droite ; (B) : imag d'une infection à <i>Tricophyton rubrum</i> au dos.....	20
Figure 7. Observation microscopique de <i>Trichophyton rubrum</i> sous microscope optique (X40).....	22
Figure 8. <i>Tinea corporis</i> dû à <i>Microsporum canis</i> chez un enfant.....	23
Figure 9. Observation microscopique de <i>Microsporum canis</i> (grossissement x 200).....	26
Figure 10. Infection staphylococcique cutanées "l'impétigo"	28
Figure 11. <i>Staphylococcus aureus</i> sous microscope (Gr x100) après coloration de Gram.....	29
Figure12. <i>Escherichia coli</i> sur gélose nutritive.....	30
Figure 13. <i>Escherichia coli</i> sous microscope (Grx100) après coloration de Gram.....	31
Figure14. <i>Bacillus subtilis</i> sur gélose CMC.....	32
Figure 15. <i>Bacillus subtilis</i> sous microscope après coloration de Gram (Gr x100).....	33
Figure 16. Taux de rendement des extraits aqueux et éthanolique de <i>Lawsonia inermis</i> L.....	44
Figure 17. Zone d'inhibition de <i>Bacillus spizizenii</i> par l'extrait éthanolique de <i>L. inermis</i> L.....	56

Figure 18. Zone d'inhibition de <i>Staphylococcus aureus</i> par l'extrait éthanolique de <i>L. inermis</i> L.....	56
Figure 19. Zone d'inhibition de <i>Escherichia coli</i> par l'extrait éthanolique de <i>L. inermis</i> L.....	57
Figure 20. Courbe d'étalonnage d'acide gallique.....	74

Liste des tableaux

Tableau 1. Résultats de la détection des alcaloïdes à l'aide du réactif de Mayer dans les extraits de <i>Lawsonia inermis</i> L.....	46
Tableau 2. Résultats de la détection des alcaloïdes à l'aide du réactif de Hager dans les extraits de <i>Lawsonia inermis</i> L.....	47
Tableau 3. Résultats de la détection des flavonoïdes par le test de Shinoda dans les extraits de <i>Lawsonia inermis</i> L.....	48
Tableau 4. Résultats de la détection des flavonoïdes à l'aide du réactif de NaOH dans les extraits de <i>Lawsonia inermis</i> L.....	49
Tableau 5. Résultats de la détection des saponines dans les extraits de <i>Lawsonia inermis</i> L. (test de moussage)	50
Tableau 6. Test de détection des tanins.....	51
Tableau 7. Teneur en composés phénoliques totaux dans les extraits aqueux et éthanolique de <i>Lawsonia inermis</i> L. (exprimée en mg EAG/g)	53
Tableau 8. Tableau récapitulatif des résultats.....	53
Tableau 9. Effet antifongique des extraits de <i>Lawsonia inermis</i> L. sur la souche <i>Trichophyton rubrum</i>	54
Tableau 10. Effet antifongique des extraits de <i>Lawsonia inermis</i> L. sur la souche <i>Microsporum canis</i>	55
Tableau 11. Zones d'inhibition (mm) de l'extrait éthanolique de <i>Lawsonia inermis</i> L. sur les souches bactériennes testées.....	55
Tableau 12. Matériels et produit utilisés.....	73

Liste des photos

Photo 1. Morphologie de colonie de <i>Trichophyton rubrum</i> après deux semaines d'incubation à 30°C dans la gélose Sabouraud, (A) : recto ; (B) : verso.....	21
Photo 2. Morphologie de colonie de <i>Microsporum canis</i> après deux semaines d'incubation à 30°C dans la gélose Sabouraud, (A) : recto ; (B) : verso.....	25
Photo 3. Broyage des feuilles de henné.....	35
Photo 4. Repiquage des souches fongique	39
Photo 5. Préparation des disques.....	40
Photo 6. Disposition des disques imprégnés sur les milieux Mueller-Hinton ensemencé.....	40
Photo 7. Préparation de la suspension bactérienne.....	41
Photo 8. Ensemencement des boîtes.....	42
Photo 9. Réaction au réactif de Mayer pour la détection des alcaloïdes dans l'extrait éthanolique de <i>Lawsonia inermis</i> L. : (A) témoin, (B) extrait.....	46
Photo 10. Réaction au réactif de Mayer pour la détection des alcaloïdes dans l'extrait aqueux de <i>Lawsonia inermis</i> L. : (A) témoin, (B) extrait.....	46
Photo 11. Réaction au réactif de Hager pour la détection des alcaloïdes dans l'extrait éthanolique de <i>Lawsonia inermis</i> L. : (A) témoin, (B) extrait.....	47
Photo 12. Réaction au réactif de Hager pour la détection des alcaloïdes dans l'extrait aqueux de <i>Lawsonia inermis</i> L. : (A) témoin, (B) extrait.....	47
Photo 13. Réaction de Shinoda pour la détection des flavonoïdes dans l'extrait éthanolique de <i>Lawsonia inermis</i> L. : (A) témoin, (B) extrait.....	48
Photo 14. Réaction de Shinoda pour la détection des flavonoïdes dans l'extrait aqueux de <i>Lawsonia inermis</i> L. : (A) témoin, (B) extrait.....	48
Photo 15. Réaction au réactif de NaOH pour la détection des flavonoïdes dans l'extrait éthanolique de <i>Lawsonia inermis</i> L. : (A) témoin, (B) extrait.....	49

Photo 16. Réaction au réactif de NaOH pour la détection des flavonoïdes dans l'extrait aqueux de <i>Lawsonia inermis</i> L. : (A) témoin, (B) extrait.....	49
Photo 17. Test de détection des saponines dans l'extrait éthanolique de <i>Lawsonia inermis</i> L. par la méthode de moussage.....	50
Photo 18. Test de détection des saponines dans l'extrait aqueux de <i>Lawsonia inermis</i> L. par la méthode de moussage.....	50
Photo 19. Test de détection des tanins (extrait éthanolique).....	51
Photo 20. Test de détection des tanins (extrait aqueux)	51
Photo21. Résultats des tests de l'activité antifongique de <i>Lawsonia inermis</i> L. contre <i>Triciphyton rubrum</i> , (A) :extrait éthanolique ; (B) : extrait aqueux.....	74
Photo 22. Résultats des tests de l'activité antifongique de <i>Lawsonia inermis</i> L. contre <i>Microsporum canis</i> , (A) :extrait éthanolique ; (B) : extrait aqueux	75
Photo 23. Résultats de test de l'activité antibactérienne de l'extrait éthanolique de <i>Lawsonia inermis</i> L. contre <i>Bacillus spizizenii</i>	76
Photo 24. Résultats de test de l'activité antibactérienne de l'extrait éthanolique de <i>Lawsonia inermis</i> L. contre <i>Staphylococcus aureus</i>	77
Photo 25. Résultats de test de l'activité antibactérienne de l'extrait éthanolique de <i>Lawsonia inermis</i> L. contre <i>Staphylococcus aureus</i>	77

Liste des planches

Planche 1. Étapes de l'extraction aqueuse	36
Planche 2. Étapes de l'extraction éthanolique.....	37

Liste d'abréviations

ATCC	American Type Culture Collection
CMI	Concentration Minimale Inhibitrice
DMSO	diméthylsulfoxyde
EAG	équivalent d'Acide Gallique
g	gramme
Gr	Grossissement
mg	milligramme
mL	millilitre
mm	millimètre
NCTC	National Collection of Type Cultures
NS1	Protéine non structurale 1
OMS	Organisation Mondiale de Santé
pH	Potentiel d'hydrogéné
TCC	Teigne cuir chevelu
UFC	Unité Formant Colonie
UV	Ultra Violet
%	Pourcentage
(-OH)	groupement hydroxyle
°C	degré Celsius
μL	Microlitre
μm ³	micromètre cube

Table des matières

Résumé.....	
Abstract.....	
الملخص.....	
Liste des figures	
Liste des tableaux.....	
Liste des photos	
Liste d'abréviations	
Introduction	Erreur ! Signet non défini.
Chapitre 1 : La plante de <i>Lawsonia inermis</i> L	4
1 Historique sur l'utilisation des plantes médicinales.....	4
2 Description de <i>Lawsonia inermis</i> L.....	5
2.1 Description botanique	5
2.2 Noms communs	6
2.3 Classification taxonomique de <i>Lawsonia inermis</i> L.....	7
2.4 Distribution	7
2.5 Parties utiliser de la plante	7
2.6 Cultivation et récoltes de <i>Lawsonia inermis</i> L.....	7
3 Usages thérapeutiques traditionnels de <i>Lawsonia inermis</i> L.....	8
3.1 Les effets et activités biologiques de <i>Lawsonia inermis</i> L.....	9
3.1.1 Effet anti inflammatoire.....	9
3.1.2 Effet cicatrisant.....	10
3.1.3 Effet antidiabétique	10
3.1.4 Activité anti-oxydante	10
3.1.5 Activité antifongique	10
3.1.6 Activité antibactérienne	10
3.1.7 Activité antivirale	11
3.1.8 Activité tuberculostatique	11
3.1.9 Activité anticoagulante.....	11
3.1.10 Activité molluscicide.....	12
3.1.11 Activité nématocide	12
Chapitre 2 : Les métabolites secondaires	13

1	Les métabolites secondaires.....	13
1.1	Les composés phénoliques.....	13
1.1.1	Classification Principale.....	13
1.2	Les alcaloïdes.....	14
1.3	Les terpènes.....	15
2	Les constituants phytochimiques de <i>Lawsonia inermis</i> L.	16
	Chapitre 3 : Les dermatophytes	18
1	Les dermatophytes	18
1.1	Le dermatophyte <i>Tricophyton rubrum</i>	19
1.1.1	Classification taxonomique	19
1.1.2	Pathologie	19
1.1.3	Épidémiologie.....	20
1.1.4	Mode de transmission.....	20
1.1.5	Caractères cultureux et critères macroscopique	21
1.1.6	Caractéristiques microscopiques.....	22
1.2	Le dermatophyte <i>Microsporum canis</i>	22
1.2.1	Classification taxonomique	22
1.2.2	Pathologie	23
1.2.3	Épidémiologie.....	23
1.2.4	Mode de transmission.....	24
1.2.5	Caractéristiques macroscopiques.....	24
1.2.6	Caractéristiques microscopiques.....	25
	Chapitre 4 : Les bactéries	27
1	Les bactéries.....	27
1.1	La bactérie <i>Staphylococcus aureus</i>	27
1.1.1	Classification taxonomique	27
1.1.2	Pathologie	27
1.1.3	Caractères cultureux et critères macroscopique	28
1.1.4	Caractères microscopiques	28
1.2	La bactérie <i>Escherichia coli</i>	29
1.2.1	Classification taxonomique de <i>Escherichia coli</i>	29
1.2.2	Pathologie	30
1.2.3	Critères macroscopique	30

1.2.4	Caractéristiques microscopiques.....	31
1.3	La bactérie <i>Bacillus speizizenii</i>	31
1.3.1	Classification taxonomique de <i>Bacillus speizizenii</i>	31
1.3.2	Critères macroscopique	32
1.3.3	Caractéristiques microscopiques.....	32
	Matériel et Méthodes.....	35
1.	Objectif de l'étude	35
2.	Matériel végétal.....	35
3.	Préparation des extraits	35
3.1.	Broyage	35
3.2.	Macération	35
3.3.	Extrait aqueux.....	36
3.4.	Extrait éthanolique	36
3.5.	Calcul du rendement	37
4.	Criblage phytochimique par réactions colorées	37
4.1.	Détection des alcaloïdes	38
4.2.	Détection des flavonoïdes.....	38
4.3.	Détection des saponines	38
4.4.	Détection des tanins.....	38
4.5.	Détection des phénols totaux	38
5.	Évaluation de l'activité antifongique	38
5.1.	Repiquage des souches	39
5.2.	Préparation des solutions et dilutions.....	39
5.3.	Préparation des disques	39
5.4.	Préparation des boîtes de culture	40
6.	Évaluation de l'activité antibactérienne	41
6.1.	Préparation des suspensions bactériennes	41
6.2.	Préparation des dilutions et disques	41
6.3.	Ensemencement et dépôt des disques.....	41
	Résultat et Discussion	44
1	Rendement des extraits.....	44
2	Criblage phytochimique	45
2.1	Détection des alcaloïdes.....	45

2.2	Détection des flavonoïdes	47
2.3	Détection des saponines.....	49
2.4	Détection des tanins	50
2.5	Détection des phénols totaux	51
3	Evaluation de l'activité antifongique de <i>Lawsonia inermis</i> L.....	53
4	Évaluation de l'activité antibactérienne.....	55
	Conclusion et perspectives	60
	Références bibliographiques.....	63
	Annexes.....	

Introduction

Depuis les temps anciens, les plantes médicinales représentent une source précieuse de remèdes naturels, jouant un rôle fondamental dans les pratiques thérapeutiques traditionnelles à travers le monde. L'Organisation mondiale de la santé estime que près de 80 % de la population des pays en développement recourent aux médecines traditionnelles à base de plantes pour leurs soins de santé primaires (OMS, 2003). Parmi ces plantes, *Lawsonia inermis* L., communément appelée henné, se distingue par une longue histoire d'utilisation en médecine ayurvédique, arabe et africaine (Habbal *et al.*, 2011 ; Ahmad Supian *et Osman.*, 2023).

Lawsonia inermis L. est riche en métabolites secondaires bioactifs, tels que la lawsone (2-hydroxy-1,4-naphtoquinone), les tanins, les flavonoïdes et les saponines, auxquels sont attribuées diverses propriétés pharmacologiques : activités antibactérienne, antifongique, anti-inflammatoire, antioxydante, cicatrisante et même antivirale (Zouhri *et al.*, 2017 ; Batiha *et al.*, 2023). Ces composés font de cette plante une candidate de choix dans la recherche de nouvelles alternatives thérapeutiques, notamment face à la montée préoccupante des résistances microbiennes. Dans le contexte actuel de recrudescence des infections nosocomiales, de persistance des mycoses cutanées (notamment les dermatophytoses dues à *Trichophyton rubrum* et *Microsporum canis*) et de résistance bactérienne croissante, il devient urgent d'explorer des solutions alternatives d'origine naturelle. L'évaluation des extraits végétaux, notamment par des méthodes de criblage phytochimique et des tests microbiologiques standardisés, s'inscrit pleinement dans cette dynamique.

Objectifs de l'étude

L'objectif principal de ce travail est de valoriser les propriétés antimicrobiennes de *Lawsonia inermis* L. à travers deux volets complémentaires :

- Réaliser un criblage phytochimique qualitatif de deux types d'extraits (aqueux et éthanolique à 80 %) afin d'identifier les principaux métabolites secondaires responsables de l'activité biologique.
- Évaluer l'activité antifongique des extraits contre deux souches pathogènes fongiques d'intérêt médical : *Trichophyton rubrum* et *Microsporum canis*.
- Tester l'efficacité antibactérienne de l'extrait éthanolique vis-à-vis de trois souches bactériennes : *Bacillus spizizenii*, *Staphylococcus aureus* et *Escherichia coli*, en comparant les diamètres des zones d'inhibition.

- Comparer les rendements d'extraction et la teneur en composés phénoliques totaux selon le type de solvant utilisé.

Partie Bibliographique

Chapitre 1

1 Historique sur l'utilisation des plantes médicinales

Depuis des millénaires, les plantes constituent une source essentielle de remèdes pour l'humanité. Le savoir lié à leurs vertus médicinales s'est transmis au fil des générations, principalement grâce à l'observation et à l'expérience. Progressivement, l'homme a commencé à chercher à comprendre l'origine de ces propriétés curatives, en s'appuyant sur des explications scientifiques pour expliquer les effets thérapeutiques que certaines plantes peuvent produire (Farah *et al.*, 2023).

Selon le rapport de l'Organisation mondiale de la santé (OMS 2003), environ 80 % de la population des pays en développement, ne pouvant accéder aux médicaments conventionnels pour des raisons économiques, dépend des médecines traditionnelles et principalement à base de plantes pour répondre à leurs besoins en soins de santé primaires. Les plantes médicinales suscitent un fort intérêt tant dans les pays développés que dans ceux en développement, en raison de leurs nombreuses propriétés biologiques et thérapeutiques, de leur meilleure tolérance et de leur coût généralement plus abordable (Chaudhary *et al.*, 2010).

La survie de l'homme sur Terre est étroitement liée à l'existence du règne végétal, car les produits d'origine végétale et leurs principes actifs sont indispensables. Il est largement reconnu que les médicaments d'origine végétale sont plus naturels, moins nocifs et plus sûrs que leurs équivalents synthétiques et ils sont utilisés pour traiter une multitude de maladies.

Bien que leur effet thérapeutique soit souvent plus lent, leur popularité augmente grâce à leur sécurité et leur résistance face aux micro-organismes résistants aux antibiotiques (Dinesh Babu et Subhasree, 2009).

Ces plantes constituent une source précieuse de métabolites secondaires, notamment les polyphénols tels que les tanins, les terpénoïdes, les alcaloïdes et les flavonoïdes, dont les propriétés antimicrobiennes *in vitro* ont été largement démontrées.

Le henné, ou *Lawsonia inermis* Linn, est particulièrement reconnu pour ses vertus médicinales (Habbal *et al.*, 2011).

L'histoire ancienne de l'Inde témoigne des nombreuses utilisations du henné, qui occupe également une place importante dans la médecine ayurvédique et les pratiques de

soins naturels. Employé depuis plus de 9 000 ans, le henné est utilisé à la fois en cosmétique et en médecine. En Inde il est traditionnellement appliqué sur les mains et les pieds, notamment lors de cérémonies, où il symbolise la fertilité. Son usage s'est largement répandu dans le pays, en particulier en raison de ses propriétés rafraîchissantes, très appréciées durant les fortes chaleurs estivales.

2 Description de *Lawsonia inermis* L.

2.1 Description botanique

Lawsonia inermis L., plus connue sous le nom de henné, est une plante appartenant à la famille des Lythracées, reconnue pour ses nombreuses utilisations à la fois commerciales et médicinales (Salma *et al.*, 2024).

Lawsonia inermis L., se présente sous la forme d'un arbuste de petite taille, pouvant atteindre une hauteur de 2 à 6 mètres (Badoni Semwal *et al.*, 2014).

Les feuilles sont, de petite taille, sont disposées de façon opposée le long des branches. Elles sont presque sessiles, mesurant entre 1,5 et 5 cm de long pour 0,5 à 2 cm de large. Leur couleur varie du brun verdâtre au vert terne, comme illustré dans (Figure 1). Les jeunes branches, de couleur verte et à section quadrangulaire, prennent une teinte rouge en vieillissant (Chaudhary *et al.*, 2010).



Figure 1. Branches et feuilles de *Lawsonia inermis* L. (Sen *et al.*, 2023).

Les fleurs, abondantes, mesurent moins de 1,3 cm de diamètre. Elles sont parfumées, de couleur blanche ou rose, et regroupées en grandes cymes paniculées à disposition pyramidale, situées à l'extrémité des rameaux Comme le montre (Figure 3).

Les capsules de graines, de couleur rouge et de forme globuleuse, sont de la taille d'un pois. Elles renferment de nombreuses petites graines brunâtres (Figure 2), de forme pyramidale et finement ponctuées (Borade *et al.*, 2011).

