



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

والحياة الطبيعية علوم كلية

Département de la Biochimie et Biologie

قسم الكيمياء الحيوية-البيولوجيا

Moléculaire et Cellulaire

الخلوية و الجزيئية

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

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Biochimie

N° d'ordre :

N° de série :

Intitulé :

**Etude Comparative de l'activité antimicrobienne et l'effet
anti- inflammatoire de *Lawson inermis***

Présenté par : **ZAABAT Inas Elghalia**

Le 10/06/2024

Jury d'évaluation :

Encadreur : Mme. BENNAMOUN L. (MCB - Université Frères Mentouri Constantine 1).

Président : Mme DAKHMOUCHE S. (MCA-EN Constantine Assia Djebbar Université 3).

Examineur : Mme KASSA LAOUAR M. (MCB - Université Frères Mentouri Constantine 1).

Année universitaire

2023 – 2024

Remerciement

*Avant toute chose je remercie **Allah** le tout puissant de m'avoir donné la force à réaliser cet humble travail.*

*Mes sincère remerciements s'adressent à mon encadrante, Mme **BENAMOUN LEILA**, Maître de Conférences B à la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université Constantine 1, pour son encadrement, son soutien et ses recommandations utiles dans la Poursuite de mon travail.*

*Nous remercions très sincèrement à Mme **DAKHMUCHE S.** Maître de conférences A à l'ENS Constantine Assia Djebbar université 3 d'avoir acceptée d'examiner notre travail, ainsi que Mme **KASSA LAOUAR M.** Maître de Conférences B à la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université Constantine 1.*

Dédicace

*Enfin et surtout, je veux me remercier, je veux me remercier d'avoir cru en moi, je veux me remercier d'avoir fait tout ce travail acharné, je veux me remercier de ne pas avoir de jours de congé, je veux me remercier de ne jamais avoir arrêté, Je veux me remercier d'être toujours un donateur et d'essayer de donner plus que ce que je reçois, je veux me remercier d'essayer de faire plus de bien que de mal, **je veux me remercier d'être juste moi à tout moment.***

*Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai Toujours eu pour vous **ma mère** Vous m'avez donné la meilleure éducation, vous m'avez toujours encouragé et motivé dans mes Etudes. Ce travail est le fruit de votre sacrifices.*

*A celui qui a changé la nuit en jour pour M'assurer les bonnes conditions **A mon cher père.***

*A la perdue de Mon cœur, à MA deuxième Mère, a celle qui Attendait Mon diplôme plus de mille vies : **mes grand-mères.***

*A celui qui a partagé avec moi le doux et l'amer de vie sous un même toit : **Soltane Khouloud Chahed et et le petit Nouh***

*A **ma tante Amina** au gout de sœur, à la source des conseils, et à son mari et à leur enfants **Yasmine Anes et line.***

*A **ma tante Ghania** qui est mon exemple de diligence et de persévérance*

*A **mon fiancé***

Merci à tous d'être dans ma vie

Table des matières

Introduction.....	1
CHAPITRE I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE.....	3
PARTIE 01 GENERALITES SUR <i>LAWSONIA INERMIS</i>	
I-1- Historique	4
I-2 Présentation de la plante	4
I-3 Classification botanique	5
I-4 Description morphologique.....	6
I-5 Origine et répartition géographique	7
I-6 Utilisation de <i>Lawsonia inermis</i>	8
I- 7 Composition chimique de <i>Lawsonia inermis</i>.....	9
PARTIE 02 LESMETABOLISMES SECONDAIRES	
II-1 Généralité	12
II-2 Métabolites secondaires	12
II-3 Classification des métabolites secondaires	13
II-3-1 Polyphénols	13
II-3-2 Les flavonoïdes	13
II-3-3 Les Tannins.....	16
II-3-4 Les Coumarines.....	19
II-3-5 Les composés phénoliques	21
II-3-6 Les Composés azotés ou alcaloïdes	22
II-3-7 Les terpènes	24
PARTIE 03 LES ACTIVITES BIOLOGIQUES	
II-4 Activités biologiques.....	27
II-4-1 L'effet cicatrisant:.....	28
II-4-2 L'effet anti-inflammatoire de <i>Lawsonia inermis</i>	28
II-4-3 L'effet antifongique.....	29
II-4-4 L'effet immunomodulateur	30
II-4-5 L'effet anti-diarrhéique	30
II-4-6 L'effet abortif	30
II-4-7 L'effet métabolique	31
II-4-8 L'activité anticancéreuse	31
II-4-9 L'activité antibactérienne.....	32

II-4-10 L'activité antioxydante	33
II-4-10-a Les antioxydants endogènes	34
II-4-10-b Les antioxydants exogènes	35
II-4-11 Stress oxydatif	35
II-4-11-1 Les radicaux libres	35
II-4-11-2 Le rôle physiologique des radicaux libres	36
II-4-11-3 Origine des radicaux libres	36
II-4-11-3 Les Effets des espèces réactives sur l'organisme:	37
CHAPITRE II	
MATERIELS ET METHODES	39
III-1 Méthodologies utilisées	40
III-1-1 Collecte des données	40
III-1-2 Analyse comparative	40
III-1-3 Interprétation des résultats	40
III-2 L'Iraq	41
III-2-1 L'activité Antimicrobienne	41
III-2-1-a Matériel	41
III-2-1-b Méthodes	42
III-2-2 L'activité anti-inflammatoire	43
III-2-2-a Matériel	43
III-2-2-b Méthodes	43
III-3 PALESTINE	45
III-3-1 L'activité Antimicrobienne	45
III-3-1-a Matière végétale	45
III-3-1- b Méthodes	45
III-3-1-c Résultats	46
III-4 Le Gabon	46
III-4-1 Matière végétale	46
III-4-3 L'activité anti-inflammatoire	47
III-4-3-a Méthodes	47
III-4-3- c Résultats	47
III-5 L'Inde	48
III-5-1 L'activité anti-inflammatoire	48
III-5-1-a Matériaux	48

III-5-1-b Méthodes	48
III-5-1-c Résultats	48
III-5-2 L'activite antimicrobienne.....	49
III-5-2-a Matériel végétal	49
III-5-2-c Résultats	50
III-6 L'Algérie	52
III-6-1-a Matériel végétal	52
III-6-2 L'activité Anti-inflammatoire	53
III-6-2-b Méthodes	53
III-6-2-c Résultats	53
III-6-2-c4 Observations particulières.....	54
III-6-3 L'activité antimicrobienne.....	54
III-6-3-a Méthodes	54
III-6-3-c Résultats	55
III-6-3-d Observations supplémentaires	55
CHAPITRE III	
RESULTATS ET DISCUTIOMN	56
IV-1 Comparaison des résultats de l'étude de <i>Lawsonia inermis</i> des cinq pays Iraq, Plastine, Inde, Algérie et Gabon	57
IV-1-1 Activité antimicrobienne	57
IV-1-2 L'activité anibactérienne.....	57
IV-1-3 L'activité antifongique	57
IV-1-3-1 Synergie avec l'antifongique.....	58
IV-1-3-2 L'efficacité contre les bactéries multi-résistantes.....	58
IV-1-4 Activité anti-inflammatoire.....	58
IV-1-4-a L'Iraq	58
IV-1-4-b Le GABON.....	59
IV-1-4-c L'INDE	59
♦ Résultats	59
IV-1-4-d L'Algérie	59
IV-1-5 Analyse Comparative	59
IV-1-6 Disscusion	60
1. Conditions de Croissance	60
2. Pratiques Agricoles	60

3. Méthodes d'Extraction	61
Conclusion	63
REFERENCES	65
Résumés	79

Liste des figures

- **Figure 01** : les différentes parties de *L. Inermis*.
- **Figure 02** : Description botanique de *Lawsonia inermis L.*
- **Figure 03** : Localisation de *Lawsonia inermis L.* dans le monde
- **Figure 04** : Les jeunes feuilles de *L. Inermis*,
- **Figure 05** : Les tiges de *L.inermis*
- **Figure 06** : Les fruits de *Lawsonia inermis*
- **Figure 07** : Schéma de la transformation de la fleur fécondée en fruits
- **Figure 08** : Les inflorescences de *L. Inermis*
- **Figure 09** : Structure de base des flavonoïdes
- **Figure 10** : Structure de tannins hydrolysables
- **Figure 11** : d'un tannin condensés.
- **Figure 12** : structures d'une molécule de coumarine.
- **Figure 13** : principaux types de coumarines.
- **Figure 14** : Quelques structures des alcaloïdes.
- **Figure 15** : structures chimiques des alcaloïdes isolés des graines de *Lawsonia inermis*
- **Figure 16** : structure de base de l'unité isoprène
- **Figure 17** : Origine des différents radicaux libres oxygénés et espèces réactives de L'oxygène impliqué en biologie.
- **Figure 18** : Effets des espèces réactives sur l'organisme.

Liste des tableaux

- **Tableau 01** : Classification botanique de *Lawsonia inermis* L.
- **Tableau 02** : Principales classes des flavonoïdes.
- **Tableau 03** : Criblage phytochimique des extraits de *Lawsonia inermis* Linn.
- **Tableau 04** : Activité antimicrobienne de l'extrait de feuilles de *Lawsonia inermis* contre les bactéries testées.
- **Tableau 05** : Quelques méthodes d'évaluation de l'activité antioxydant *in vitro*.

INTRODUCTION

Introduction

Lawsonia inermis, communément appelée henné, est une plante reconnue pour ses applications cosmétiques et ses propriétés médicinales. Historiquement utilisée pour la coloration des cheveux et de la peau, cette plante possède également un riche héritage dans le traitement traditionnel. Elle est utilisée depuis plus de 9 000 ans pour ses valeurs cosmétiques comme colorant.

Le henné est un arbuste vivace originaire d'Afrique du Nord et d'Asie. Et l'Australie. Il est naturalisé et cultivé sous les tropiques d'Amérique, d'Égypte, d'Inde et de certaines parties du Moyen-Orient. Il est largement distribué dans le Nord et le Sud du Nigeria. Le henné est principalement cultivé dans les jardins familiaux et la production commerciale est limitée à quelques endroits en Inde, au Pakistan, en Iran, en Égypte, en Libye, au Niger, au Nigeria et au Soudan. Également connu sous le nom d'el-henna, prêtre égyptien et arbre mignonette, le nom scientifique de la plante de henné est *Lawsonia inermis*, appartenant à la famille des Lythraceae, également connues sous le nom de famille de la salicaire et l'espèce est parfois classée comme *Lawsonia alba* Lam ou *Lawsonia rubra* L. C'est un arbuste qui pousse en Afrique du Nord et au Moyen-Orient. La plante atteint une hauteur allant jusqu'à 6 mètres et produit des fleurs parfumées, blanches ou rose-rouges. (Nasir W. et al.,2014)