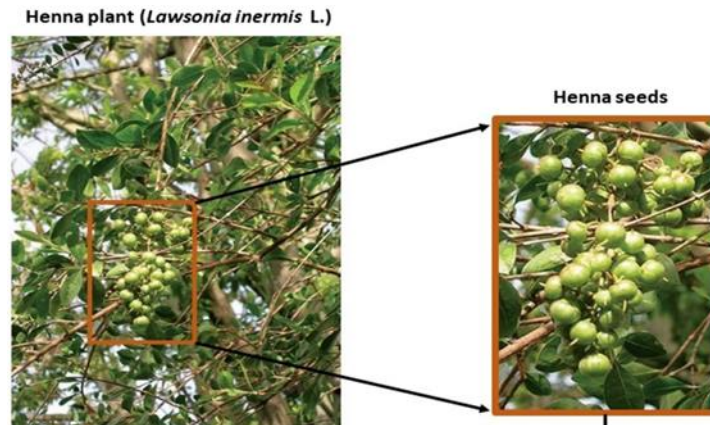


Figure 2. Les graines de *Lawsonia inermis* L. (Batiha *et al.*, 2024).



Figure 3. Les fleurs de *Lawsonia inermis* L. (Hassaballa et Ahmed, 2022).

2.2 Noms communs

Selon (Borade *et al.*, 2011)

- Anglais : Henna, Cypress shrub
- Hindi et ourdou : Mehendi, Mehndi, Hinna
- Français : Alcane d'orient
- Turquie : Kenaag
- Arabe : Alhenna, Hinna
- Grecque : Kypros

2.3 Classification taxonomique de *Lawsonia inermis* L.

Selon (Wong *et* Theng, 1995)

- Embranchement : Spermaphytes
- Sous-embranchement : Angiospermes
- Classe : Dicotyledones
- Sous classe : Archichlamydeae
- Ordre : Myrtiflorae
- Famille : Lythraceae
- Genre : *Lawsonia*
- Espèce : *Lawsonia inermis* L.

2.4 Distribution

Cette plante est largement répandue dans les régions tropicales et subtropicales du globe. Elle est originaire notamment d'Asie du Sud, d'Afrique, du désert du Sahara, ainsi que de certaines zones du nord de l'Australie (Revathi *et al.*, 2025).

En Afrique, on le retrouve notamment en Égypte, Éthiopie, Somalie, Soudan, République démocratique du Congo (anciennement Zaïre), Niger, Bénin, Burkina Faso, Côte d'Ivoire, Gambie, Ghana, Guinée, Guinée-Bissau, Libéria, Mali, Nigéria, Sénégal, Sierra Leone, Togo, Afrique du Sud, ainsi qu'aux Comores et aux Seychelles. En Asie, il est présent en Inde, au Pakistan et au Sri Lanka (Al-Snafi, 2019).

2.5 Parties utiliser de la plante

Toutes les parties de la plante ; racines, feuilles, fruits, tige, rhizome, écorce, inflorescence, latex, bulbes, graines, fleurs et huile sont utilisées dans le traitement de nombreuses maladies (Fatahi *et al.*, 2022).

2.6 Cultivation et récoltes de *Lawsonia inermis* L.

Le henné, cultivé pour sa teinture et en tant que culture commerciale dans plusieurs États de l'Inde, s'adapte bien aux régions semi-arides et arides en raison de ses faibles besoins en irrigation.

Les semis sont réalisés en mars-avril, et les jeunes plantes sont repiqués en août, avec un espacement de 30 × 30 cm. Il est également possible d'utiliser des boutures de tige pour accélérer la croissance. Après la mousson, une à deux irrigations ainsi que des opérations de désherbage sont nécessaires. La première récolte, consistant à couper ou cueillir les feuilles et branches, a lieu entre mars et avril.

Le henné peut être récolté entre trois et cinq fois par an, les rendements les plus qualitatifs étant obtenus début juillet, tandis que ceux de février sont généralement de moindre qualité. Avant la transformation, les feuilles récoltées sont triées, calibrées et tamisées, à la main ou mécaniquement, pour éliminer les impuretés telles que les pailles, fruits, branches et poussières. Ainsi, plusieurs récoltes annuelles sont possibles (Batiha *et al.*, 2023).

Les plantes médicinales utilisées en phytothérapie, telles que *Lawsonia inermis* L., constituent une source inépuisable de substances naturelles bioactives, offrant une médication plus accessible et une thérapie douce. Cette plante est connue et utilisée depuis la plus haute antiquité au Moyen-Orient (Aubaile-Sallénave, 1982). Jusqu'à aujourd'hui, elle est réputée pour ses propriétés tinctoriales, médicinales et cosmétiques.

3 Usages thérapeutiques traditionnels de *Lawsonia inermis* L.

La poudre de feuilles de *Lawsonia inermis* L., une fois humectée jusqu'à l'obtention d'une consistance pâteuse, est traditionnellement utilisée comme topique en raison de ses propriétés astringentes, antiseptiques et cicatrisantes. Elle intervient notamment dans le soin de la plaie ombilicale chez le nouveau-né. Par ailleurs, les pâtes aqueuses préparées à partir de cette poudre sont couramment appliquées sous forme d'emplâtres. La flore d'Afrique du Nord, particulièrement riche et diversifiée, constitue une source précieuse de composés antifongiques naturels, utilisés de manière empirique par les populations locales depuis des générations. Parmi ces espèces, *Lawsonia inermis* L., communément appelée henné, se distingue par ses multiples vertus. Elle est reconnue à la fois pour ses effets antiseptiques sur la peau et pour ses propriétés tinctoriales, attribuées à la présence de la lawsone, un composé bioactif majeur (Chaumont et Millet-Cletc, 2011).

Dans la médecine Siddha, originaire du sud de l'Inde, toutes ses parties sont reconnues pour leurs propriétés astringentes, nettoyantes, désodorisantes, rafraîchissantes et apaisantes. Les feuilles, en particulier, trouvent de nombreux usages : elles permettent de soigner les plaies, les ulcères, les aphtes, les contusions, les gonflements et les maux de gorge. Elles sont également employées pour soulager les maux d'estomac liés à l'accouchement, traiter la gonorrhée et l'obésité, dans certains cas, provoquer l'avortement.

Les feuilles fraîches de *Lawsonia inermis* L., mélangées à du vinaigre ou au jus de citron vert, sont appliquées sur la plante des pieds pour le traitement des brûlures. Une fois broyées, elles sont également utilisées sur les articulations douloureuses afin de soulager les rhumatismes. Le jus extrait de la plante peut être appliqué directement sur la peau pour atténuer les maux de tête. Par ailleurs, l'huile obtenue à partir de la plante est couramment utilisée en application capillaire pour prévenir le blanchiment prématuré des cheveux, ainsi que pour soulager les douleurs musculaires. Quant aux graines, elles sont employées pour réguler le cycle menstruel, favoriser le sommeil et traiter les contusions.

L'écorce de henné a été traditionnellement utilisée dans le traitement de la lèpre. Elle est également reconnue pour ses effets bénéfiques dans la prise en charge des symptômes de la jaunisse, ainsi que de l'hypertrophie du foie et de la rate. En usage externe, elle peut être appliquée sur la peau pour soulager diverses affections cutanées telles que l'eczéma, la gale et les mycoses. Dans la pratique thérapeutique ancestrale, les graines de henné sont employées pour traiter la fièvre, tandis que les feuilles sont utilisées sous forme de pommade, de décoction ou de tisane (Yadav *et al.*, 2013).

3.1 Les effets et activités biologiques de *Lawsonia inermis* L.

3.1.1 Effet anti inflammatoire

Plusieurs études *in vivo* ont démontré que les extraits de *Lawsonia inermis* L. réduisent significativement l'œdème et l'inflammation induits expérimentalement. Ces effets sont attribués à la présence de composés bioactifs agissant par divers mécanismes : inhibition de la production de cytokines pro-inflammatoires, réduction de l'activité de la COX-2 (cyclooxygénase-2), une enzyme impliquée dans la synthèse des prostaglandines inflammatoires, et stabilisation des membranes lysosomales, limitant ainsi la libération d'enzymes pro-inflammatoires (Ali *et al.*, 1995).

3.1.2 Effet cicatrisant

La plante renferme des composés bioactifs, tels que la lawsone, les flavonoïdes et les tanins, ainsi que d'autres substances capables d'accélérer la régénération tissulaire. Ces composés favorisent la migration des fibroblastes et la synthèse de collagène, deux processus essentiels à la cicatrisation des plaies (Naseri *et al.*, 2021).

3.1.3 Effet antidiabétique

Lawsonia inermis L. peut abaisser la glycémie grâce à l'inhibition de l'alpha-amylase, ce qui ralentit l'absorption des sucres en retardant la digestion des glucides et en réduisant le pic glycémique après un repas. Cette activité a été comparée à celle d'un médicament antidiabétique de référence, l'acarbose, utilisé pour le même effet (Imam *et al.*, 2013).

3.1.4 Activité anti-oxydante

L'activité antioxydante des composés naturels constitue un domaine de recherche majeur, en raison de leur capacité à neutraliser les radicaux libres, impliqués dans divers processus pathologiques et dans le vieillissement cellulaire. Dans ce contexte, les lipides extraits de *Lawsonia inermis* L. présentent une activité antioxydante remarquable, probablement attribuable à des composés autres que les polyphénols classiques. Cette particularité les rend particulièrement intéressants pour des applications en cosmétique, en nutrition et en pharmacologie (Zouhri *et al.*, 2017).

3.1.5 Activité antifongique

Lawsonia inermis L. est une plante médicinale largement reconnue pour ses propriétés thérapeutiques, notamment son activité antifongique. Cette dernière est principalement attribuée à la lawsone (2-hydroxy-1,4-naphtoquinone), un composé majeur extrait des feuilles de la plante. Des recherches ont montré que les extraits de henné, en particulier ceux obtenus par macération dans un solvant, inhibent efficacement la croissance de plusieurs champignons pathogènes (Rahmoun *et al.*, 2013).

3.1.6 Activité antibactérienne

L'activité antimicrobienne de *Lawsonia inermis* L. a été largement documentée. Le principal composé bioactif responsable de cette activité est la lawsone, un pigment naturel localisé principalement dans les feuilles. Ce composé appartient à la famille des naphtoquinones et possède des propriétés antimicrobiennes remarquables. Il agit principalement en altérant la perméabilité des membranes cellulaires des micro-organismes et en perturbant certaines

fonctions enzymatiques vitales. La lawsone a été identifiée comme un agent antimicrobien efficace contre divers pathogènes, y compris des souches résistantes aux antibiotiques. Sa structure chimique a également inspiré la synthèse d'analogues présentant des propriétés antimicrobiennes renforcées. Ces résultats soutiennent l'intérêt croissant pour *Lawsonia inermis* L. en tant que source naturelle potentielle de nouvelles molécules actives contre les infections bactériennes et fongiques.

Une étude expérimentale récente a évalué l'efficacité de l'extrait méthanolique des feuilles de la plante contre deux des agents pathogènes les plus courants : *Staphylococcus aureus* (bactérie à Gram positif) et *Escherichia coli* (bactérie à Gram négatif). Les résultats ont révélé une inhibition significative de la croissance de ces bactéries, avec une concentration minimale inhibitrice (CMI) de 100 mg/ml pour *S. aureus* et de 200 mg/ml pour *E. coli*, bien que cette activité soit moins puissante que celle de la ciprofloxacine, dont la CMI est de 1 µg/ml (Zannat et al., 2023).

3.1.7 Activité antivirale

Une analyse de docking moléculaire a identifié les acides gallique et chlorogénique comme des ligands prometteurs ciblant la protéine NS1 du virus de la dengue. Ces composés, présents dans *Lawsonia inermis* L., ont montré une forte affinité de liaison ainsi qu'une bonne stabilité lors des simulations de dynamique moléculaire, suggérant leur potentiel antiviral contre la dengue (Das et al., 2025).

3.1.8 Activité tuberculostatique

Des études ont montré que les extraits de *Lawsonia inermis* L., en particulier ceux issus des feuilles, présentent une activité tuberculostatique, c'est-à-dire qu'ils peuvent inhiber la croissance de *Mycobacterium tuberculosis*, la bactérie responsable de la tuberculose. Cette action est principalement attribuée à la présence de composés bioactifs tels que la lawsone, des flavonoïdes et des tanins (Sharma, 1990).

3.1.9 Activité anticoagulante

Des recherches récentes ont mis en évidence le potentiel anticoagulant de *Lawsonia inermis* L., en particulier grâce à son activité fibrinolytique (Kumar, 2013).

3.1.10 Activité molluscicide

L'étude de l'activité molluscicide de *Lawsonia inermis* L. a porté sur différentes parties de la plante, notamment les feuilles, l'écorce et les graines, afin d'évaluer leur efficacité contre deux espèces de mollusques d'eau douce : *Lymnaea acuminata* et *Indoplanorbis exustus*. Les résultats ont montré que la poudre de graines présentait une toxicité nettement supérieure à celle des feuilles et de l'écorce, en particulier contre *Indoplanorbis exustus*. Ces observations suggèrent que les graines de *Lawsonia inermis* L. pourraient constituer un agent naturel prometteur pour le contrôle biologique de ces mollusques, vecteurs de maladies parasitaires (Singh et Singh, 2001).

3.1.11 Activité nématocide

Des études récentes ont mis en évidence l'activité nématocide du henné. Une recherche menée en 2024 a démontré que l'huile essentielle extraite des feuilles de *Lawsonia inermis* L. possède une activité nématocide significative contre le nématode *Meloidogyne incognita*, responsable de la galle des racines chez les plants de laitue. Cette activité s'est révélée comparable à celle du carbofuran, un nématocide chimique couramment utilisé (Fabiya, 2024).

Chapitre 2

1 Les métabolites secondaires

Les métabolites secondaires sont des substances produites par les plantes qui leur confèrent un avantage adaptatif dans leur environnement. Ces petites molécules remplissent une large gamme de fonctions, tant pour la plante elle-même que dans ses interactions avec d'autres organismes. Elles peuvent, par exemple, induire la floraison, la formation des fruits ou l'abscission des feuilles, réguler la croissance pérenne ou signaler une sénescence programmée. Elles agissent également comme agents antimicrobiens, répulsifs contre les herbivores ou, à l'inverse, comme attractifs pour les pollinisateurs.

À ce jour, plus de 50 000 métabolites secondaires ont été identifiés dans le règne végétal.

De nombreuses plantes médicinales et une part importante des médicaments modernes tirent leur efficacité de ces composés. La recherche de nouveaux métabolites secondaires, dans l'objectif de découvrir de nouvelles molécules bioactives ou d'explorer de nouvelles pistes thérapeutiques, est un domaine en pleine expansion impliquant activement les milieux académiques et pharmaceutiques (Teoh, 2015).

1.1 Les composés phénoliques

Les composés phénoliques forment une classe vaste et diversifiée de métabolites secondaires, caractérisés par la présence d'un ou plusieurs groupements hydroxyle (-OH) liés à un cycle aromatique. Ils jouent un rôle essentiel dans la croissance et la défense des plantes, agissant comme antioxydants, chélateurs de métaux, agents antimicrobiens et anti-inflammatoires. Parmi eux, les phytoalexines assurent une protection contre les infections, tandis que les flavonoïdes contribuent à la défense contre les rayons UV, les herbivores et les agents pathogènes (Saini *et al.*, 2024).

1.1.1 Classification Principale

Les composés phénoliques sont souvent classés en plusieurs sous-groupes en fonction du nombre de cycles phénoliques et de la nature des liaisons entre eux comme le montre **(Figure 4)** Les principales classes incluent (Ebrahimi et Lante, 2021) :

- Acides phénoliques : Comme l'acide benzoïque et l'acide cinnamique et leurs dérivés (ex : acide caféique, acide férulique, acide gallique).

- Flavonoïdes : Le groupe le plus vaste, comprenant les anthocyanes (pigments), les flavones, les flavonols, les flavanones, les isoflavones et les flavanols (tanins condensés ou proanthocyanidines, catéchines).
- Stilbénoides : Caractérisés par un squelette C6-C2-C6, le resvératrol étant un exemple bien connu.
- Lignanes et Lignines : Les lignanes sont des dimères de dérivés de l'acide cinnamique, tandis que la lignine est un polymère complexe constituant une part importante de la paroi cellulaire des plantes, conférant rigidité et résistance.
- Tanins hydrolysables : Esters d'un sucre (souvent le glucose) avec un ou plusieurs acides phénoliques (comme l'acide gallique ou l'acide ellagique).

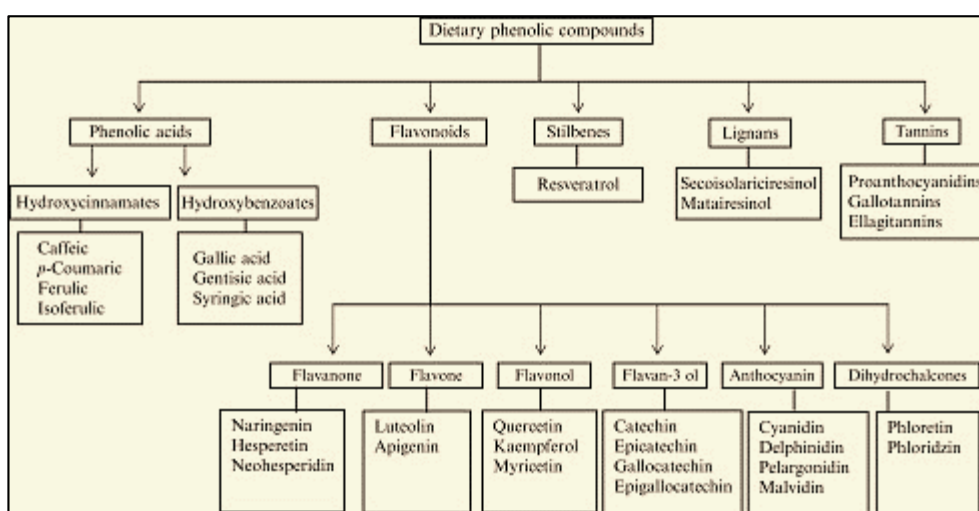


Figure 4. Classification des composés phénoliques (Bruce, 2022).

1.2 Les alcaloïdes

Les alcaloïdes sont une vaste classe de composés organiques naturels, principalement d'origine végétale, qui se caractérisent par la présence d'un ou plusieurs atomes d'azote dans une structure généralement complexe. Ils sont souvent basiques, et beaucoup d'entre eux ont une activité pharmacologique puissante, ce qui en fait des substances très étudiées en médecine, en toxicologie et en pharmacognosie.

Les alcaloïdes sont classés en différentes catégories selon leur structure chimique et leur origine biosynthétique. On distingue principalement trois grandes classes :

- Les alcaloïdes vrais, qui possèdent un atome d'azote intégré dans un cycle hétérocyclique (comme la morphine, issue du pavot, ou la quinine, extraite du quinquina).
- Les proto-alcaloïdes, dont l'atome d'azote est présent mais en dehors du cycle principal (comme la mescaline, hallucinogène tirée du cactus peyotl).
- Les pseudo-alcaloïdes, qui n'ont pas une origine biosynthétique typique des acides aminés, comme la caféine, présente dans le café et le thé, ou la nicotine, provenant du tabac.