Bien que le henné soit surtout connu pour ses applications cosmétiques, l'analyse phytochimique de *Lawsonia inermis* a révélé la présence d'hydrates de carbone, de composés phénoliques, de flavanoïdes, de saponines, de protéines, d'alcaloïdes, de terpénoïdes, de quinones, de coumarines, de xanthones, de graisses, de résine et de tanins. Il contient également de la 2-hydroxy-1,4-naphtoquinone (*lawsone*). De nombreux alcaloïdes, dérivés de la naphtoquinone, composés phénoliques et flavonoïdes ont été isolés de différentes parties de *Lawsonia inermis*. Les études pharmacologiques ont montré que *Lawsonia inermis* présente des propriétés antibactériennes, antifongiques, antiparasitaires, molluscicides, antioxydantes, hépatoprotectrices, neuroprotectrices, analgésiques, anti-inflammatoires, antipyrétiques, cicatrisantes des plaies. Cette plante présente également des propriétés anti-brûlures, immunomodulatrices, antiurolithiatiques, antidiabétiques,

hypolipidémiques, antiulcéreuses, antidiarrhéiques, diurétiques, anticancéreuses et de nombreux autres effets pharmacologiques. L'examen actuel mettra en évidence les constituants chimiques et les effets pharmacologiques de *Lawsonia inermis*. (**ALi E. et al., 2019**)

Cette recherche comparative vise à regrouper les résultats d'études provenant de divers pays tels que l'Irak, la Palestine, le Gabon et l'Inde, dans le but de déterminer l'efficacité de la plante de *Lawsonia Inermis* en matière d'activité anti-inflammatoire et antimicrobienne. En analysant les conclusions de ces études, il sera possible de repérer les pays dont les résultats ont été les plus positifs et de déterminer si des disparités significatives existent entre ces pays. Grâce à cette analyse, il sera également possible d'évaluer l'efficacité potentielle de la plante dans le traitement de l'inflammation et des infections, ce qui pourrait ouvrir de nouvelles perspectives de recherche et de progrès médical.

CHAPITRE I :
ETUDE
BIBLIOGRAPHIQUE

GENERALITES SUR LAWSONIA INERMIS

I-1- Historique

Lawsonia inermis (henné) est un arbuste tropical et subtropical, qui pousse en Afrique du nord, au Moyen-Orient et dans le sous-continent indien. La poudre de feuilles broyées séchées est appelée henné.

Lorsqu'il est appliqué sous forme de pâte sur les cheveux ou la peau, il donne une coloration brun rougeâtre qui dure jusqu'à douze semaines. Il était utilisé comme colorant capillaire dès l'Antiquité ; par exemple, les cheveux des momies égyptiennes étaient teints au henné.

Outre son utilisation dans les cosmétiques, le henné était également utilisé dans la médecine médiévale persane, arabe, turque et juive pour traiter les maux de tête, les maladies de la peau et des dents, ainsi que les morsures d'animaux. Dans les pays arabes, il est encore utilisé en médecine populaire pour traiter différentes affections cutanées. La recherche pharmacologique moderne sur le henné et ses constituants a confirmé ses effets anti-inflammatoires, antipyrétiques et analgésiques et a découvert son effet anti-cancérogène (Wasim R. et al., 2013).

I-2 Présentation de la plante

Les plantes médicinales font partie intégrante de la société humaine pour combattre les maladies, depuis l'aube de la civilisation. Elles ont généré une pléthore de connaissances, d'informations et de bienfaits. Les médicaments dans notre ancienne littérature ayurvédique (Traditionnel Médecine indienne), Siddha, sont des exemples de l'utilisation des herbes à des fins thérapeutiques.

Selon l'Organisation mondiale de la Santé, en 2003 environ 80 % de la population des pays en développement n'étant pas en mesure de se permettre des médicaments pharmaceutiques repose sur les médecines traditionnelles, principalement à base de plantes, pour soutenir leurs soins de santé primaires. Les médicaments à base de plantes sont en grande demande aussi bien dans les pays développés que dans les pays en développement.

GENERALITES SUR LAWSONIA INERMIS

Les plantes médicinales sont très demandées en raison de leurs larges activités biologiques et médicinales, de leurs marges de sécurité plus élevées et coûts moindres. La présente tentative consiste à examiner et à compiler les informations mises à jour sur divers aspects de *L. Inermis Linn* une plante utilisée partout dans le monde.

L'écorce de cette plante est brun grisâtre et sans épines lorsqu'elle est jeune, mais les branches des arbres plus âgés développent une épine inclinée. Inflorescence prend la forme d'une grande cyme pyramide. Les fleurs sont petites, mesurant environ 1 cm de diamètre et Nombreuses fra (Gagandeep C.et al.,2010)



Figure 01 les differentes parties de *L. Inermis* (KURT,S , d)

I-3 Classification botanique

Le henné appartient à la famille des Lythracées, ordre des myrtales. En botanique *Lawsonia inermis L.* Est classée comme suit voir tableau 01 : **Tableau 01** Classification botanique de *Lawsonia inermis L.*(Yadav S.et al., 2013)

Kingdom	Plantae
Division	Angiosperms
Range	Eukaryotes
Class	Dicotyledonae
Sub-classe	Archichlamydeae
Order	Myrtales
Family	Lythraceae
Genus	<i>Lawsonia</i>
<i>Species</i>	<i>Lawsonia inermis L.</i>

GENERALITES SUR LAWSONIA INERMIS

I-4 Description morphologique

Lawsonia inermis L. (le henné) est un arbuste ou petit arbre fortement ramifié, glabre, atteignant 6 m de haut, à écorce marron-grise. Ses feuilles opposées décussées, simples et entières, sont presque sessiles à stipules minuscules ; limbe elliptique à oblong ou largement lancéolé ; inflorescence : panicule terminale de grande taille, pyramidale, atteignant 25 cm de long, à nombreuses fleurs bisexuées régulières et odorantes. Son fruit est une capsule Globuleuse de 4-8 mm de diamètre, violet-vert, indéhiscente ou s'ouvrant irrégulièrement, contenant de nombreuses graines longues de 2-3 mm, à tégument épais(Chauhan.et al., 2007 ; Jallad et al., 2008) (figure 02).



Arbuste de *Lawsonia inermis* L.

Feuilles



Fleurs.

Fruit

GENERALITES SUR LAWSONIA INERMIS



Poudre des feuilles séchées

Figure 02 Description botanique de *Lawsonia inermis* L. (Kadiatou malle ,2011)

I-5 Origine et répartition géographique

En effet, *Lawsonia inermis* L. (henné) originaire des régions savane, tropicale et arides de l'inde et de l'afrique de l'est ; il s'est naturalisé principalement dans les régions tropicales et subtropicales d'asie, d'afrique et d'australie, ou il produit les meilleures qualités tinctoriales lorsqu'il est cultivé dans les températures comprises entre 35°C et 45°C. (Akoègninou .et al., 2006 ; Musa et al.,2012 ; Philippe et al., 2013). La poudre de ses feuilles, également appelé henné, a été largement diffusée en Europe depuis 1890 (El Babili.et al., 2013), et elle fait actuellement l'objet d'un commerce intense entre l'afrique du nord, l'inde et l'europe (Botineau ,2010) (figure 03).

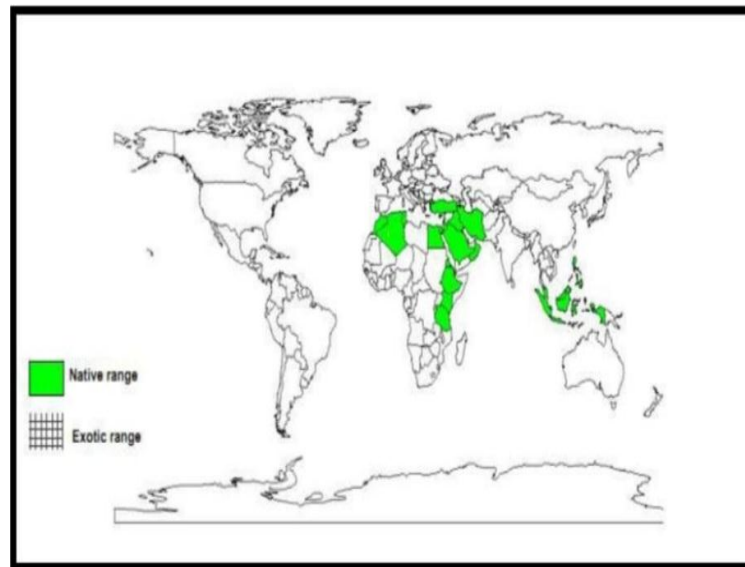


Figure 03 Localisation de *Lawsonia inermis* L. dans le monde (Orwa C.et al., 2009)

GENERALITES SUR LAWSONIA INERMIS

I-6 Utilisation de Lawsonia inermis

Les feuilles de *Lawsonia inermis* fournissent un colorant cosmétique important.

Les feuilles de henné ont été largement utilisées pendant des siècles comme colorant pour les ongles, les mains, les cheveux. Le henné était également utilisé dans le traitement des problèmes de peau, des maux de tête, de la Jaunisse, de l'amibiase et de l'élargissement de la rate. Les différentes parties de plante utilisées en médecine comprennent la plante entière, les racines, les fruits, la tige, les feuilles, l'écorce, les inflorescences, le rhizome, les bulbes, le latex, les graines, les fleurs et l'huile, chacune étant employée pour différents maux (Ali esmail A.et al., 2019).

Le henné a été utilisé cosmétiquement et médicalement pour plus de 9 000 ans. Traditionnellement, en Inde, le mehndi s'applique sur les mains et les pieds. Le henné symbolise la fertilité. Son utilisation est devenue populaire en Inde en raison de son effet rafraîchissant pendant les chauds étés indiens. Les feuilles de henné, les fleurs, les graines, l'écorce de tige et les racines sont utilisés en médecine traditionnelle pour traiter une variété de maladies tels que la polyarthrite rhumatoïde, les maux de tête, les ulcères, la diarrhée, la lèpre, la fièvre, la leucorrhée, le diabète, les maladies cardiaques, comme hépatoprotecteur et comme colorant. La feuille de henné contient un colorant rouge-orange et la pâte et la poudre des feuilles est largement utilisé pour décorer les mains, les ongles et les pied. Elle est également utilisé comme colorant pour cheveux. Le henné est aussi utilisé pour soulager les maladies vénériennes, la variole et la spermatorrhée. Les fleurs de henné sont très parfumées et utilisées pour extraire un parfum, qui sert de base pour les parfums locaux. Une infusion de fleurs est précieuse pour est précieuse pour traiter les ecchymoses. La décoction des fleurs est décrite comme un emmenagogue. Les graines sont déodorantes. Lorsqu'elles sont consommées avec du vrai ghee (clarifié beurre) elles sont efficaces contre la dysenterie. En poudre, les graines constituent un bon médicament pour les troubles du foie et les problèmes associés. L'écorce sous forme de décoction est appliquée sur les brûlures et les échaudures. elle est également administrée en interne pour traiter une variété d'affections, La racine de henné est considérée comme un médicament puissant contre la gonorrhée et les infections herpétiques. Elle est astringente et peut être réduite en pulpe

GENERALITES SUR LAWSONIA INERMIS

pour traiter les yeux douloureux. La racine pulpeuse peut également être appliquée sur la tête des enfants pour soigner les furoncles. Les cambodgiens boivent une décoction de racine comme diurétique. La décoction de racine généralement combinée avec l'indigo est préparée comme un puissant abortif. La racine est également réputée utile dans le traitement de l'hystérie et des troubles nerveux.(**Gagandeep C.et al.,2010**).