Cette classification permet de mieux comprendre les mécanismes d'action pharmacologiques et les propriétés biochimiques de ces molécules complexes, qui peuvent être à la fois thérapeutiques et toxiques (Bruce, 2022).

1.3 Les terpènes

Les terpènes sont des composés organiques présents dans de nombreuses plantes, responsables de leurs arômes et saveurs distinctifs. Par exemple, le limonène évoque les agrumes, le pinène rappelle l'odeur du pin, tandis que le linalol dégage des notes de lavande.

Ces molécules jouent un rôle essentiel dans la nature : elles protègent les plantes contre les herbivores et les infections, tout en attirant les pollinisateurs.

Leur influence pourrait s'étendre au corps humain, avec des propriétés anti-inflammatoires, relaxantes ou énergisantes, suscitant un intérêt scientifique pour leurs bienfaits thérapeutiques. Les terpènes sont abondants dans diverses plantes, notamment les agrumes, les conifères et l'eucalyptus, où ils se répartissent dans les feuilles, fleurs, tiges et racines. L'essor des méthodologies chromatographiques et spectroscopiques en 1945 a favorisé une découverte accélérée des terpénoïdes et de leurs dérivés, révélant leurs propriétés antifongiques, antimicrobiennes, antivirales et antiparasitaires (Ninkuu *et al.*, 2021).

Les terpènes sont classés en fonction du nombre d'unités d'isoprène (une molécule à 5 carbones) qu'ils contiennent. On parle ainsi de monoterpènes (2 unités) présents dans les huiles essentielles comme la menthe ou les agrumes, sesquiterpènes (3 unités) se trouvent souvent dans les plantes médicinales et ont des propriétés antimicrobiennes, diterpènes (4 unités) comme le taxol, ont des applications pharmaceutiques, les sesterterpènes (5 unités), Les triterpènes (6 unités). Et enfin les tétraterpènes (8 unités) comme les caroténoïdes. Au-delà, on parle de polyterpènes (Nagegowda et Gupta, 2020).

Les classes de métabolites secondaires mentionnées ci-dessus sont les plus connues et les plus répandues. Toutefois, il en existe d'autres, moins courantes mais tout aussi importantes, telles que, les anthocyanes, les coumarines, la lignine, la subérine ou encore les bétalaïnes. Ces composés jouent également un rôle essentiel dans la défense, la pigmentation, la protection structurale et les interactions des plantes avec leur environnement.

2 Les constituants phytochimiques de *Lawsonia inermis* L.

Chez les plantes, les métabolites secondaires jouent un rôle fondamental dans l'expression de leurs activités pharmacologiques. Bien qu'ils ne soient pas indispensables à la survie immédiate de la plante, ces composés bioactifs sont à l'origine de nombreuses propriétés médicinales. Chez *Lawsonia inermis* L., plusieurs classes de métabolites secondaires ont été identifiées (Figure 5), témoignant de sa richesse phytochimique.

Parmi eux, la lawsone (2-hydroxy-1,4-naphtoquinone), présente dans les feuilles à des concentrations variant de 0,5 % à 1,5 %, constitue le principal agent responsable de la coloration rouge-orangé du henné. Cette naphtoquinone interagit avec les protéines kératiniques de la peau et des cheveux, formant des liaisons stables qui produisent la teinte caractéristique. Au-delà de son pouvoir colorant, la lawsone possède également des propriétés antifongiques, antibactériennes et antioxydantes.

Elle contient également divers composés phénoliques (notamment des flavonoïdes, des acides phénoliques tels que l'acide gallique et des tanins) qui renforcent son activité antioxydante. On y retrouve aussi des terpénoïdes, notamment des triterpénoïdes, ainsi que de faibles quantités d'alcaloïdes, de stérols, de glucides et de protéines. Cette richesse chimique explique les usages traditionnels du henné, à la fois comme colorant naturel et comme agent thérapeutique aux multiples effets biologiques (Supian et osman, 2023).

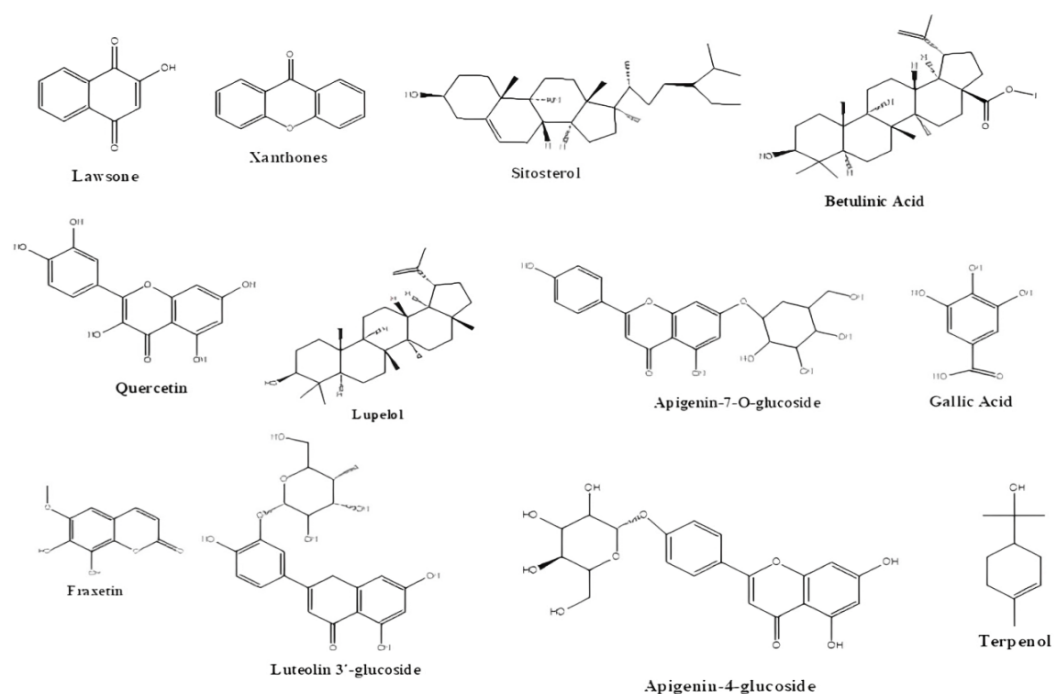


Figure 5. Structures chimiques d'une variété de composés isolés de *Lawsonia inermis* L. (Sen *et al.*, 2023).

Chapitre 3

1 Les dermatophytes

Les dermatophytes sont un groupe de champignons filamenteux pathogènes qui infectent à la fois l'être humain et les animaux. Ces champignons sont à la fois kératinophiles (attirés par la kératine) et kératinolytiques (capables de dégrader la kératine), une protéine fibreuse présente en grande quantité dans les tissus superficiels du corps. Grâce à cette affinité, les dermatophytes colonisent et envahissent les structures riches en kératine telles que la peau, les cheveux et les ongles. Ils provoquent des infections superficielles appelées dermatophytoses (ou teignes), qui sont généralement bénignes mais parfois chroniques ou récidivantes, notamment chez les personnes immunodéprimées ou mal soignées (Achterman et White, 2012).

Selon les estimations, entre 20 et 25 % de la population mondiale serait concernée par une infection fongique superficielle, dont la majorité est attribuée aux dermatophytes. Leur prévalence élevée s'explique par des facteurs climatiques (chaleur et humidité), comportementaux (promiscuité, hygiène) et immunitaires (Begum *et al.*, 2020).

Autrefois, tous les dermatophytes pathogènes étaient regroupés en trois genres :

- *Trichophyton* : affecte principalement la peau, les cheveux et les ongles.
- *Microsporum* : affecte principalement la peau et les cheveux.
- *Epidermophyton* : affecte principalement la peau.

Mais grâce aux progrès des techniques de diagnostic, ils sont maintenant classés en six genres, avec l'ajout de *Nannizzia*, *Lophophyton* et *Arthroderma* (Begum *et al.*, 2020).

Les dermatophytes se transmettent principalement par le transfert d'arthroconidies, d'hyphes ou de fragments de kératine contaminés. Les humains peuvent contracter une dermatophytose par :

- Contact direct avec une personne infectée ou un animal porteur du champignon.
- Contact indirect via des objets ou surfaces contaminés, tels que des serviettes, des vêtements, des brosses ou des sols de piscines et de vestiaires.

Les dermatophytes peuvent également survivre dans l'environnement pendant des périodes prolongées, notamment dans les cellules cutanées desquamées, les cheveux ou les

ongles. Cette persistance contribue à la forte prévalence de la maladie et facilite sa transmission indirecte via des vecteurs passifs (Dubeljanin *et al.*, 2024).

Il est important de noter que, en tant qu'agents strictement pathogènes, les dermatophytes n'exigent pas nécessairement un traumatisme préalable au niveau du site d'entrée pour provoquer une infection.

1.1 Le dermatophyte *Trichophyton rubrum*

1.1.1 Classification taxonomique

Selon la National Center for Biotechnology Information (NCBI, 2025) :

- Règne : Fungi
- Embranchement : Ascomycota
- Classe : Eurotiomycetes
- Ordre : Onygenales
- Famille : Arthrodermataceae
- Genre : *Trichophyton*
- Espèce : *Trichophyton rubrum*

1.1.2 Pathologie

Les espèces appartenant au complexe *Trichophyton rubrum* sont des dermatophytes strictement anthropophiles (c'est-à-dire spécifiques à l'humain) et peuvent infecter divers sites kératinisés notamment, la peau glabre (*tinea corporis* et *tinea pedis*) (Figure 6), le cuir chevelu (*tinea capitis*) et les ongles (onychomycose) chez les patients immunocompétents (Cornet *et al.*, 2021).

Chez les patients immunodéprimés, *Trichophyton rubrum* peut pénétrer au-delà des couches superficielles de la peau, entraînant des infections plus profondes et potentiellement systémiques, telles que des dermatophytoses profondes (Reis *et al.*, 2022).

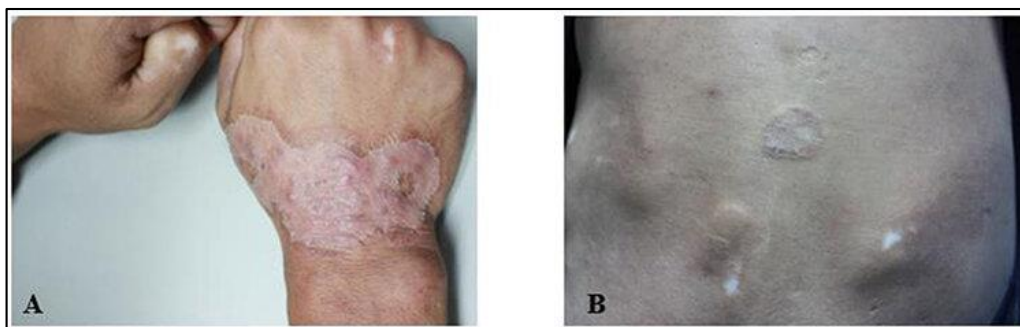


Figure 6. (A) : image d'une infection à *Trichophyton rubrum* sur la main droite ; (B) : image d'une infection à *Trichophyton rubrum* au dos (Qian et al., 2024).

1.1.3 Épidémiologie

Trichophyton rubrum est un agent pathogène fongique majeur à l'échelle mondiale, avec une prévalence élevée dans les infections cutanées et un potentiel de transmission significatif. Sa distribution géographique est influencée par des facteurs environnementaux et comportementaux, et sa gestion nécessite une attention particulière aux pratiques d'hygiène et aux conditions de vie.

En Algérie, *Trichophyton rubrum* représente environ 20,9 % des cas de dermatophytoses, ce qui en fait l'un des agents pathogènes les plus fréquents dans la région (Lahmer et al., 2024).

En Belgique, *Trichophyton rubrum* représente 60,3 % des dermatophytes isolés entre 2012 et 2016, notamment responsables de la *tinea unguium* et de la *tinea corporis* (Sacheli et al., 2021).

1.1.4 Mode de transmission

- Transmission directe

Interhumaine : Le contact direct avec la peau d'une personne infectée est une voie de transmission courante. Les lésions actives, notamment les mycoses des pieds (*tinea pedis*) ou des ongles (onychomycose), sont particulièrement contagieuses.

L'échange ou l'utilisation commune d'articles personnels tels que les serviettes, brosses à cheveux, peignes, ciseaux à ongles, chaussures, chaussettes ou vêtements constitue un facteur de risque important dans la transmission de *Trichophyton rubrum*. Une étude a montré que *T. rubrum* et *T. mentagrophytes* ont été détectés sur 24,4 % des objets tels que les peignes, brosses à cheveux, rasoirs et appuie-têtes de chaises dans un salon de coiffure (Jazdarehee et al., 2022).

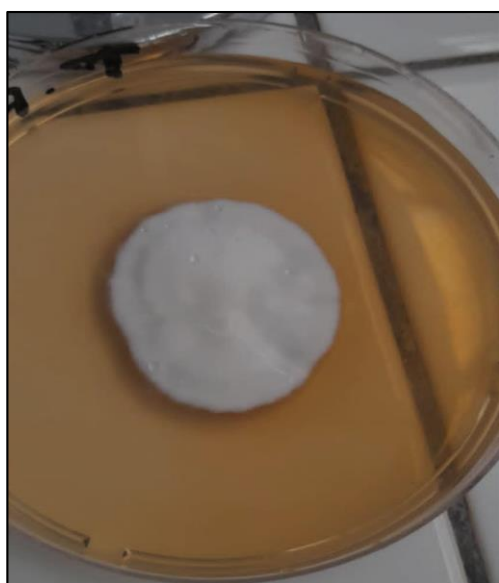
- Transmission indirecte

Les dermatophytes, en particulier *Trichophyton rubrum*, sont capables de survivre sur de nombreuses surfaces dans les lieux publics, tels que les sols des douches, les vestiaires ou les abords de piscines, même après des procédures de désinfection régulières. Les zones à forte fréquentation, comme les entrées et sorties, présentent généralement une concentration plus élevée de spores fongiques, augmentant ainsi le risque de transmission (jazardee et *al.*, 2022).

1.1.5 Caractères cultureux et critères macroscopique

En culture, il se développe lentement pendant 1 à 3 semaines avec une température de 25 à 30°C. La culture est blanche, duveteuse. Au départ (dès le 5^e-6^e jour) apparaît souvent une petite colonie glabre, blanc crème. Puis la colonie se couvre de filaments et devient duveteuse avec un dôme central. Le recto est toujours blanc (**Photo 1, (A)**).

Au revers, apparaît un pigment rouge foncé qui colore la colonie en rouge-brin à violet. Ce pigment transparait sur le recto en formant un anneau rouge-brin circulaire autour du dôme centrale (**Photo 1, (B)**) (Koenig, 1995).



(A)



(B)

Photo 1. Morphologie de colonie de *Trichophyton rubrum* après deux semaines d'incubation à 30°C dans la gélose Sabouraud, (A) : recto ; (B) : verso.

1.1.6 Caractéristiques microscopiques

Hyphes : septées, fines et lisses, avec parfois quelques excroissance triangulaires.

Microconidies : plus ou moins nombreuse, pyriforme, et disposées en acladium.

Macroconidies : rarement présentes ou absentes (chez la variété duveteuse *Trichophyton rubrum* autochtone), avec paroi mince et lisse de calibre régulier (Koenig, 1995).

Comme mentionné dans la **Figure 7**.

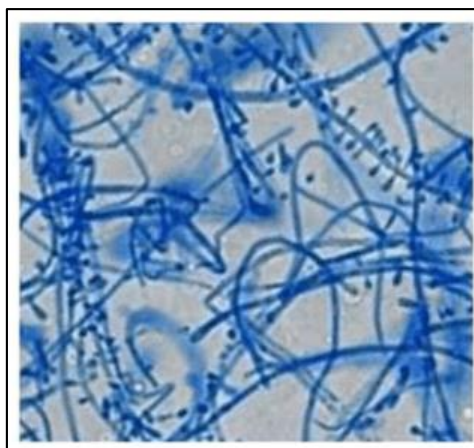


Figure 7. Observation microscopique de *Trichophyton rubrum* sous microscope optique (X40) (Merad *et al.*, 2020).

1.2 Le dermatophyte *Microsporum canis*

1.2.1 Classification taxonomique

Selon la National Center for Biotechnology Information (NCBI, 2025) :

- Règne : Fungi
- Embranchement : Ascomycota
- Classe : Eurotiomycetes
- Ordre : Onygenales
- Famille : Arthrodermataceae
- Genre : *Microsporum*
- Espèce : *Microsporum canis*

1.2.2 Pathologie

Microsporum canis est un dermatophyte zoophile responsable de la dermatophytose chez les animaux et les humains à l'échelle mondiale. Chez les animaux, l'infection se manifeste par des zones circulaires d'alopécie, de desquamation et de lésions cutanées. Chez l'homme, elle peut se présenter sous différentes formes cliniques, notamment la teigne du cuir chevelu, la teigne du corps comme le montre **Figure 8** la teigne des pieds et l'onychomycose (Aneke *et al.*, 2018).



Figure 8. *Tinea corporis* dû à *Microsporum canis* chez un enfant (Pasquetti *et al.*, 2017).

1.2.3 Épidémiologie

Maghreb (Algérie, Tunisie, Maroc) : *Microsporum canis* est couramment isolé dans les teignes du cuir chevelu (TCC). En Algérie, il représente 52,4 % des cas de TCC, tandis qu'en Tunisie, il est responsable de 67 % des cas (Ba *et al.*, 2021).

Europe et Grèce : *Microsporum canis* est une cause fréquente de teignes du cuir chevelu et du tronc. Une étude en Crète a révélé que 24,5 % des dermatophytes isolés étaient *M.canis*, avec une prédominance chez les enfants (46,8 %) et une origine principalement zoophile (82 %) (Maraki et Tselentis, 2000).

1.2.4 Mode de transmission

- Transmission directe

Contact avec des animaux infectés : Les chats, notamment les chatons, sont des réservoirs majeurs de *M. canis*. Une étude a montré que 92,1 % des chats infectés étaient des chatons (Piorunek *et al.*, 2024).

Transmission interhumaine : Bien que rare, une transmission directe d'une personne à une autre a été observée, en particulier dans des contextes communautaires ou en milieu hospitalier.

- Transmission indirecte

Transmission par l'environnement et les objets contaminés : Les spores de *Microsporum canis* peuvent rester viables dans l'environnement pendant plusieurs mois, constituant ainsi une source persistante de contamination. Les objets en contact avec des animaux infectés tels que les brosses, colliers, jouets, couvertures, litières ou vêtements peuvent agir comme vecteurs indirects de transmission. Par ailleurs, des études ont démontré la présence d'arthrospores viables sur les surfaces et dans l'air des foyers hébergeant des chats infectés, soulignant le rôle majeur de l'environnement domestique dans la dissémination du champignon (Mancianti *et al.*, 2003).

1.2.5 Caractéristiques macroscopiques

Croissance Rapide pleine colonie en 7 à 10 jours à 25-28 °C, et il donne des colonies grandes très étoilées, avec des rayons fins et longs, d'aspect soyeux et brillant. Après 8 à 10 jours, la colonie devient plus cotonneuse voire laineuse.