I- 7 Composition chimique de *Lawsonia inermis*

I-7-1 Feuilles

Les feuilles sont odoriférantes, avec une saveur non caractéristique, légèrement astringentes et amères. Le limbe est glabre, ovale, aigu avec une bordure lisse et évoluée (**Herraouya. Et al.,1862, Delaveau et al., 1980**). Selon les conditions climatiques et l'âge de la plante leur taille varie. Les dimensions moyennes les plus souvent rencontrées sont de 2 à 3 centimètres de longueur pour 1 centimètre de largeur.(**Lemordant.et al.,1983**).



Figure 04 les jeunes feuilles de *L. Inermis*, (**Lebert, et al., 2005**)

I-7-2 Les tiges

Les tiges des plantes contiennent différentes substances complexes. Il est rapporté que l'écorce de cette plante contient des dérivés de naphtoquinone, tels que : 2-Méthyl-8 hydroxyl,4-naphtoquinone. De plus, deux triterpènes pentacycliques ont été isolés de

GENERALITES SUR LAWSONIA INERMIS

l'écorce et identifiés comme étant le 3, 13, 30-dihydroxylup-20 (29)-ène (hennadiol) et le (20S) 3,13,30-dihydroxylupane (Gupta. Et al., 1993).



Figure 05 Les tiges de *L.inermis* (yands., 2010)

I-7-3 Les fruits

Les fleurs de henné produisent une huile essentielle. Les graines contiennent 5.6 % d'une huile fixe comprenant 10.5 % de cire et de substances insaponifiables ainsi que 37.7 % d'acides solides accompagnés d'une matière colorante. Les acides présents dans cette huile sont les suivants: acide béhénique (1.69 %), acide arachidique (9.6 %), acide stéarique (15.78 %), acide palmitique (9.07 %), acide oléique (34.66 %), et acide linoléique (29.31 %). La distillation des graines à la vapeur d'eau permet d'obtenir 0.01 à 0.02 % d'une huile essentielle brune composée à 90 % d'ionone (Paris et Moyse, 1965). Des coumarines et des xanthones sont également présents (Bruneton. Et al., 1993).



Figure 06 Les fruits de *Lawsonia inermis* (Lebert. Et al., 2005)

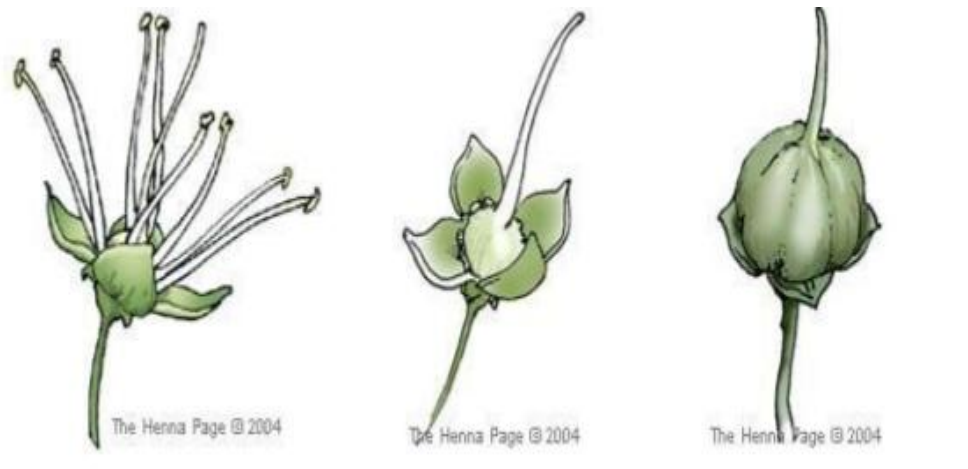


Figure 07 Schéma de la transformation de la fleur fécondée en fruits (**benhassane** **H.et al.,2018**)

I-7-4 Les fleurs

Quant aux fleurs elles contiennent une huile essentielle à ionone, responsable de leur parfum. Les graines contiennent : 5.8% d'une huile fixe composée d'acide arachidonique, stéarique, palmitique, oléique et linoléique en plus d'une huile essentielle composée principalement d'ionone (**Sarita. Et al.,1991**).



Figure 08 Les inflorescences de *L. Inermis* (**var Alba**)

LES METABOLISMES SECONDAIRES

II-1 Généralité

Les plantes se caractérisent par deux types de métabolismes. Le métabolisme primaire fournit les constituants de base en grande quantité, les plus importants étant les sucres et leurs dérivés, les lipides et les protéines. Ceux-ci se trouvent généralement en petites quantités dans des cellules ou des tissus spécialisés, bien qu'ils ne soient pas toujours présents et que leur production puisse être généralisée ou limitée à des familles, des genres ou même des espèces spécifiques. Ces métabolites ont des applications dans différents domaines, notamment d'intérêt pharmaceutique et cosmétique (**Haddouchi F. et al., 2008; Rungtung W et al., 2015**).

II-2 Métabolites secondaires

Le monde végétal constitue la source majeure de médicaments, grâce à leur richesse en métabolites secondaires tels que: les tanins, les glucosides, les mucilages, les flavonoïdes, les saponines, les résines, les gommes etc. Ces métabolites procurent des propriétés curatives appréciables et bénéfiques pour la santé (**Eddouks. et al., 2007**).

Les métabolites secondaires sont des composés organiques dérivés de métabolites primaires qui contribuent à la croissance et au développement de la plante bien qu'ils ne jouent pas un rôle essentiel dans sa viabilité. Ces métabolites sont principalement impliqués dans le mécanisme de défense d'une plante et son adaptation et son environnement, les protégeant ainsi des prédateurs. Ils peuvent également agir comme attractifs pour les pollinisateurs et les animaux dispersant les graines, en contribuant aux parfums, aux goûts et aux couleurs distincts des plantes. De plus les métabolites secondaires sont impliqués dans le contrôle et la signalisation des principaux processus métaboliques de la plante. (**Rungtung W. et al., 2015**).