Au recto elle est blanche (**Photo 2, (A)**), et une couleur jaune-orangé vif au verso (**Photo 2, (B)**) (Koenig, 1995).

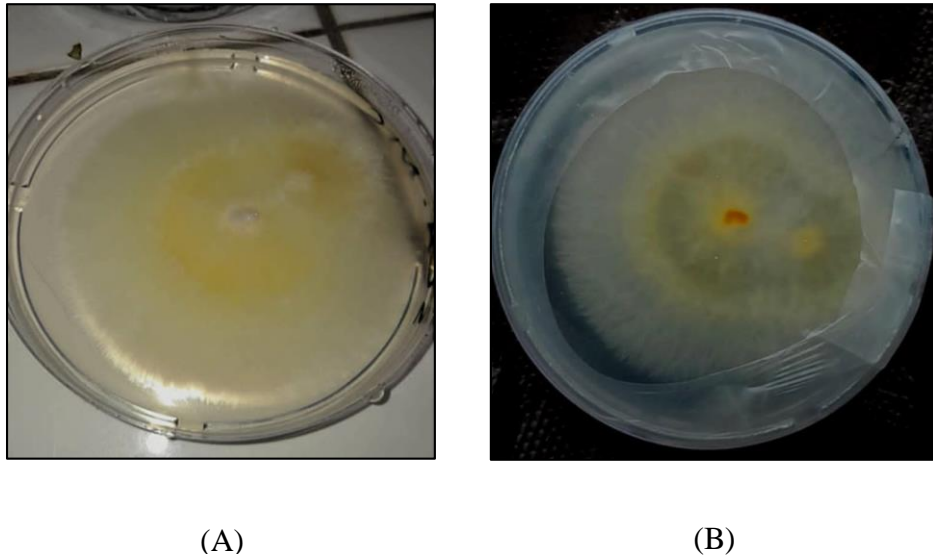


Photo 2. Morphologie de colonie de *Microsporum canis* après deux semaines d'incubation à 30°C dans la gélose Sabouraud, (A) : recto ; (B) : verso.

1.2.6 Caractéristiques microscopiques

Macroconidies : nombreuses, de forme caractéristique : renflées au centre, pointues aux extrémités, elles ont des parois très épaisses.

Microconidies : en nombre variable, piriformes (Koenig, 1995).

Comme illustré dans la **Figure 9**.

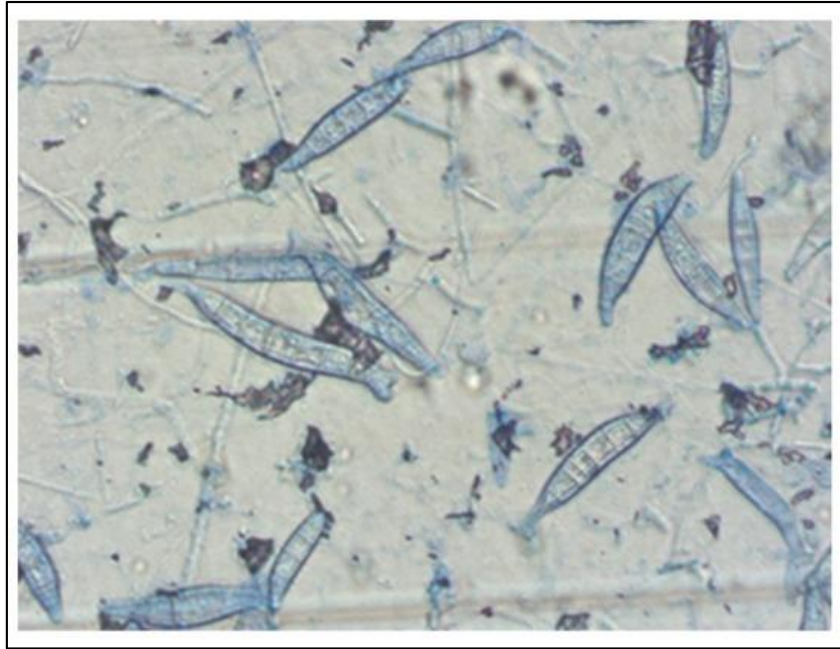


Figure 9 : Observation microscopique de *Microsporum canis* (grossissement x 200) (Piorunek *et al.*, 2024).

Chapitre 4

1 Les bactéries

1.1 La bactérie *Staphylococcus aureus*

Staphylococcus aureus est une bactérie Gram positif, à coagulase positive, appartenant à la famille des *Staphylococcaceae*. Souvent présente de manière asymptomatique sur la peau et les muqueuses humaines, cette bactérie est un commensal opportuniste. Toutefois, *S. aureus* constitue également un pathogène humain majeur, capable de s'adapter à une grande variété d'hôtes et de conditions environnementales, ce qui lui permet de provoquer un large éventail d'infections (Gherardi, 2023).

1.1.1 Classification taxonomique

Selon le Centre national pour l'information biotechnologique (NCBI, 2025) :

- Domaine : Bacteria
- Embranchement : Bacillota
- Classe : Bacilli
- Ordre : Bacillales
- Famille : Staphylococcaceae
- Genre : Staphylococcus
- Espèce : *Staphylococcus aureus*
- Souche : *Staphylococcus aureus* ATCC 6538

1.1.2 Pathologie

Staphylococcus aureus est un pathogène humain majeur, capable de s'adapter à une grande diversité d'hôtes et de conditions environnementales, ce qui lui permet de provoquer une large gamme d'infections. Il représente l'une des principales causes d'infections nosocomiales et communautaires. Parmi les pathologies qu'il engendre les infections cutanées et des tissus mous, les infections respiratoires basses, les infections du sang, ainsi que celles associées aux dispositifs médicaux, telles que les bactériémies liées aux cathéters veineux centraux. Il est également responsable d'infections profondes sévères telles que l'ostéomyélite et l'endocardite.

Ce pouvoir pathogène repose sur une panoplie de facteurs de virulence, dont de nombreuses toxines impliquées dans des syndromes à médiation toxique comme le syndrome

du choc toxique staphylococcique, les toxi-infections alimentaires ou encore le syndrome de la peau ébouillantée (**Figure 10**).

Un défi majeur posé par *S. aureus* réside dans sa capacité à développer une résistance à de nombreux antibiotiques, rendant son traitement particulièrement complexe (Gherardi,2023).



Figure 10. Infection staphylococcique cutanées « l'impétigo » (Bush et Vazquez-Pertejo, 2024).

1.1.3 Caractères cultureux et critères macroscopique

Staphylococcus aureus est un organisme aérobie et anaérobie facultatif qui forme d'assez grandes colonies jaunes ou blanches sur des milieux gélosés riches en nutriments. La couleur jaune des colonies est conférée par les caroténoïdes produits par l'organisme. Le terme « *aureus* » est dérivé du latin, qui fait référence à la couleur de l'or (Gnanamani *et al.*,2017).

1.1.4 Caractères microscopiques

-Gram positive (**Figure 11**).

-Forme sphérique (coques)

-Mode de regroupement : grappe de raisin (Lakhundi et Zhang, 2018).

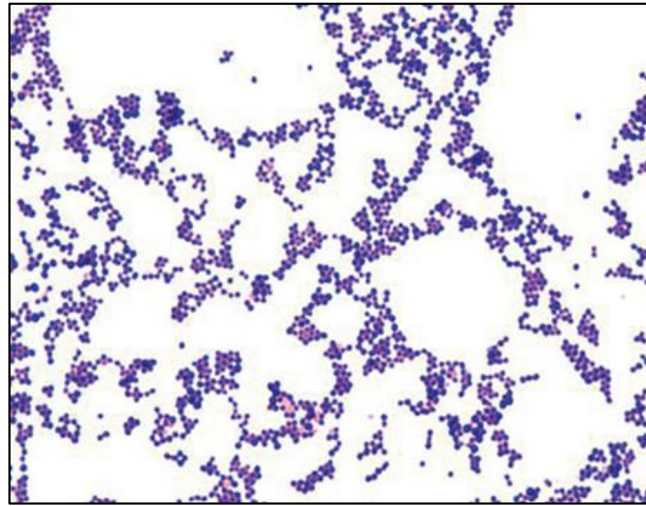


Figure 11. *Staphylococcus aureus* sous microscope (Gr x100) après coloration de Gram (Thairu *et al.*, 2014).

1.2 La bactérie *Escherichia coli*

Escherichia coli a été identifiée pour la première fois en 1885 par le pédiatre allemand Theodor Escherich (1857–1911), qui l’a isolée à partir des selles de nourrissons. *E. coli* est une bactérie coliforme appartenant au genre *Escherichia*. Il s’agit d’un bâtonnet, mesurant en moyenne entre 1 à 3 μm de longueur pour 0,4 à 0,7 μm de largeur, avec un volume cellulaire compris entre 0,6 et 0,7 μm^3 , Gram négatif, anaérobie facultatif non sporulé, non acido-résistante, qui se présente généralement isolée ou en paires.

Couramment retrouvé dans l’environnement, les aliments, ainsi que dans la partie inférieure du tube digestif des animaux à sang chaud (Basavaraju et Gunashree, 2023).

1.2.1 Classification taxonomique de *Escherichia coli*

Selon le Centre national pour l’information biotechnologique (NCBI, 2025) :

- Règne : Bacteria
- Embranchement : Pseudomonadota
- Classe : Gammaproteobacteria
- Ordre : Enterobacterales
- Famille : Enterobacteriaceae
- Genre : *Escherichia*
- Espèce : *Escherichia coli*
- Souche : *Escherichia coli* NCTC 10538

1.2.2 Pathologie

Escherichia coli est une bactérie généralement considérée comme un composant normal de la flore intestinale de nombreux mammifères, oiseaux et chez l'humain. Cependant, certaines souches peuvent devenir pathogènes après l'acquisition de facteurs de virulence. Ces souches virulentes présentent plusieurs caractéristiques microbiologiques, notamment la production d'entérotoxines, de vérotoxines, de colicines et de sidérophores, la motilité, la présence de pili de type 1, ainsi qu'une résistance à l'action lytique du complément de l'hôte et aux antibiotiques (Dho et Lafont, 1984 ; Chulasiri et Suthienkul, 1989).

1.2.3 Critères macroscopique

Escherichia coli cultivée sur gélose nutritive forme de grandes colonies épaisses, de couleur blanc grisâtre, à l'aspect humide, lisse, opaque ou parfois translucide, comme l'illustre (Figure 14). Les colonies de type lisse (forme S), typiques des cultures récentes, s'émulsifient facilement dans une solution saline. En revanche, les colonies de type rugueux (forme R), généralement observées dans les cultures plus anciennes et présentant une surface terne, tendent à s'autoagglutiner en solution saline. Cette variation morphologique de S à R est souvent due à des repiquages successifs et s'accompagne de la perte d'antigènes de surface, entraînant généralement une diminution de la virulence (Basavaraju et Gunashree, 2023).



Figure 12. *Escherichia coli* sur gélose nutritive (Basavaraju et Gunashree, 2023).

1.2.4 Caractéristiques microscopiques

-Bacille, Gram négatif (Bidet et Bonacorsi, 2012) (**Figure 13**).

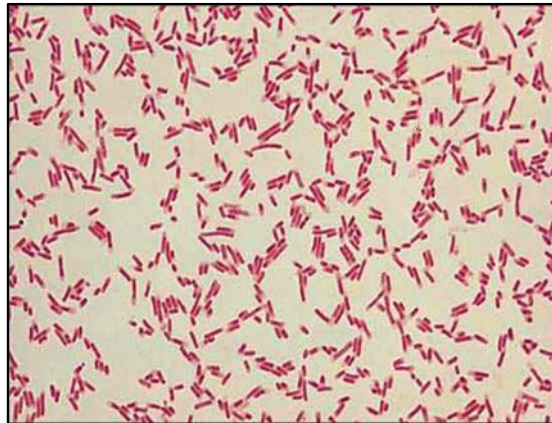


Figure 13. *Escherichia coli* sous microscope (Grx100) après coloration de Gram (Thairu *et al.*,2014).

1.3 La bactérie *Bacillus speizizenii*

Est une bactérie aérobie et à croissance rapide. Ses cellules, de forme bacillaire, mesurent généralement entre 2 et 6 μm de long pour moins de 1 μm de diamètre. Sa température de croissance optimale se situe entre 30 et 35 °C, ce qui permet un temps de doublement d'environ 20 minutes. En fonction des conditions de culture, les cellules peuvent s'aligner en longues chaînes, maintenues ensemble par des cloisons septales non séparées. En situation de carence nutritive, *B.speizizenii* initie un processus complexe de différenciation cellulaire, aboutissant à la formation d'endospores qui sont libérées après la lyse de la cellule mère. Les cellules végétatives sont souvent mobiles et capables de former des biofilms, ainsi que des structures appelées « fructifications » contenant des spores (Dierksheide et Wei Li,2024).

1.3.1 Classification taxonomique de *Bacillus speizizenii*

Selon le Centre national pour l'information biotechnologique (NCBI, 2025) :

- Règne : Bacteria
- Embranchement : Bcillati
- Classe : Bacilli
- Ordre : Bacillales
- Famille : Bacillaceae
- Genre : *Bacillus*
- Espèce : *Bacillus spizizenii*
- Souche : *Bacillus spizizenii* ATCC 6633

1.3.2 Critères macroscopique

Sur milieu solide ses colonies sont ternes, avec une coloration crème à brun ridé, tandis qu'en milieu liquide, elle forme une pellicule cohérente à la surface (**Figure 14**). Contrairement à d'autres espèces du genre, *B. subtilis* est catalase négative (Koca,2024).



Figure 14. *Bacillus subtilis* sur gélose CMC (Sandrasekaran *et al.*, 2018).

1.3.3 Caractéristiques microscopiques

- Gram positif (**Figure 15**)
- Cellules, de forme bâtonnet.
- Elle est habituellement mobile, bien qu'elle puisse parfois être immobile (Sarode *et al.*,2018).

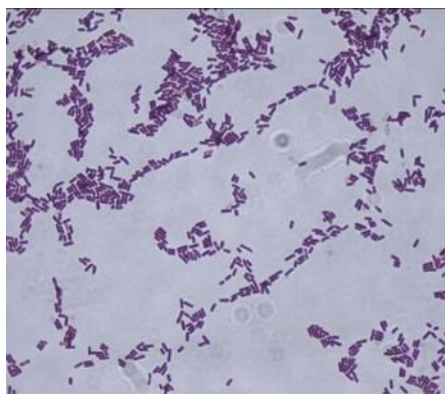


Figure 15. *Bacillus subtilis* sous microscope après coloration de Gram (Gr x100) (Hussein *et al.*,2019).

Partie expérimentale

Matériel et Méthodes

1. Objectif de l'étude

Cette étude vise à évaluer le potentiel antimicrobien de deux types d'extraits issus de *Lawsonia inermis* L. (henné) : un extrait aqueux et un extrait éthanolique à 80 %. Parallèlement, une étude phytochimique a été réalisée afin d'identifier les métabolites secondaires susceptibles de contribuer à cette activité biologique (Cowan, 1999).

2. Matériel végétal

Les feuilles de *Lawsonia inermis* L. utilisées dans cette étude ont été acquises sous forme séchée auprès d'un herboriste local à Biskra. Elles ont été stockées dans des conditions sèches à température ambiante jusqu'à leur traitement (Harborne, 1998).

3. Préparation des extraits

Les extraits ont été obtenus à travers plusieurs étapes normalisées visant à garantir un rendement optimal et une reproductibilité des résultats (Azwanida, 2015).

3.1. Broyage

Après élimination des impuretés, les feuilles ont été finement broyées à l'aide d'un mortier en cuivre afin d'obtenir une poudre homogène (**Photo 3**).



Photo 3. Broyage des feuilles de henné.

3.2. Macération

La macération est une méthode douce d'extraction consistant à maintenir le matériel végétal en contact prolongé avec un solvant à température ambiante, permettant la diffusion progressive des composés bioactifs dans le solvant (Do *et al.*, 2014).

3.3.Extrait aqueux

Dix grammes de poudre végétale ont été mélangés à 100 mL d'eau distillée dans un bécher. Le mélange a été soumis à une agitation constante pendant 24 heures, puis filtré à l'aide d'un papier Whatman n°1. L'extrait a ensuite été évaporé à sec à 45 °C dans une étuve. Le résidu obtenu, de couleur rouge-brun, a été récupéré et conservé (**Planche 1**).



Panche 1. Étapes de l'extraction aqueuse.

3.4.Extrait éthanolique

Une quantité équivalente de poudre (10 g) a été macérée dans 100 mL d'éthanol à 80 % selon les mêmes conditions que pour l'extrait aqueux (Sultana *et al.*, 2009). Après filtration, l'extrait a été évaporé à 45 °C pour obtenir un résidu vert foncé (**Planche 2**).

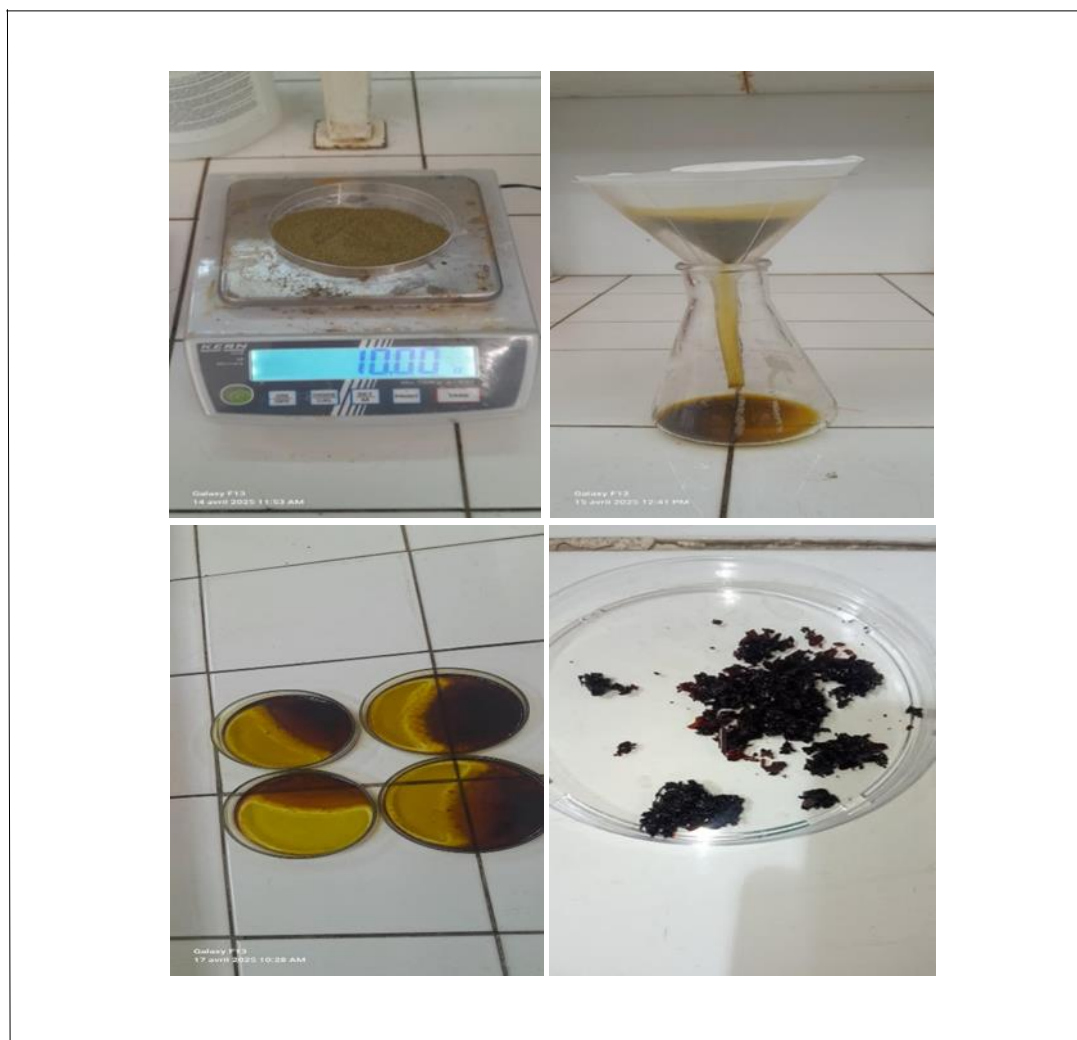


Planche 2. Étapes de l'extraction éthanolique.

3.5. Calcul du rendement

Le rendement des extraits a été calculé selon la formule suivante :

$$\text{Rendement (\%)} = (\text{Masse de l'extrait sec (g)} / \text{Masse initiale de plante (g)}) \times 100$$

4. Criblage phytochimique par réactions colorées

Le criblage phytochimique est une approche qualitative permettant la détection de métabolites secondaires dans les extraits végétaux à l'aide de réactions spécifiques (Trease & Evans, 2002 ; Sofowora, 1993). Les composés identifiés, tels que les alcaloïdes, flavonoïdes, tanins, saponosides et phénols, sont souvent liés à l'activité biologique des extraits.

Les extraits ont été remis en solution à une concentration de 1 mg/mL (100 mg dissous dans 100 mL d'eau distillée stérile ou d'éthanol à 80 %, selon l'extrait).

4.1. Détection des alcaloïdes

- Réactif de Mayer : 5 gouttes ajoutées à 1 mL d'extrait ; un précipité blanc-jaunâtre confirme la présence d'alcaloïdes (Parekh et Chanda, 2007).
- Réactif de Hager : une coloration jaune après l'ajout du réactif à l'extrait indique également la présence d'alcaloïdes (Parekh et Chanda, 2007).

4.2. Détection des flavonoïdes

- Test de Shinoda : réaction de l'extrait avec Mg métallique et HCl concentré ; une coloration rose-rouge est révélatrice (Trease et Evans, 2002).
- Réactif de NaOH : coloration jaune apparaissant avec NaOH 2 % puis disparaissant après ajout de HCl, indiquant la présence de flavonoïdes (Trease et Evans, 2002).

4.3. Détection des saponines

- Test de moussage : agitation de l'extrait avec eau distillée ; une mousse stable persistant plus de 15 min révèle la présence de saponines (Sofowora, 1993).

4.4. Détection des tanins

Réaction de 2 mL d'extrait avec quelques gouttes de FeCl_3 à 1 % dans l'eau : coloration bleue pour tanins hydrolysables, verte pour tanins condensés (Trease et Evans, 2002).

4.5. Détection des phénols totaux

Mélange de 200 μL d'extrait avec 1 mL de réactif de Folin-Ciocalteu à 10 %, incubation 3 min à l'abri de la lumière, puis ajout de 800 μL de Na_2CO_3 à 7,5 %. Après incubation 30 min à température ambiante, une coloration bleue indique la présence de phénols. L'absorbance a été mesurée à 765 nm et comparée à une courbe étalon d'acide gallique (Duraipandiyar *et al.*, 2006).

5. Évaluation de l'activité antifongique

Deux souches de dermatophytes ont été testées : *Trichophyton rubrum* (prélèvement plantaire) et *Microsporum canis* (cuir chevelu), identifiées au laboratoire de mycologie du CHU Ben Badis, Constantine. Les souches ont été conservées sur gélose Sabouraud inclinée enrichie en chloramphénicol et actidione (CLSI, 2008)

5.1. Repiquage des souches

Des fragments de mycélium ont été transférés stérilement sur gélose Sabouraud. Après incubation à 30 °C durant deux semaines, des repiquages ont permis d'obtenir des cultures jeunes et pures (**Photo 4**).



Photo 4. Repiquage des souches fongique.

5.2. Préparation des solutions et dilutions

- Concentrations plus faibles : 100 mg/mL comme solution mère, puis dilutions successives à 50, 25, 12,5 et 6,25 mg/mL.

5.3. Préparation des disques

Des disques de papier Whatman n°4 (6 mm) stérilisés ont été imprégnés de 20 μ L de chaque dilution d'extrait et séchés en conditions stériles (Photo 5).



Photo 5. Préparation des disques.

5.4. Préparation des boîtes de culture

Après solidification du milieu Sabouraud fondu dans les boîtes de Pétri, un fragment de mycélium a été placé au centre. Les disques imprégnés ont été déposés autour à l'aide de pinces stériles (**photo 6**). Trois répétitions ont été effectuées pour chaque extrait et chaque souche.



Photo 6. Disposition des disques imprégnés sur les milieux Sabouraudensemencés.

6. Évaluation de l'activité antibactérienne

L'activité antibactérienne a été testée selon la méthode de diffusion en disque de *Kirby-Bauer*, selon les normes de *l'American Society for Microbiology*. (Bauer *et al.*, 1966 ; Balouiri *et al.*, 2016)

Les souches de référence utilisées étaient : *Escherichia coli* (ATCC 10538), *Staphylococcus aureus* (ATCC 6538), et *Bacillus spizizenii* (ATCC 6633) (ASM, 2020).

6.1.Préparation des suspensions bactériennes

Des colonies ont été transférées dans du bouillon nutritif stérile, homogénéisées par vortex et incubées 24 h à 30 °C. La turbidité a été ajustée à 0,5 McFarland ($\approx 1,5 \times 10^8$ UFC/mL) pour standardisation (**Photo 7**).



Photo 7. Préparation de la suspension bactérienne.

6.2.Préparation des dilutions et disques

La solution mère a été obtenue en dissolvant 500 mg d'extrait éthanolique dans 1 mL de DMSO. Des dilutions à 250, 200, 125 et 62,5 mg/mL ont été préparées. Des disques Whatman stérilisés ont été imprégnés de 20 μ L de chaque solution 1.

6.3.Ensemencement et dépôt des disques

La suspension bactérienne a été étalée sur gélose Mueller-Hinton, et les disques imprégnés déposés (**Photo 8**). Les boîtes ont été incubées à 30 °C pendant 24 h. L'activité antibactérienne a été évaluée en mesurant le diamètre des zones d'inhibition.

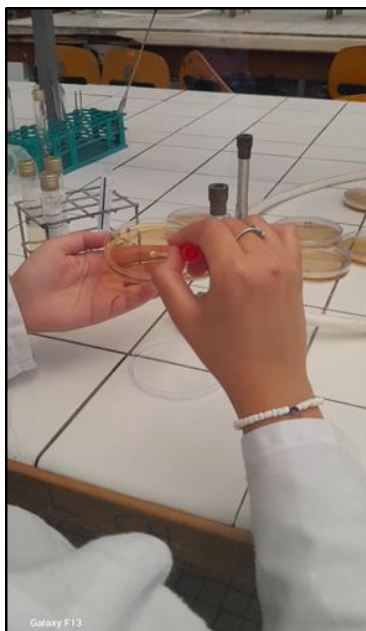


Photo 8. Ensemencement des boîtes.

Repiquage des souches, préparation des solutions, imprégnation des disques et méthode de diffusion sur gélose sont décrits conformément aux recommandations standards (Duraipandiyan *et al.*, 2006).

Résultat et Discussion

Résultat et Discussion

1 Rendement des extraits

À partir de 10 g de matière végétale sèche, l'extrait éthanolique de *Lawsonia inermis* L. a présenté un rendement d'extraction de 22,34 %, contre 13,38 % pour l'extrait aqueux. Ces résultats, illustrés à la Figure 16, indiquent une efficacité supérieure de l'éthanol à 80 % pour extraire les composés bioactifs contenus dans les feuilles de henné.

Ce rendement est nettement supérieur à celui rapporté par Leela et Singh (2020), qui ont obtenu seulement 1,90 % en utilisant la même technique d'extraction. De même, Rejab et Kasibi (2019) ont enregistré un rendement de 14,44 %, malgré des conditions expérimentales similaires. Pour l'extrait aqueux, Leela et Singh ont obtenu 0,70 %, soit un résultat largement inférieur à celui de notre étude.

Ces écarts peuvent s'expliquer par plusieurs paramètres, notamment :

- L'origine géographique de la plante ;
- Les conditions de séchage : un séchage à basse température préserve mieux les métabolites thermolabiles ;
- La durée et la température de macération ;
- La polarité du solvant, qui influence directement l'extraction des composés secondaires hydrosolubles ou liposolubles (Berregioua *et al.*, 2024).

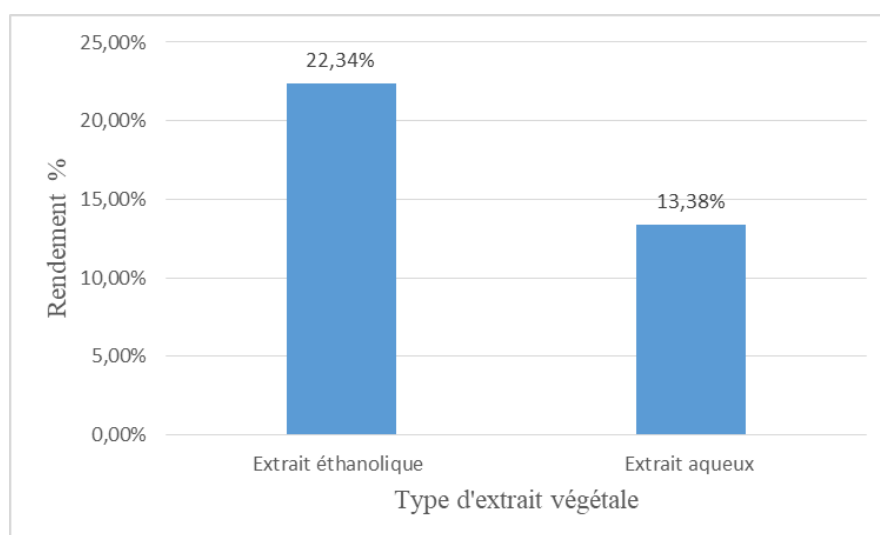


Figure 16. Taux de rendement des extraits aqueux et éthanolique de *Lawsonia inermis* L.

2 Criblage phytochimique

L'analyse phytochimique qualitative a été effectuée à l'aide de tests colorimétriques spécifiques, permettant de détecter la présence de grandes familles de métabolites secondaires. L'intensité des réactions a été interprétée selon une échelle allant de négatif (–) à fortement positif (++).

2.1 Détection des alcaloïdes

Les résultats obtenus avec les réactifs de Mayer et de Hager n'ont révélé aucune précipitation caractéristique dans les deux extraits, indiquant une absence d'alcaloïdes (**Tableaux 1 et 2, Photos 9 à 12**). Ce résultat contredit certaines études antérieures (Rao *et al.*, 2016), qui ont mis en évidence la présence d'alcaloïdes dans les extraits de *Lawsonia inermis* L.. Ces divergences pourraient être attribuées à des facteurs environnementaux ou à la polarité des solvants, influençant la solubilité et l'extraction des alcaloïdes.

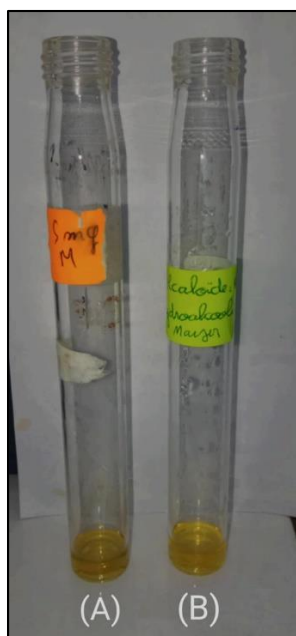


Photo 9. Réaction au réactif de Mayer pour la détection des alcaloïdes dans l'extrait éthanolique de *Lawsonia inermis* L. : (A) témoin, (B) extrait.

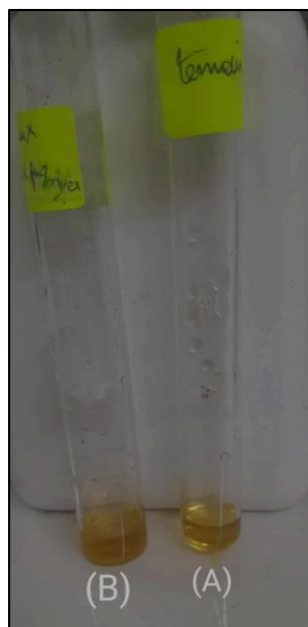


Photo 10. Réaction au réactif de Mayer pour la détection des alcaloïdes dans l'extrait aqueux de *Lawsonia inermis* L. : (A) témoin, (B) extrait.

Tableau 01. Résultats de la détection des alcaloïdes à l'aide du réactif de Mayer dans les extraits de *Lawsonia inermis* L.

Extrait	Éthanolique	Aqueux
Alcaloïdes	-	-

Absence (-)



Photo 11. Réaction au réactif de Hager pour la détection des alcaloïdes dans l'extrait éthanolique de *Lawsonia inermis* L. : (A) témoin, (B) extrait.

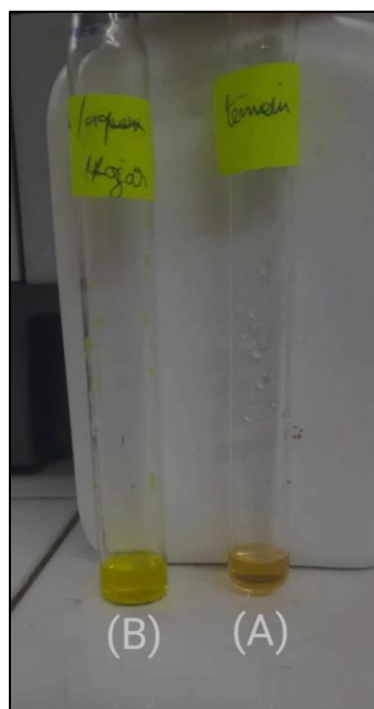


Photo 12. Réaction au réactif de Hager pour la détection des alcaloïdes dans l'extrait aqueux de *Lawsonia inermis* L. : (A) témoin, (B) extrait.

Tableau 02. Résultats de la détection des alcaloïdes à l'aide du réactif de Hager dans les extraits de *Lawsonia inermis* L.

Extrait	Éthanolique	Aqueux
Alcaloïdes	-	-

Absence (-)

2.2 Détection des flavonoïdes

De même, les tests de Shinoda (réaction au magnésium et HCl) et ceux utilisant le réactif de NaOH n'ont révélé aucune coloration spécifique, ce qui suggère l'absence de flavonoïdes dans les extraits aqueux et éthanoliques (**Tableaux 3 et 4 ; Photos 13 à 16**). Cette observation est conforme aux résultats rapportés par Sharma *et al.* (2008), mais diverge de ceux obtenus par (Batiha *et al.*, 2023), qui ont identifié ces composés dans des conditions expérimentales différentes. Il est bien connu que la solubilité des flavonoïdes dépend fortement de la polarité du solvant, ce qui pourrait expliquer leur non-détection dans notre protocole.



Photo 13. Réaction de Shinoda pour la détection des flavonoïdes dans l'extrait éthanolique de *Lawsonia inermis* L. : (A) témoin, (B) extrait.



Photo 14. Réaction de Shinoda pour la détection des flavonoïdes dans l'extrait aqueux de *Lawsonia inermis* L. : (A) témoin, (B) extrait.

Tableau 03. Résultats de la détection des flavonoïdes par le test de Shinoda dans les extraits de *Lawsonia inermis* L.

Extrait	Éthanolique	Aqueux
Flavonoïdes	+-	+-

(+-) : légèrement positif



Photo 15. Réaction au réactif de NaOH pour la détection des flavonoïdes dans l'extrait éthanolique de *Lawsonia inermis* L. : (A) témoin, (B) extrait.



Photo 16. Réaction au réactif de NaOH pour la détection des flavonoïdes dans l'extrait aqueux de *Lawsonia inermis* L. : (A) témoin, (B) extrait.

Tableau 04. Résultats de la détection des flavonoïdes à l'aide du réactif de NaOH dans les extraits de *Lawsonia inermis*.

Extrait	Éthanolique	Aqueux
Flavonoïdes	-	-

Absence (-)

2.3 Détection des saponines

Le test de moussage a mis en évidence une présence nette de saponines dans les deux extraits, avec une mousse stable observée plus intensément dans l'extrait éthanolique (**Tableau 5 ; Photos 17 et 18**). Ces résultats confirment les données de la littérature concernant la richesse en saponosides de *Lawsonia inermis* (Batiha *et al.*, 2023).

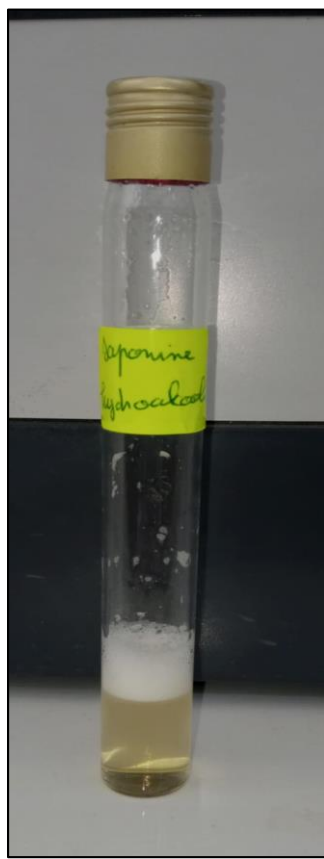


Photo 17. Test de détection des saponines dans l'extrait éthanolique de *Lawsonia inermis* L. par la méthode de moussage.



Photo 18. Test de détection des saponines dans l'extrait aqueux de *Lawsonia inermis* L. par la méthode de moussage.

Tableau 05. Résultats de la détection des saponines dans les extraits de *Lawsonia inermis* L. (test de moussage).

Extrait	Éthanolique	Aqueux
Saponine (test de moussage)	++	+

Présence (+)

2.4 Détection des tanins

La réaction au chlorure ferrique a mis en évidence une présence marquée de tanins, tant dans l'extrait aqueux que dans l'extrait éthanolique (**Tableau 6 ; Photos 19 et 20**). Ces tanins,

probablement condensés, sont reconnus pour leur rôle dans l'activité antimicrobienne et astringente de la plante. Nos résultats corroborent les observations de plusieurs auteurs, dont (Sharma *et al.*, 2008).



Photo 19. Test de détection des tanins (extrait éthanolique).



Photo 20. Test de détection des tanins (extrait aqueux).

Tableau 06. Test de détection des tanins.