Les Métabolites secondaires se trouvent effectivement dans toutes les parties des plantes, mais leur distribution varie selon leurs fonctions spécifiques et leurs rôles. Cette distribution peut différer d'une plante à l'autre en raison des adaptations évolutives et des stratégies de survie propres à chaque espèce.. (**Bruneton., 1999 ; Zenk et al., 2007**).

LES METABOLISMES SECONDAIRES

II-3 Classification des métabolites secondaires

Les métabolites secondaires appartiennent à divers groupes chimiques tels que les composés phénoliques, les alcaloïdes, les terpènes et bien d'autres. Ils sont répartis de manière inégale chez les végétaux ce qui signifie que différentes plantes peuvent accumuler différents métabolites secondaires en quantités variables. (Macheix J. et al., 2005)

II-3-1 Polyphénols

Les polyphénols regroupent les substances chimiques ayant au moins un noyau aromatique et un ou plusieurs groupes hydroxyles et d'autres constituants. Ces espèces sont soit des monomères, des polymères ou des complexes dont la masse moléculaire peut atteindre 3000 daltons (Da) , comme les tannins (Chira. et al., 2008).

Ils sont divisés en plusieurs catégories: anthocyanes, coumarines, lignanes, flavonoïdes, tannins, quinones, acides phénols, xanthones et autres phloroglucinols où les flavonoïdes représentent le groupe le plus commun et qui est largement distribué (Bruneton. Et al., 1993).

Depuis les années quatre-vingt, la découverte de l'implication des radicaux libres dans les processus pathologiques a ravivé l'intérêt pour les polyphénols en particulier les flavonoïdes. Leur capacité à neutraliser les radicaux libres les rend particulièrement intéressants pour la prévention et le traitement des maladies associées au stress oxydatif, comme les maladies cardiovasculaires, les cancers et les maladies neurodégénératives .dont les propriétés antioxydantes sont très marquées.

II-3-2 Les flavonoïdes

Les flavonoïdes sont des pigments polyphénoliques essentiels qui contribuent à la coloration des plantes et possèdent une structure de base universelle de 15 atomes de carbone organisés selon un schéma (C6-C3-C6), englobant une grande diversité de molécules réparties en plusieurs classes (Macheix J. et al., 2005).

Les flavonoïdes sont également aussi essentiellement connus pour leur puissante action antioxydante. Ils participent à combattre les radicaux libres issue de l'oxygène et de l'azote. Le stress oxydatif, causé par une surabondance de radicaux libres, est un facteur

LES METABOLISMES SECONDAIRES

majeur qui fragilise la bonne santé de l'organisme, entraînant diverses maladies chroniques et dégénératives (Satheesh.et al., 2012).

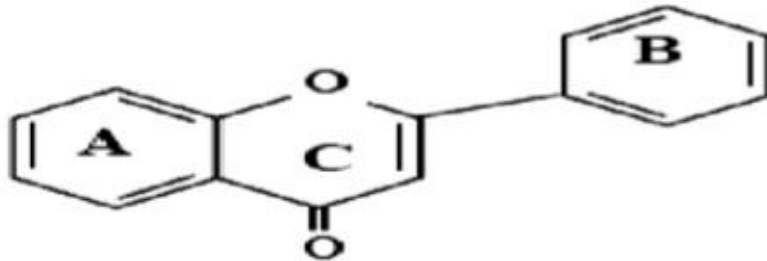


Figure 09 Structure de base des flavonoïdes (Bruneton. Et al.,1999)

Les flavonoïdes se divisent en plusieurs groupes principaux, chacun ayant des structures et des fonctions spécifiques dont les principaux sont les flavones, les flavonols, Les flavan-3-ols, les isoflavones, les flavonones et les anthocyanidines . Ils protègent contre les rayons UV, participent à la pigmentation, et renforcent la résistance aux maladies

(Chira.et al., 2008).

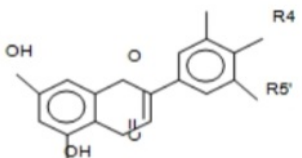
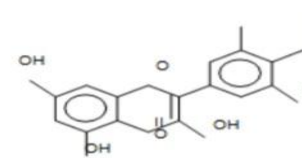
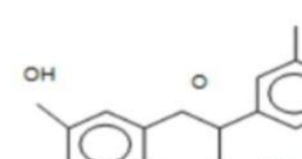
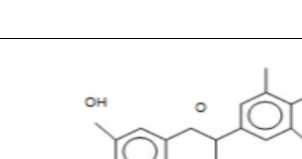
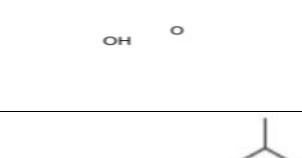
II-3-2-1 Classification des flavonoïdes

Au sein des flavonoïdes, on retrouve

- Les flavonols
- Les flavones
- Les flavonoïdes, et les tannins condensés
- Les chalcones
- Les dihydrochalcones
- Les anthocyanines/anthocyanidines.(Sonia C.et al., 2011)
- Dihydroflavonols, Isoflavones
- Flavanes

LES METABOLISMES SECONDAIRES

Tableau 02 Principales classes des flavonoïdes (W- Erdmanet.et al., 2007)