Extrait	Éthanolique	Aqueux
Tanins	++	+

Présence (+)

2.5 Détection des phénols totaux

La teneur en composés phénoliques totaux a été déterminée par la méthode colorimétrique de Folin-Ciocalteu, une technique de référence pour l'estimation globale des polyphénols dans les extraits végétaux. La quantification a été réalisée en se basant sur une

courbe d'étalonnage construite avec l'acide gallique, et les résultats ont été exprimés en milligrammes d'équivalent acide gallique par gramme d'extrait sec (mg EAG/g).

Les analyses ont révélé que l'extrait éthanolique de *Lawsonia inermis* L. présente une teneur plus élevée en polyphénols totaux (5,17 mg EAG/g) comparativement à l'extrait aqueux (4,18 mg EAG/g) (**Tableau 7**). Cette différence peut être attribuée à la plus grande affinité des composés phénoliques pour les solvants organiques polaires comme l'éthanol, ce qui renforce l'hypothèse selon laquelle la nature du solvant d'extraction est déterminante pour maximiser la récupération des biomolécules d'intérêt.

Bien que ces valeurs soient inférieures à celles rapportées par (Enneb *et al.*, 2015) (32 mg EAG/g) et (Singleton *et al.*, 1999) (13,64 mg EAG/g pour l'éthanolique et 11,40 mg EAG/g pour l'extrait aqueux), elles confirment néanmoins la présence significative de composés phénoliques dans les feuilles de *L. inermis* L.. Cette variabilité peut s'expliquer par plusieurs facteurs, notamment :

- L'origine géographique de la plante ;
- Le stade phénologique de récolte ;
- La nature du tissu végétal analysé ; et les paramètres techniques de l'extraction (type de solvant, durée, température, etc.).

La courbe d'étalonnage à l'acide gallique utilisée dans ce dosage est présentée en annexe (**Figure 20**). Elle suit une équation linéaire de type $y = 1,093x + 0,0647$ avec un coefficient de corrélation $R^2 = 0,9863$, garantissant une bonne fiabilité de la quantification.

Tableau 07. Teneur en composés phénoliques totaux dans les extraits aqueux et éthanolique de *Lawsonia inermis* L. (exprimée en mg EAG/g).

Extrait	Teneur en phénols totaux (mg EAG/g d'extrait sec)
Éthanolique	5,17
Aqueux	4,18

Tableau 08. Tableau récapitulatif des résultats.

Extrait	Éthanolique	Aqueux
Alcaloïdes	-	-
Flavonoïdes	-	-
Saponines	+	+
Tanins	+	+
Phénols totaux	+	+

Présence (+) ; Absence (-)

3 Evaluation de l'activité antifongique de *Lawsonia inermis* L.

L'évaluation de l'activité antifongique des extraits aqueux et éthanoliques de *Lawsonia inermis* L. a été réalisée par la méthode de diffusion sur disque contre deux souches pathogènes : *Trichophyton rubrum* et *Microsporum canis*. Les résultats, présentés dans les tableaux 9 et 10, n'ont révélé aucune zone d'inhibition, quelle que soit la concentration testée (100 mg/mL, 50 mg/mL, 25 mg/mL, 12,5 mg/mL). Ces résultats indiquent une absence totale d'activité antifongique dans les conditions expérimentales de notre étude.

Nos résultats contrastent fortement avec plusieurs travaux antérieurs. (Attala *et al.*, 2018) ont rapporté une activité antifongique notable de l'extrait éthanolique contre *M. canis*, avec des zones d'inhibition comprises entre 17 et 32 mm. De même, Ekwealor et Oyeka (2015) ont observé un effet inhibiteur de l'extrait aqueux sur *T. rubrum* (zone de 14,5 mm).

Ces différences peuvent s'expliquer par :

La nature du solvant utilisé : Bello (2020) a montré qu'un extrait à l'éther de pétrole (solvant non polaire) produit une zone d'inhibition de 81 mm contre *T. rubrum*, alors que l'extrait en n-hexane n'avait aucun effet. Cela suggère que les composés antifongiques les plus actifs seraient lipophiles et non extraits efficacement par des solvants polaires comme l'éthanol ou l'eau.

La concentration des extraits : Notre protocole a utilisé une concentration maximale de 100 mg/mL, inférieure à celle utilisée par Bello (200 mg/mL), ce qui pourrait expliquer l'absence d'effet observable.

La nature des souches : Nos isolats fongiques ont été prélevés sur des patients hospitalisés et pourraient présenter une résistance intrinsèque accrue aux extraits naturels, contrairement aux souches de collection utilisées dans d'autres études.

L'absence d'activité antifongique dans notre étude ne remet pas en question les propriétés bioactives de *L. inermis* L., mais met plutôt en évidence la nécessité de diversifier les solvants d'extraction et d'optimiser les paramètres expérimentaux (dosage, pH, temps de contact). Une exploration plus large de solvants lipophiles, associée à des méthodes d'extraction par ultrasons ou Soxhlet, pourrait permettre de révéler un potentiel antifongique plus significatif.

Tableau 09. Effet antifongique des extraits de *Lawsonia inermis* L. sur la souche *Trichophyton rubrum*.

	100 mg/mL	50 mg/mL	25 mg/mL	12,5 mg/mL
Aqueux	0 mm	0 mm	0 mm	0 mm
Ethanolique 80%	0 mm	0 mm	0 mm	0 mm

Tableau 10. Effet antifongique des extraits de *Lawsonia inermis* L. sur la souche *Microsporium canis*.

	100%	50%	25%	12,5%
Aqueux	0 mm	0 mm	0 mm	0 mm
Ethanolique 80%	0 mm	0 mm	0 mm	0 mm

4 Évaluation de l'activité antibactérienne

L'activité antibactérienne de l'extrait éthanolique de *Lawsonia inermis* L. a été évaluée par la méthode de diffusion sur disques de papier, conformément aux protocoles standards en microbiologie, contre trois souches bactériennes de référence :

Bacillus spizizenii (ATCC 6633), *Staphylococcus aureus* (ATCC 6538), et *Escherichia coli* (ATCC 10538). Les tests ont été réalisés à différentes concentrations de l'extrait (62,5 à 500 mg/mL). Les zones d'inhibition mesurées, incluant le diamètre du disque (6 mm), sont exprimées en moyenne \pm écart-type pour trois répétitions ($n = 3$), comme présenté dans le tableau suivant :

Tableau 11. Zones d'inhibition (mm) de l'extrait éthanolique de *Lawsonia inermis* L. sur les souches bactériennes testées.

Souches	Concentration de l'extrait éthanolique (mg/mL)			
	500	250	125	62,5
<i>Escherichia coli</i> (ATCC 10538)	10,66 \pm 2,08	8,33 \pm 0,57	0	0
<i>Staphylococcus aureus</i> (ATCC 6538)	15 \pm 0,00	10 \pm 0,00	0	0
<i>Bacillus spizizenii</i> (ATCC 6633)	26,33 \pm 1,15	23,33 \pm 2,88	20,66 \pm 0,57	15 \pm 1

Les illustrations photographiques des zones d'inhibition observées sont présentées dans les figures suivantes :

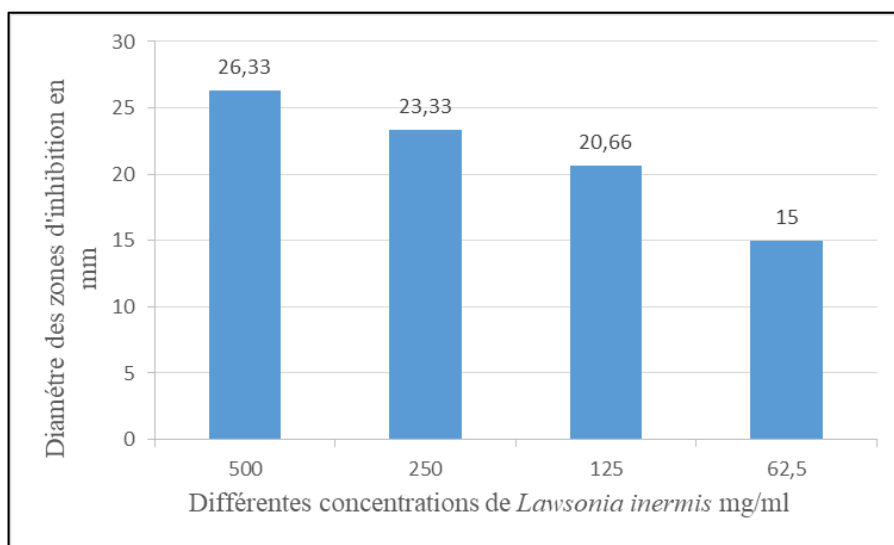


Figure 17. Zone d'inhibition de *Bacillus spizizenii* par l'extrait éthanolique de *L. inermis* L.

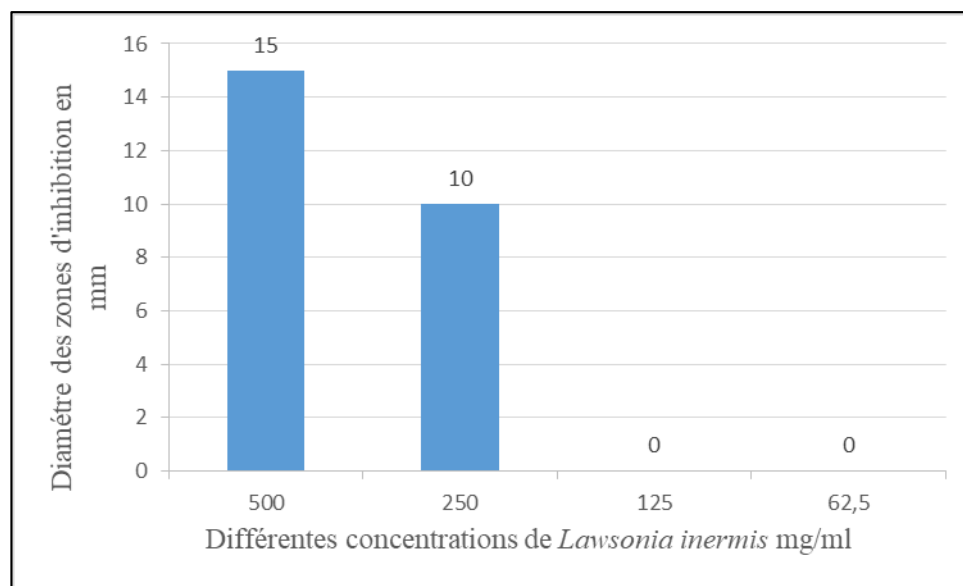


Figure 18. Zone d'inhibition de *Staphylococcus aureus* par l'extrait éthanolique de *L. inermis* L.

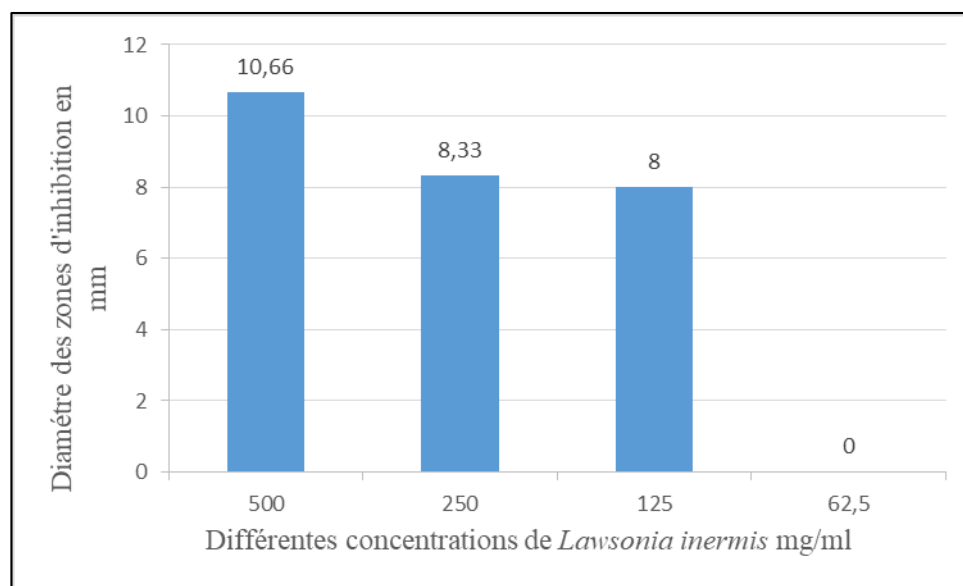


Figure 19. Zone d'inhibition de *Escherichia coli* par l'extrait éthanolique de *L. inermis* L.

Comme illustré dans les Figures 18 à 19, les souches bactériennes testées présentent des profils de sensibilité distincts face à l'extrait éthanolique. La souche la plus sensible est *Bacillus spizizenii*, qui montre des zones d'inhibition allant de 15,00 mm à 26,33 mm, même à des concentrations relativement faibles (62,5 mg/mL). Cette sensibilité accrue souligne une efficacité soutenue de l'extrait vis-à-vis des bactéries Gram positives.

À l'inverse, *Staphylococcus aureus* et *Escherichia coli* n'ont montré une inhibition significative qu'à partir de 250 mg/mL, avec des zones respectives de 10,00 mm et 8,33 mm. Aucun effet antibactérien n'a été observé à 125 mg/mL ou moins, ce qui reflète une sensibilité moindre, notamment pour *E. coli*.

Ces résultats sont en accord avec les travaux de (Hussain *et al.*, 2011), qui ont observé une forte sensibilité des souches Gram positives à l'extrait de *L. inermis* L., particulièrement *Bacillus subtilis*, tandis que *E. coli* se montrait beaucoup plus résistante.

La différence de sensibilité entre ces souches s'explique essentiellement par la structure de la paroi cellulaire. Les bactéries Gram positives, comme *Bacillus spizizenii* et *Staphylococcus aureus*, possèdent une paroi plus perméable, facilitant l'action des composés bioactifs de l'extrait, notamment les tanins, saponines et phénols. Ces molécules peuvent altérer les membranes cellulaires, déstabiliser les protéines membranaires et perturber les processus métaboliques intracellulaires (Gull *et al.*, 2013).

En revanche, les bactéries Gram négatives comme *E. coli* disposent d'une membrane externe lipopolysaccharidique qui constitue une barrière protectrice limitant la pénétration des agents hydrophiles et de haut poids moléculaire. Cela explique leur résistance naturelle accrue aux extraits végétaux (Liu *et al.*, 2022).

Conclusion

Conclusion et perspectives

Les résultats obtenus dans le cadre de cette étude ont permis de mettre en lumière le potentiel pharmacologique de *Lawsonia inermis* L., en particulier à travers l'analyse comparative de ses extraits aqueux et éthanoliques. Le rendement d'extraction a montré une nette supériorité de l'éthanol à 80 %, avec un taux de 22,34 % contre 13,38 % pour l'extrait aqueux, confirmant l'efficacité de ce solvant pour solubiliser les composés bioactifs présents dans les feuilles de henné.

Le criblage phytochimique a mis en évidence la présence marquée de métabolites secondaires tels que les tanins, les saponines et les phénols totaux, principalement dans l'extrait éthanolique. Ces composés sont reconnus pour leurs propriétés antimicrobiennes, ce qui suggère leur contribution potentielle à l'activité observée. En revanche, aucun effet antifongique n'a été détecté dans les conditions expérimentales appliquées, ce qui laisse supposer que les solvants polaires utilisés n'étaient pas adaptés pour extraire efficacement les principes actifs à action antifongique.

Sur le plan antibactérien, l'extrait éthanolique s'est révélé particulièrement actif contre *Bacillus spizizenii*, avec une zone d'inhibition atteignant 26,33 mm à la concentration de 500 mg/mL. Cette activité, bien que moins marquée contre *Staphylococcus aureus* et *Escherichia coli*, met en évidence un spectre antibactérien intéressant, surtout vis-à-vis des bactéries Gram positives. Ces résultats confortent l'intérêt croissant pour *Lawsonia inermis* L. en tant que source naturelle de biomolécules dotées d'activités antimicrobiennes, et justifient son exploration dans des applications thérapeutiques alternatives.

Pour aller plus loin, plusieurs perspectives de recherche méritent d'être envisagées. Il serait judicieux d'explorer d'autres solvants d'extraction, en particulier lipophiles (chloroforme, hexane, éther de pétrole), susceptibles de mieux extraire les composés antifongiques actifs. L'adoption de techniques d'extraction plus avancées, telles que l'extraction par Soxhlet ou par ultrasons, pourrait également améliorer la récupération des métabolites secondaires. Par ailleurs, l'isolement et la caractérisation des composés bioactifs, par des approches chromatographiques comme la HPLC ou la GC-MS, permettraient d'identifier précisément les molécules responsables des effets observés et d'élucider leurs mécanismes d'action.

Enfin, il serait pertinent d'élargir le spectre des microorganismes testés, notamment en incluant des souches pathogènes résistantes d'intérêt clinique, et d'étudier l'effet synergique potentiel entre les extraits de *Lawsonia inermis* L. et des antibiotiques standards. Une telle démarche pourrait ouvrir de nouvelles voies pour le développement de thérapies combinées à base de plantes et contribuer à la lutte contre l'antibiorésistance.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- Achterman, R. R., & White, T. C. (2012). A foot in the door for dermatophyte research. *PloS Pathogens*, 8(3).
- Ahmed, A., Mohmmad, A. E. H. H., & Elnager, A. (2024). *Determination of fibrinolytic activity of ethanoic extract of Lawsonia inermis seeds: In vitro study*. *World Journal of Pharmaceutical Research*, 10(4).
- Ahmad Supian, F. N., & Osman, N. I. (2023). Phytochemical and pharmacological activities of natural dye plant, *Lawsonia inermis* L. (Henna). *Journal of Young Pharmacists*, 15(2), 201–211. <https://doi.org/10.5530/jyp.2023.15.29>
- Al Snafi A. E. (2019). A review on *Lawsonia inermis*: A potential medicinal plant. *International Journal of Current Pharmaceutical Research* [en ligne], 11(5), [en ligne], consulté le 06 février 2025, pp. 1-13.
- Ali, B. H., Bashir, A. K. & Tanira, M. O. M. (1995). Anti-Inflammatory, Antipyretic, and Analgesic *Effects of Lawsonia inermis* L. (Henna) in Rats. *Pharmacology*, 51(6), 356-363.
- Aneke, C. I., Otranto, D., & Cafarchia, C. (2018). *Therapy and antifungal susceptibility profile of Microsporum canis*. *Journal of Fungi*, 4(3), 107.
- Atmani D., Lounis H., Boudaoud H. et Debbache N. (2009). Antioxidant capacity and phenol content of selected Algerian medicinal plants. *Food Chemistry*, 112(2), p. 303-309. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.05.077>
- Attala N., Hammadi K., Benmansour Z., Djebli N. (2018). *Antifungal activity of Lawsonia inermis* leaf extract against dermatophyte species. *International Journal of Biosciences* [en ligne], 21(5), [en ligne], consulté le 20 juin 2025, pp. 277-281.
- Aubaile-Sallenave, F. (1982). Les voyages du Henné. *Journal d'agriculture traditionnelle et de botanique appliquée*, 29(2), p :123-178.
- Azwanida, N. N. (2015). A review on the extraction methods use in medicinal plants, principle, strength and limitation. *Medicinal & Aromatic Plants*, 4(3), 196.
- Ba, O., Kébé, M., Sid'Ahmed Groun, Sy, O., Sidiya, M. A., Eibih, A. B. A., Bollahi, M. A. & Ben Abdelaziz, A. (2021). Épidémiologie des teignes du cuir chevelu et des mycoses superficielles en milieu scolaire de Mauritanie. *La Tunisie Médicale*, 99(12), 505-512.
- Badoni Semwal R., Semwal D. K., Combrinck S., Cartwright Jones C., Viljoen A. (2014). *Lawsonia inermis* L. (henna) : ethnobotanical, phytochemical and pharmacological aspects. *Journal of Ethnopharmacology* [en ligne], 155(1), [en ligne], consulté le 24 juin 2025, pp. 80-103.

- Balouiri, M., Sadiki, M., & Ibensouda, S. K. (2016). Methods for in vitro evaluating antimicrobial activity: A review. *Journal of Pharmaceutical Analysis*, 6(2), 71-79.
- Basavaraju M., Gunashree B.S. (2022). *Escherichia coli*: An Overview of Main Characteristics. Dans : Starčić Erjavec M. (éd.), *Escherichia coli – Old and New Insights*. Rijeka : IntechOpen, p. 1-17.
- Batiha, G. E. S., Teibo, J. O., Shaheen, H. M., Babalola, B. A., Teibo, T. K. A., Al kuraishy, H. M., Al Garbeeb, A. I., Alexiou, A., Papadakis, M. (2023). *Therapeutic potential of Lawsonia inermis* Linn : a comprehensive overview. *Naunyn-Schmiedeberg's Archives of Pharmacology* [en ligne], 397(12), [en ligne], consulté le 29 avril 2025, pp. 3525-3540. <https://doi.org/10.1007/s00210-023-02735-8>
- Bauer, A. W., Kirby, W. M. M., Sherris, J. C., & Turck, M. (1966). Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disk method. *American Journal of Clinical Pathology*, 45(4), 493-496.
- Begum, J., Mir, N. A., Lingaraju, M. C., Buyamayum, B., & Dev, K. (2020). Recent advances in the diagnosis of dermatophytosis. *Journal of Basic Microbiology*, 60(4), 293-303.
- Bello R. Y. (2020). Antifungal activity of Henna leaves (*Lawsonia inermis* L.) against *Trichophyton rubrum* and *Trichophyton interdigitale*. *International Journal of Research and Review* [en ligne], 7(11), [en ligne], consulté le 20 juin 2025, pp. 314-320.
- Berreghioua, A., Bennaceur, S., & Ziane, L. (2024). *Lawsonia inermis* from the Algerian Sahara: Quantitative analysis of lawsone in leaves with special attention to their drying conditions. *Current Analytical Chemistry*, 21(6), p : 683 – 690.
- Bidet P., Bonacorsi, S. (Date inconnue). *Escherichia coli / Shigelle* – Fiche ECN sur les infections infectieuses transmissibles et explorations microbiologiques. *Société Française de Microbiologie* [en ligne], [en ligne], consulté le 23 juin 2025.
- Borade A.S., Kale B.N., Shete R.V. (2011). A phytopharmacological review on *Lawsonia inermis* (Linn.). *International Journal of Pharmacy & Life Sciences*, 2 (1), pp. 536-541.
- Brahimi, P., & Lante, A. (2021). Polyphenols: A Comprehensive Review of their Nutritional Properties. *The Open Biotechnology Journal*, 15(1), 164-172.
- Bruce, S. O. (2022). Secondary metabolites from natural products. Dans: *IntechOpen. Secondary Metabolites*, pp. 1-20.
- Bush L. M.et Vazquez Pertejo M. T. Infections par *Escherichia coli* (*E. coli*) [en ligne]. ([en ligne], consulté le 24 juin 2025).
- Chaudhary G., Goyal S., Poonia P. (2010). *Lawsonia inermis* Linnaeus : A Phytopharmacological Review. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Drug Research* [en ligne], 2(2), [en ligne], consulté le 02 mai 2025, pp. 91-98.

- Chaumont J.P. et Millet-Clerc J. (2011). Phyto-aromathérapie appliquée à la dermatologie. Paris : Tec & Doc, Lavoisier. 98, 109, 117 p.
- Chen, B., Zhang, J., Li, J., Qian, Y., Huang, B., & Wu, X. (2024). Comparative transcriptome analysis of *T. rubrum*, *T. mentagrophytes*, and *M. gypseum* dermatophyte biofilms in response to photodynamic therapy. *Mycopathologia*, 189(1), 59.
- Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI). (2008). Reference method for broth dilution antifungal susceptibility testing of filamentous fungi (*CLSI document M38-A2*).
- Cornet, L., D'hooge, E., Magain, N., Stubbe, D., Packeu, A., Baurain, D., & Becker, P. (2021). The taxonomy of the *Trichophyton rubrum* complex: a phylogenomic approach. *Microbial Genomics*, 7(11).
- Cowan, M. M. (1999). Plant products as antimicrobial agents. *Clinical Microbiology Reviews*, 12(4), 564-582.
- Das, D., Mallick, B., Sinha, S., Ganguli, S., Samanta, D., Banerjee, R., & Roy, D. (2023). Unearthing the inhibitory potential of phytochemicals from *Lawsonia inermis* L. and some drugs against dengue virus protein NS1: an *in silico* approach. *Journal of Biomolecular Structure and Dynamics*, 43(7), 3449-3466.
- Dho, M., Lafont, J. P. (1984). Adhesive properties and iron uptake ability in *Escherichia coli* lethal and nonlethal for chicks. *Applied and Environmental Microbiology* [en ligne], 47(4), [en ligne], consulté le 24 juin 2025, pp. 639-642.
- Dinesh Babu P., Subhasree R.S. (2009). Antimicrobial Activities of *Lawsonia inermis* – A Review. *Academic Journal of Plant Sciences*, 2(4), pp. 231-232
- Do, Q. D., Angkawijaya, A. E., Tran-Nguyen, P. L., Huynh, L. H., Soetaredjo, F. E., Ismadji, S., & Ju, Y. H. (2014). Effect of extraction solvent on total phenol content, total flavonoid content, and antioxidant activity of *Limnophila 65ellulos*. *Journal of Food and Drug Analysis*, 22(3), 296-302.
- Dubljanin, E., Zunic, J., Vujcic, I., Colovic Calovski, I., Sipetic Grujicic, S., Mijatovic, S. & Dzamic, A. (2024). Host-pathogen interaction and resistance mechanisms in dermatophytes. *Pathogens*, 13(8), 657.
- Duraipandiyan, V., Ayyanar, M., & Ignacimuthu, S. (2006). Antimicrobial activity of some ethnomedicinal plants used by Paliyar tribe from Tamil Nadu, India. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 6, 35.
- Ekwealor C. C., Oyek C. A. (2015). *In vitro* anti dermatophyte activities of crude methanol and aqueous extracts of *Lawsonia inermis*. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Drug Research* [en ligne], 7(1), [en ligne], consulté le 29 mai 2025, pp. 59-62.

- Enneb H., Belkadhi A., Cheour F. et Ferchichi A. (2015). Comparaison des composés phénoliques et du pouvoir antioxydant de la plante de henné (*Lawsonia inermis* L.). *Journal of New Sciences, Agriculture and Biotechnology*, 20(2), p. 788-793.
- Fabiyi, O. A. (2024). Management of Meloidogyne incognita damaging lettuce: Potential of chromatographic fractions and extracts from *Lawsonia inermis*. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 34(3), 1-12.
- Fatahi Bafghi M., Salary S., Mirzaei F., Mahmoodian H., Meftahizade H., Zareshahi R. (2022). Antibacterial and anti-*Trichomonas* characteristics of local landraces of *Lawsonia inermis* L. *BMC Complementary Medicine and Therapies* [en ligne], 22, [en ligne], consulté le 18 mai 2025 article n°203.
- Gherardi G. (2023). *Staphylococcus aureus* infection : Pathogenesis and antimicrobial resistance. *International Journal of Molecular Sciences* [en ligne], 24(9), [en ligne], consulté le 14 juin 2025, article n°8182.
- Gnanamani A., Hariharan P., Paul-Satyaseela M. (2016). *Staphylococcus aureus*: Overview of Bacteriology, Clinical Diseases, Epidemiology, Antibiotic Resistance and Therapeutic Approach. *Staphylococcus aureus*. Rijeka : InTech, p. 3 28.
- Gull, I., Sohail, M., Aslam, M. S., & Athar, M. A. (2013). Phytochemical, toxicological and antimicrobial evaluation of *Lawsonia inermis* extracts against clinical isolates of pathogenic bacteria. *Annals of Clinical Microbiology and Antimicrobials*, 12, 36.
- Habbal O., Hasson S.S., El Hag A.H., Al Mahrooqi Z., Al Hashmi N., Al Bimani Z., Al Balushi, MS. Al Jabri A.A. (2011). Antibacterial Activity of *Lawsonia inermis* Linn (Henna) against *Pseudomonas aeruginosa*. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine* [en ligne], 1(3), [en ligne], consulté le 26 avril 2025, pp. 173-176.
- Harborne, J. B. (1998). *Phytochemical Methods: A Guide to Modern Techniques of Plant Analysis* (3rd ed.). Springer.
- Hassaballa L., Ahmed A. (2022). Taxonomic, Traditional and Medicinal Uses Study Belonged to the Plant Genus *Lawsonia inermis* L. [Henna]. *American Journal of Plant Sciences* [en ligne], 31(8), [en ligne], consulté le 21 mars 2025, pp. 1071-1080.
- Hussain T., Arshad M., Khan S. et Sattar H. (2011). *In vitro* screening of methanol plant extracts for their antibacterial activity. *Pakistan Journal of Botany*, 43(1), p. 531-538.
- Hussein Z. M., Abedali A. H.,Ahmead, A. S. (2019). Improvement properties of self healing concrete by using bacteria. IOP Conference Series : *Materials Science and Engineering* [en ligne], 584(1), [en ligne], consulté le 20 juin 2025, Article 012034.
- Imam, H., Mahbub, N. U., Khan, M. F., Hana, H. K. & Sarker, M. M. R. (2013). Alpha amylase enzyme inhibitory and anti-inflammatory effect of *Lawsonia inermis*. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 16(23), 1796-1800.

- Jazdarehee, A., Malekafzali, L., Lee, J., Lewis, R., & Mukovozov, I. (2022). Transmission of onychomycosis and dermatophytosis between household members: *A scoping review*. *Journal of Fungi*, 8(1), 60.
- Koca Ö. (2024). Microbiological Characteristics of *Bacillus subtilis* Species and their Relationship with Hospital Infections. Dans : Öner Ö., Yilmaz E.A. (éd.), *Bacterial, Viral and Fungal Coinfections*. Rijeka : InTechOpen, p. 1-17.
- Koenig H. (1995). *Guide de mycologie médicale*. Paris : Éditions Ellipses. 118 p.
- Lahmer, M., Grari, O., Beyyoudh, S., & Hami, A. (2024). Profil épidémiologique des dermatophytes au laboratoire de parasitologie-mycologie du CHU Mohammed VI d'Oujda. *La Tunisie Médicale*, 102(8) 447-451,.
- Lakhundi S., Zhang K. (2018). Methicillin Resistant *Staphylococcus aureus* : Molecular Characterization, *Evolution, and Epidemiology*. *Clinical Microbiology Reviews* [en ligne], 31(4), [en ligne], consulté le 23 juin 2025, pp. 1-40.
- Leela K. et Singh R. (2020). Phytochemical screening and antibacterial activity of three medicinal plants – *Lawsonia inermis*, *Mangifera indica* et *Piper betel*. *Bioscience Biotechnology Research Communications*, 13(2), p. 848-859. <https://doi.org/10.21786/bbrc/13.2/70>
- Liu S., Zhang Q., Li H., Qiu Z. et Yu Y. (2022). Comparative Assessment of the Antibacterial Efficacies and Mechanisms of Different Tea Extracts. *Foods*, 11(4), p. 620. <https://doi.org/10.3390/foods11040620>
- Mancianti, F., Nardoni, S., Corazza, M., D'Achille, P., & Ponticelli, C. (2003). Environmental detection of *Microsporum canis* arthrospores in the households of infected cats and dogs. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 5(6), 323-328.
- Maraki, S., & Tselentis, Y. (2000). Survey on the epidemiology of *Microsporum canis* infections in Crete, Greece over a 5-year period. *International Journal of Dermatology*, 39(1), 21-24.
- Merad, Y., Lansari, T., Belkacemi, M., Benlazar, F., Tabet-Derraz, N., Hebri, S. T., & Haiet, A.-H. (2020). *Tinea unguium*, *tinea cruris* and *tinea corporis* caused by *Trichophyton rubrum* in an HIV patient: a case report. *Journal of Clinical Cases and Reports*, 4(4), 89-92.
- Nabilah F., Supian A., Osman NI. (2023). Phytochemical and Pharmacological Activities of Natural Dye Plant, *Lawsonia inermis* L. (Henna). *Journal of Young Pharmacists* [en ligne], 15(2), [en ligne], consulté le 10 mars 2025, pp. 201-211.
- Nagegowda, D. A., & Gupta, P. (2020). Advances in biosynthesis, regulation, and metabolic engineering of plant specialized terpenoids. *Plant Science*, 294, 110457.
- Naresh S., Shuit S. H., Kunasundari B., Hoo P. Y., Ng, Q. H. Teoh Y. P. (2018). Immobilization of 67ellulose from *Bacillus subtilis* UniMAP KB01 on multi-walled carbon nanotubes for

- biofuel production. IOP Conference Series : *Materials Science and Engineering* [en ligne], 318(1), [en ligne], consulté le 17 juin 2025, Article 012008.
- Naseri, S., Golpich, M., Roshancheshm, T., Joobeni, M. G., Khodayari, M., Noori, S., Zahed, S. A., Razzaghi, S., Shirzad, M., Salavat, F. S. & Dakhilpour, S. S. (2021). The effect of henna and linseed herbal ointment blend on wound healing in rats with second-degree burns. *Burns*, 47(6), 1442-1450.
- Ninkuu, V., Zhang, L., Yan, J., Fu, Z., Yang, T., & Zeng, H. (2021). Biochemistry of terpenes and recent advances in plant protection. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(11), 5710.
- Parekh, J., & Chanda, S. (2007). *In vitro* antimicrobial activity and phytochemical analysis of some Indian medicinal plants. *Turkish Journal of Biology*, 31, 53-58.
- Pasquetti, M., Min, A. R. M., Scacchetti, S., Dogliero, A., & Peano, A. (2017). *Infection by Microsporum canis* in paediatric patients: a veterinary perspective. *Veterinary Sciences*, 4(3), 46-51.
- Piorunek, M., Kubisiak-Rzepczyk, H., Dańczak-Pazdrowska, A., Trafas, T., & Walkowiak, J. (2024). Superficial zoonotic mycoses in humans associated with cats. *Journal of Fungi*, 10(4), 244.
- Rahmoun, N.M., Boucherit-Otmani, Z., Boucherit, K., Benabdallah, M. & Choukchou-Braham, N. (2013). Antifungal activity of the Algerian *Lawsonia inermis* (henna). *Pharmaceutical Biology*, 51(1), 131-135.
- Rao N.B., SitaKumari O. et Rajesh Goud G. (2016). Phytochemical Analysis and Antimicrobial Activity of *Lawsonia inermis* (Henna). *Journal of Plant Science & Research* [en ligne], 3(2). (page consultée le juil 2025).
- Reis, A. P. C., Celestrino, G. A., Igoa, M. V. B., Jesus, T. M., França, T. T., Moreira, D. V. S., Rigato, P. O., Sato, P. K., Condino-Neto, A., Noronha, I. L., Dias-Melicio, L. A., Lalwani, P. J., Benard, G., & Sousa, M. G. T. (2022). The Dermatophyte *Trichophyton rubrum* induces neutrophil extracellular traps release by human neutrophils. *Journal of Fungi*, 8(2), 147.
- Rejab A, Ksibi H (2019) Phenolic and Flavonoid Contents of Some Plant Extracts from Tunisia Southern Landscape by Using Different Extraction Techniques: The Case of *Retama reatam*. *Med Aromat Plants (Los Angeles)* 8 :337. Doi : 10.35248/2167-0412.19.8.337
- Saadaoui B., Bekir J., Akrou, J., Ammar S., Mahjoub, A., Mars, M. (2006). Étude de la composition et du pouvoir antioxydant des composés phénoliques de quelques espèces végétales de l'aride tunisien. *Revue des Régions Arides – Numéro spécial – Actes du séminaire international « Les Plantes à Parfum, Aromatiques et Médicinales » (SIPAM)*, pp. 87-92.
- Sacheli, R., Cuypers, L., Seidel, L., Darfouf, R., Adjetey, C., Lagrou, K. & Hayette, M.-P. (2021). Epidemiology of Dermatophytes in Belgium: A 5 Years' Survey. *Mycopathologia*, 186(3), 399-409.

- Saini, S., Ali, N., Pati, P. K., & Pati, A. M. (2024). Physiological and molecular insight of microbial biostimulants for sustainable agriculture. *Frontiers in Plant Science*, 14(1), 1-14.
- Salma R., Vijay V., Sivakumar M., Vijayakumar A.R., Deepa N., (2024). A Review on Phytochemical, Pharmacological, and Toxicological Properties of *Lawsonia inermis* L. *Journal of Pharma Insights and Research* [en ligne], 2 (3), [en ligne], consulté le 22 juin 2025, pp. 155-166.<https://doi.org/10.5281/zenodo.11653152>
- Sarode C. A., Bramhankar S. B., Kakad, S. A., Labhasetwar A. A., Bhure S. S., Isokar S. S., Dinkwar G. T., Bambal S. V., Tathod, D. G. (2018). Biochemical and physiological characterizations of *Bacillus subtilis*. *International Journal of Chemical Studies* [en ligne], 7(1), [en ligne], consulté le 15 juin 2025, pp. 1957-1960.
- Seemaisamy R., Nasser E., Khssaf W.H., Altemimi B.A., SutiknoS., Kartika T., Guswenrivo I., Awlqadr F. H., Abedelmaksoud T. G. (2025). *Lawsonia inermis* extract: Antibacterial, anticancer and antioxidant properties. *Natural Product Research* [en ligne], 8(1), [en ligne], consulté le 20 mai 2025, pp. 73-80.
- Sen S., Sarma Borthakur M., Chetia D. (2023). *Lawsonia inermis* Linn: A breakthrough in cosmeceuticals. *Sciences of Phytochemistry* [en ligne], 2(1), [en ligne], consulté le 10 mars 2025, pp. 128-158.
- Sen, S., Borthakur, M. S., & Chetia, D. (2023). *Lawsonia inermis* Linn: A breakthrough in cosmeceuticals. *Sciences of Phytochemistry*, 2(1), 99-120.
- Sharma A., Rathore M., Sharma N., Kumari J. et Sharma K. (2008). Phytochemical Evaluation of *Eucalyptus citriodora* Hook. Et *Lawsonia inermis* Linn. *Biosciences Biotechnology Research Asia* [en ligne], 6(2). (Page consultée juin 2025).
- Sharma, V. K. (1990). Tuberculostatic activity of henna (*Lawsonia inermis* Linn.). *Tubercle*, 71(4), 293-295.
- Singh, A., & Singh, D. K. (2001). Molluscicidal activity of *Lawsonia inermis* and its binary and tertiary combinations with other plant derived molluscicides. *Indian Journal of Experimental Biology*, 39(3), 263-268.
- Singleton V. L., Orthofer R. et Lamuela-Raventos R. M. (1999). Analysis of Total Phenols and Other Oxidation Substrates and Antioxidants by Means of Folin-Ciocalteu Reagent. *Methods in Enzymology*, 299, p. 152-178. [http://dx.doi.org/10.1016/S0076-6879\(99\)99017-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99017-1)
- Sofowora, A. (1993). *Medicinal Plants and Traditional Medicine in Africa*. Spectrum Books Limited.
- Sultana, B., Anwar, F., & Ashraf, M. (2009). Effect of extraction solvent/technique on the antioxidant activity of selected medicinal plant extracts. *Molecules*, 14(6), 2167-2180.
- Supian, F. N. A., & Osman, N. I. (2023). Phytochemical and pharmacological activities of natural dye plant, *Lawsonia inermis* L. (Henna). *Journal of Young Pharmacists*, 15(2), 201-211.