Classes	Structureschimiques	R3'	R4'	R5'	Exemples
Flavones		H	OH	H	Apigénine
		OH	OH	H	Lutéoline
		OH	OCH ₃	H	Diosmétine
Flavonols		H	OH	H	Kaempférol
		OH	OH	H	Quercétine
		OH	OH	OH	Myrecétine
Flavanols		OH	OH	H	Catéchine Gallocatechin
Flavanones		H	OH	H	Naringénine
		OH	OH	H	Eriodictyol
Anthocyanidins		H	OH	H	Pelargonidie
		OH	OH	H	Cyanidine
		H	OH	OH	Delphénidie
Isoflavones		R5	R7	R4'	
		OH	OH	OH	Genisteine
		H	O-Glu	OH	Daidezine

LES METABOLISMES SECONDAIRES

II-3-2-2 Propriété des flavonoïdes

Les flavonoïdes ont des propriétés inhibitrices d'enzymes à l'égard de l'aldose Réductase, de la phospholipase A2, et des enzymes de l'inflammation. **(Ghedira K. et al., 2005)** .

Les flavonoïdes sont des composés naturels présents dans diverses plantes et possédant de nombreuses propriétés bénéfiques pour la santé. Ils sont particulièrement actifs pour maintenir une bonne circulation sanguine grâce à leurs propriétés antioxydantes.

Certains flavonoïdes ont également des propriétés anti-inflammatoires et antivirales, ainsi que des effets protecteurs sur le foie. Les flavonoïdes comme l'écorce d'orange les glycosides et la rutine, présents dans des plantes comme le sarrasin et le citron, aident à renforcer les parois capillaires. Ils empêchent également la lixiviation dans les tissus voisins . Les isoflavones, trouvées dans des plantes comme le trèfle rouge, ont des effets oestrogéniques. Elles sont particulièrement efficaces dans le traitement des troubles liés à la ménopause **(Iserin P. et al., 2001)**.

II-3-3 Les Tannins

Les tannins sont des substances d'origine végétale reconnues pour leur saveur astringente, . ils possèdent une structure polyphénolique, non azotées ce qui les distingue d'autres composés organiques. Les tanins sont solubles dans l'eau, l'alcool, et l'acétone. Ils sont peu solubles dans l'éther **(Paris. et al., 1976)**. Comme les autres phénols, les tannins présentent des propriétés antioxydantes. Ils ont la capacité de précipiter les alcaloïdes, la gélatine et autres protéines. **(Frutos. et al., 2004 ; Sahpaz et al., 2013)**.

Chez les végétaux supérieurs on distingue deux groupes de tanins de structures différentes les tanins hydrolysables et les tanins non hydrolysables, ou tanins condensés **(Traoré. et al., 1999 ; Frutos et al., 2004)**.

Les tanins sont des composés phénoliques complexes ayant un poids moléculaire compris entre 500 et 3000 Da **(KAMRA. et al., 2006)**. Ces composés sont naturellement produits par les plantes et se caractérisent par leur facilité à se combiner aux protéines **(MAKKAR. et al., 2003 ; MANGAN et al., 1988 ; MCSWEENEY et al., 2001)**.

LES METABOLISMES SECONDAIRES

Les tannins, grâce à leur structure chimique riche en groupements hydroxyles phénoliques, possèdent la capacité de former des complexes stables avec divers polymères organiques tels que des glucides, des acides nucléiques, des stéroïdes et des alcaloïdes, pour former avec eux des complexes stables ((KHENAKA et al.,2011; HASLAM., 1998). Chez les végétaux supérieurs on distingue deux groupes de tanins aux structures différentes les tanins hydrolysables et les tanins non hydrolysables, également appelés tanins condensés (Traoré, 1999 ; Frutos et al. 2004).

II-3-3-1 La classification

II-3-3-1-a Les Tannins hydrolysables

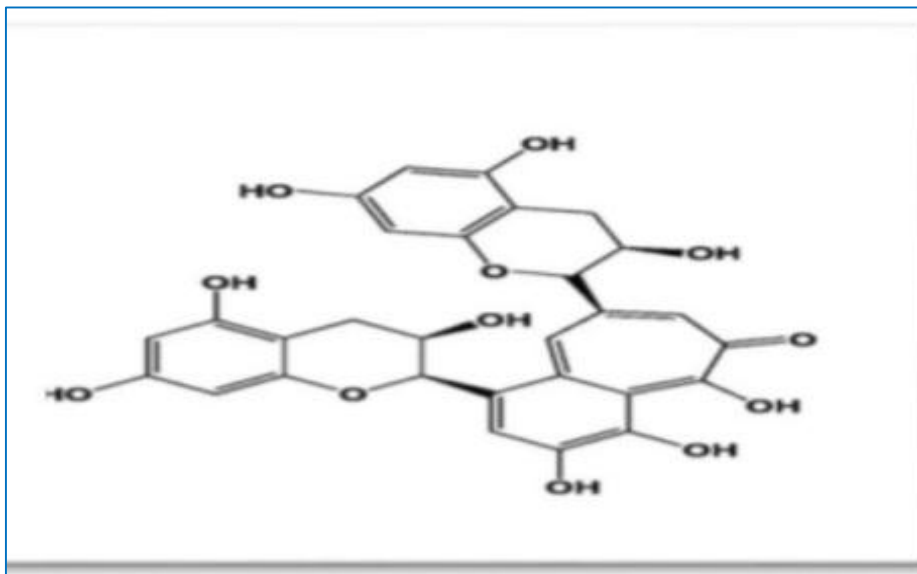


Figure 10 La structure des tannins hydrolysables (Wolfred.et al.,2006).