- Teoh, E. S. (2016). *Some secondary metabolites in plants*. Dans : Arditti, J. *Medicinal Orchids of Asia*. Cham : Springer, pp. 83-110.
- ThairuY., Nasir I. A., UsmanY. (2014). Laboratory perspective of Gram staining and its significance in investigations of infectious diseases. *Sub Saharan African Journal of Medicine* [en ligne], 1(4), [en ligne], consulté le 20 juin 2025, pp. 168-174.
- Trease, G. E., & Evans, W. C. (2002). *Pharmacognosy* (15th ed.). Saunders.
- Yadav S., Kumar A., Dora, J., Kumar, A. (2013). Essential Perspectives of *Lawsonia inermis*. *International Journal of Pharmaceutical and Chemical Sciences* [en ligne], 2(2), [en ligne], consulté le 10 mars 2025, pp. 888-896.[https ://ijpcsonline.com/files/55-508.pdf](https://ijpcsonline.com/files/55-508.pdf)
- Zannat, K. E., Tanzim, S. M., Afrin, A., Akter, N., Mostaqim, M. S., Joynal, J. B. & Ferdausee, M. (2023). Antibacterial *Effects of Methanolic Leaf Extracts of Henna (Lawsonia inermis)* Against Two Most Common Pathogenic Organisms: Gram-Positive *Staphylococcus aureus* and Gram-Negative *Escherichia coli*. *Mymensingh Medical Journal*, 32(4), 1009-1014.
- Zouhri, A., Bousfiha, A. & Aarab, L. (2017). Évaluation des propriétés antioxydantes, anti-inflammatoires et photoprotectrices des lipides de *Lawsonia inermis*. *Phytothérapie*, 15(2), 67-71.

Annexes

Annexe 1

Tableau 12. Matériels et produit utilisés

Matériel	Produits
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Bain-marie ✓ Vortex ✓ Autoclave ✓ Bec bunse ✓ L'étuve d'incubation ✓ Micropipette de 1000 µl ✓ Micropipette de 200 µl ✓ Micropipette de 10 µl ✓ Balance ✓ Agitateur magnétique ✓ Barreau magnétique ✓ Pincés ✓ Spectrophotomètre ✓ Frigo (2-8°C) ✓ Parafilm ✓ Papier film ✓ Papier Aluminium ✓ Spatule ✓ Hotte ✓ Mortier et pilon ✓ Bécher ✓ Boîtes de pétri de 90 mm ✓ Embouts bleu stériles ✓ Embouts jaune stériles ✓ Embouts blanc stériles ✓ Tubes secs en verre stériles ✓ Tubes à essai stériles ✓ Flacons ✓ Papier Wattman n° 4 ✓ Papier Wattman n°1 ✓ Ecouvillons ✓ Cuves ✓ Gants ✓ Masques ✓ Anse de platine 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ L'éthanol 80% ✓ L'eau distillée ✓ L'eau distillée stérile ✓ Mc Farland 0,5 ✓ Bouillon nutritif ✓ Milieu de culture Sabouraud ✓ Milieu de culture Mueller-Hinton ✓ Réactif de Wagner ✓ Réactif de Mayer ✓ Réactif de hager ✓ Acide chlorhydrique concentré (HCl) ✓ petit morceau de magnésium métallique ✓ NaOH 10% ✓ réactif de FeCl3 (1%) ✓ Folin-Ciocalteu (1 :10 dilution) ✓ Na₂CO₃ (carbonate de sodium)

Annexe 2

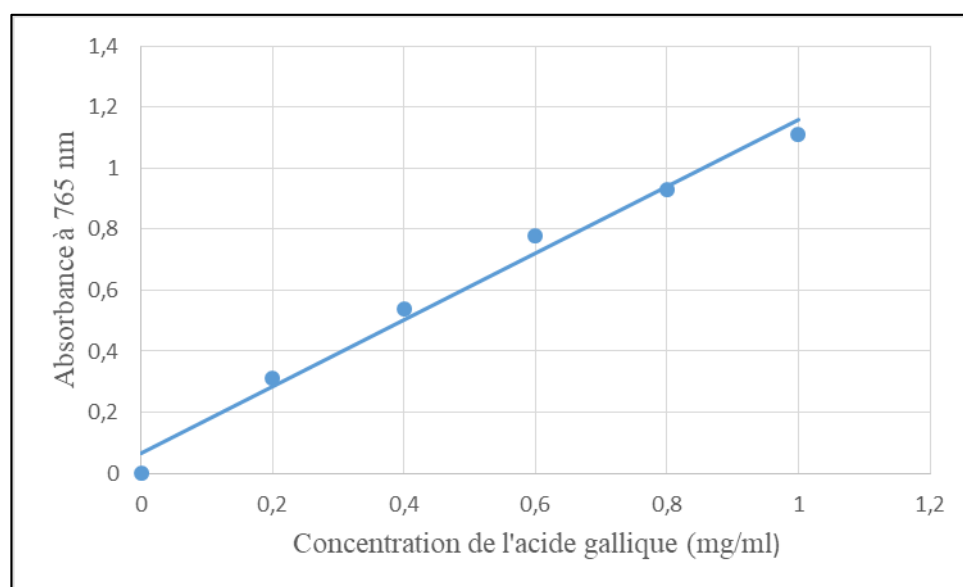
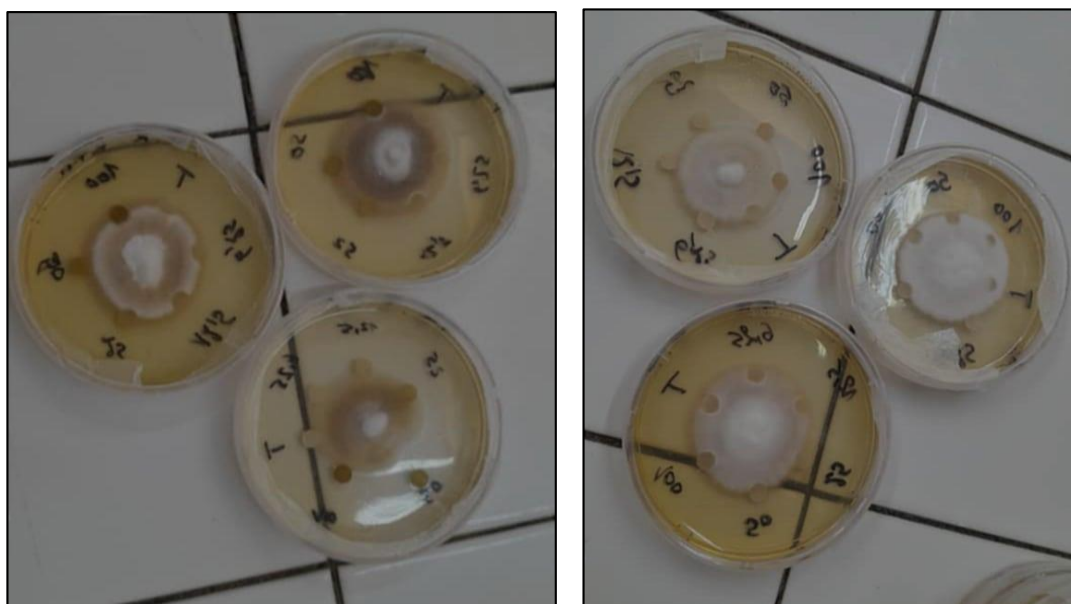


Figure 20. Courbe d'étalonnage d'acide gallique.

Annexe 3

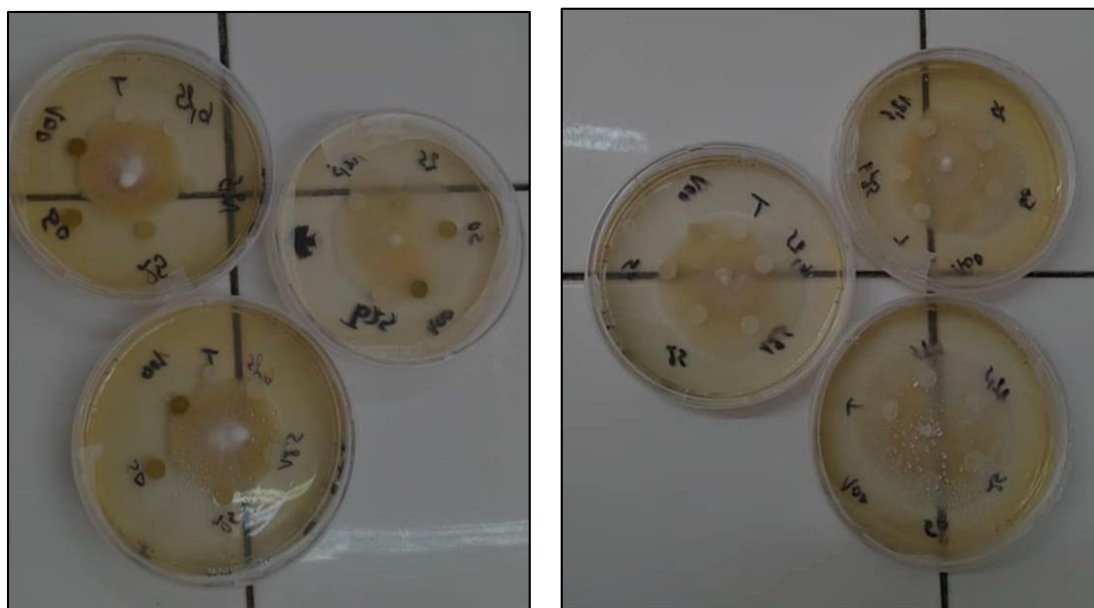


(A)

(B)

Photo21. Résultats des tests de l'activité antifongique de *Lawsonia inermis* L. contre *Triciphyton rubrum*,
(A) :extrait éthanolique ; (B) : extrait aqueux.

Annexe 4



(A)

(B)

Photo 22. Résultats des tests de l'activité antifongique de *Lawsonia inermis* L. contre *Microsporum canis* ,
(A) :extrait éthanolique ; (B) : extrait aqueux.

Annexe 5

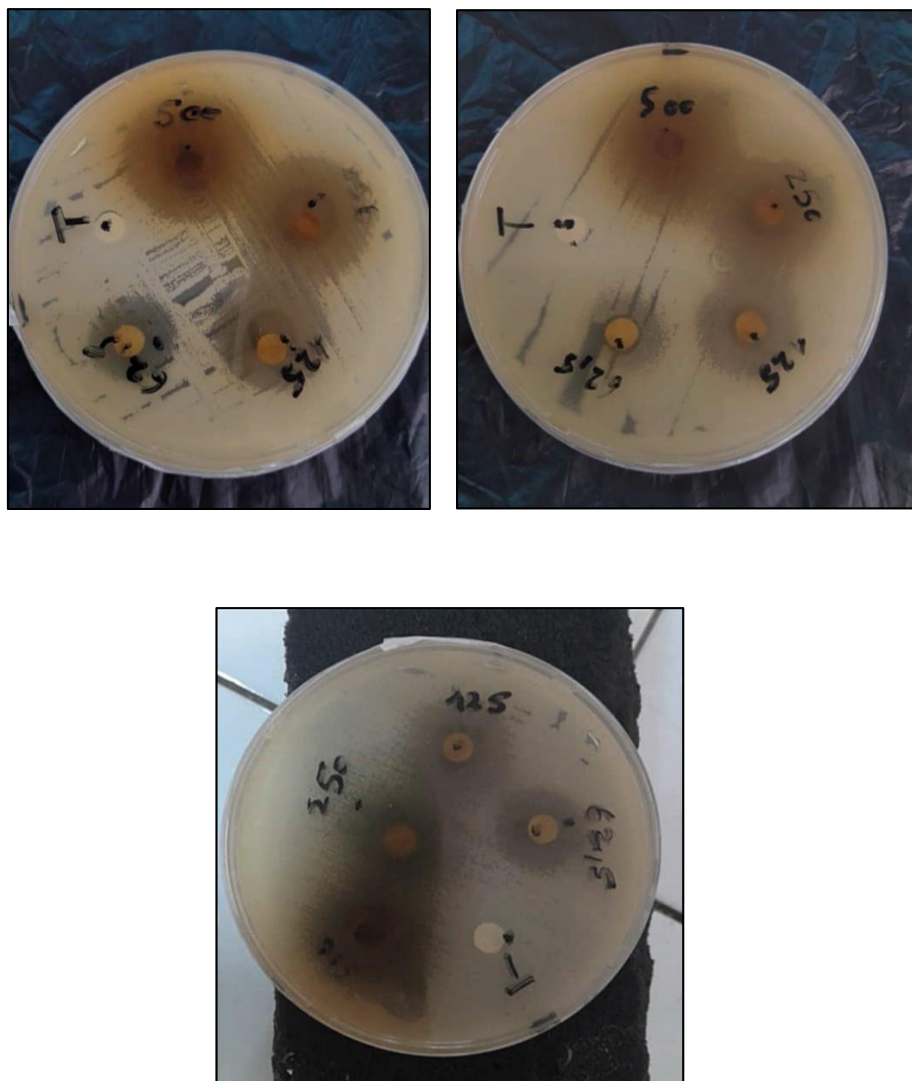


Photo 23. Résultats de test de l'activité antibactérienne de l'extrait éthanolique de *Lawsonia inermis* L. contre *Bacillus spizizenii*.

Annexe 6



Photo 24. Résultats de test de l'activité antibactérienne de l'extrait éthanolique de *Lawsonia inermis* L. contre *Staphylococcus aureus*.

Annexe 7

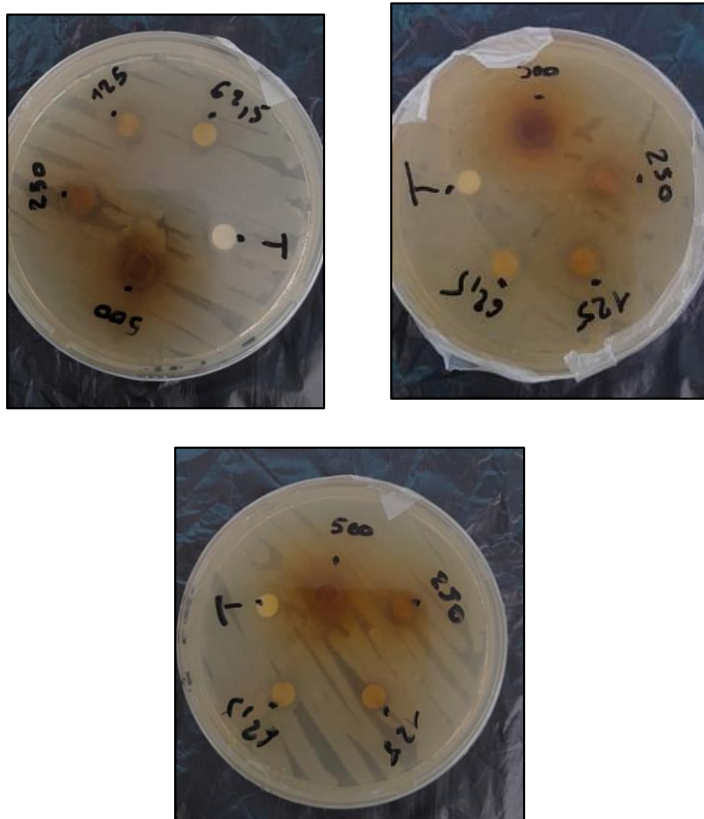


Photo 25. Résultats de test de l'activité antibactérienne de l'extrait éthanolique de *Lawsonia inermis* L. contre *Staphylococcus aureus*.

Année universitaire : 2024-2025

Présenté par : Manceri Zahia

Khene Maria

Evaluation de l'activité antimicrobienne de *Lawsonia inermis* L.

Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master en Microbiologie appliquée

Résumé

Le présent travail s'inscrit dans le cadre de la valorisation des plantes médicinales à travers l'étude de *Lawsonia inermis* L. (henné), reconnue pour ses propriétés antimicrobiennes traditionnelles. L'objectif principal de cette recherche est d'évaluer l'activité antimicrobienne de deux types d'extraits (aqueux et éthanolique à 80 %) issus des feuilles de cette plante, tout en identifiant les principaux métabolites secondaires par criblage phytochimique. Les extraits ont été obtenus par macération, puis soumis à des tests qualitatifs pour détecter la présence de composés bioactifs tels que les tanins, les saponines, les flavonoïdes et les phénols totaux. L'évaluation de l'activité antifongique a été réalisée contre deux souches pathogènes (*Trichophyton rubrum* et *Microsporum canis*) par la méthode de diffusion sur disque, tandis que l'activité antibactérienne a été testée sur *Bacillus spizizenii*, *Staphylococcus aureus* et *Escherichia coli* selon les normes de Kirby-Bauer. Les résultats ont révélé un rendement d'extraction supérieur pour l'extrait éthanolique (22,34 %) par rapport à l'extrait aqueux (13,38 %), ainsi qu'une richesse en métabolites secondaires, notamment en tanins et en phénols. Aucune activité antifongique n'a été détectée, mais une activité antibactérienne significative a été observée pour l'extrait éthanolique, en particulier contre *Bacillus spizizenii* (26,33 mm à 500 mg/mL). Ces résultats mettent en évidence le potentiel antibactérien de *Lawsonia inermis* L., notamment contre les bactéries Gram positives, et suggèrent la nécessité d'explorer d'autres solvants et conditions expérimentales pour révéler son potentiel antifongique.

Mots-clefs : *Lawsonia inermis* L., henné, activité antibactérienne, activité antifongique, métabolites Secondaires, extraits végétaux, tanins, saponines, plantes médicinales.

Laboratoires de recherche : laboratoire de biochimie RDC (U Frères Mentouri Constantine 1).

laboratoire de zoologie	(U Frère Mentouri Constantine 1).
-------------------------	-----------------------------------

Président du jury :	Dr ABDELAZIZ Ouided	(MCA - U Frères Mentouri Constantine 1).
----------------------------	---------------------	--

Encadrant :	Dr BOULAHROUF Khaled	(MCA – U Frères Mentouri Constantine 1).
--------------------	----------------------	--

Examineur :	Dr CHABBI Rabah	(MAA – U Frères Mentouri Constantine 1).
--------------------	-----------------	--