LES METABOLISMES SECONDAIRES

II-3-3-1-b Les Tannins condensés

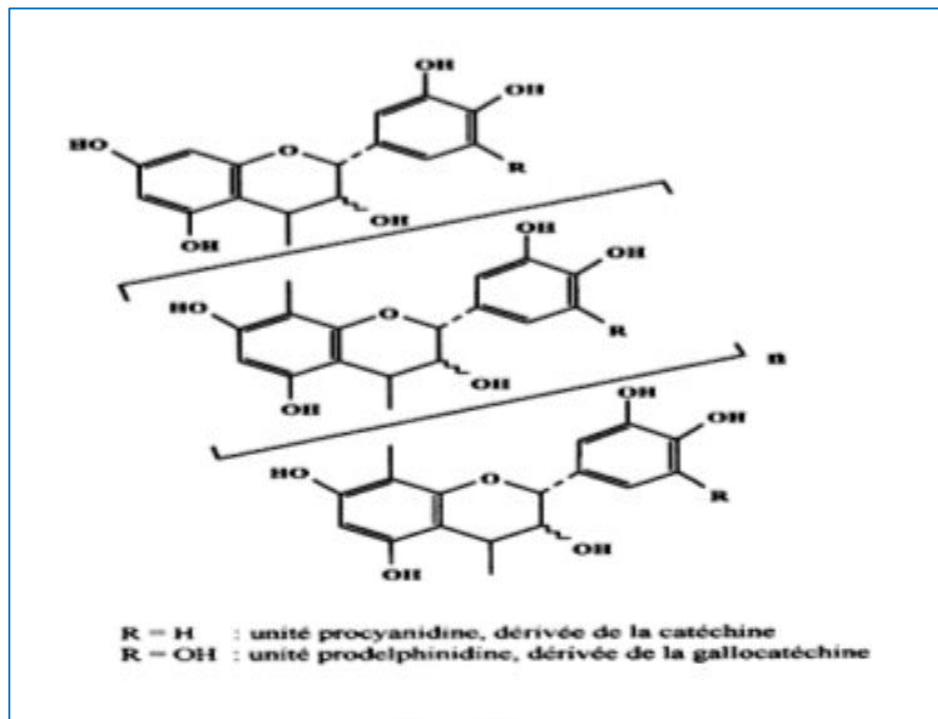


Figure 11 Exemples des unités des tannins condensés (Macheix.et al.,2015)

II-3-3-2 Les Propriétés des tanins

Les tanins en raison de leurs propriétés astringentes sont utilisés dans le traitement de la diarrhée, des plaies et des brûlures. Ils peuvent être utilisés comme désinfectants pour les surfaces enflammées. La recherche a montré que les tanins possèdent des effets antitumoraux notables. Après la Seconde Guerre mondiale, une meilleure compréhension de leurs effets sur la santé a conduit à une diminution de leur usage interne, surtout dans les produits alimentaires et les boissons, où des alternatives moins nocives ont été préférées. Les solutions de tanins étaient autre fois utilisées dans la fabrication de l'encre à écrire.(Ali Saleh R.et al., 2012).

LES METABOLISMES SECONDAIRES

Les tanins possèdent effectivement des propriétés antiseptiques. Ils peuvent aider à protéger les plantes contre les maladies causées par des bactéries, des champignons et des virus en inhibant leur croissance et leur développement..(Ali Saleh R.et al ., 2012).

II-3-4 Les Coumarines

Les coumarines tirent leur nom de « coumarou », nom vernaculaire de la fève tonka (Dipterix Ordorota Wild. Le squelette de base des coumarines est constitué de deux cycles comprenant neuf atomes de carbone (Ford.et al., 2001).

Les coumarines constituent une classe importante de produits naturels donnant une odeur caractéristique semblable à celle du foin fraîchement fauché. A l'exception des algues, ces composés sont des constituants caractéristiques du règne végétal chlorophyllien. Les familles les plus riches en coumarines sont les légumineuses, Les Rutacées, les Apiécées et les Thyméléacées.

Elles se trouvent dans toutes les parties de la plante et notamment dans les fruits et dans les huiles essentielles des graines (Guignard.,1998 ; Deina et al., 2003 ; Booth et al., 2004).

Les coumarines ont des effets différents sur le développement des plantes en fonction de leur concentration et de l'espèce végétale concernée. Dans la cellule végétale les coumarines sont principalement présentes sous forme glycosylée (Hoffmann. Et al., 2003), cette glycosylation est une forme de stockage permettant d'éviter les effets toxiques de ces molécules. Elles sont considérées comme des phytoalexines, c'est-à-dire des métabolites que la plante synthétise en grande quantité pour lutter contre une infection causée par des champignons ou par des bactéries. Les coumarines sont cytotoxiques, antivirales, immunostimulantes, tranquillisantes, vasodilatatrices, anticoagulantes, hypotensives. Elles sont également bénéfiques en cas d'affections cutanées (Cowan. Et al., 1999).

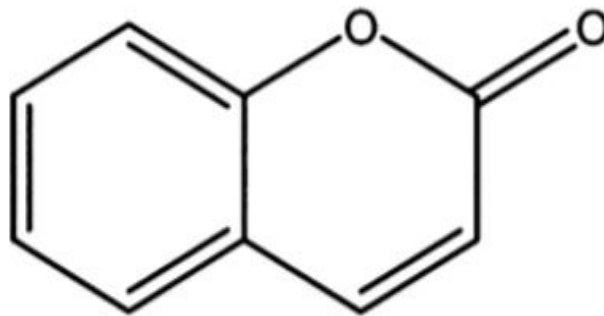


Figure 12 Le squelette de base d'une coumarine (Ford.et al., 2001).

II-3-4-1 Classification :

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

LES METABOLISMES SECONDAIRES

En raison de certaines de ses propriétés biochimiques, la coumarine a été proposée pour une utilisation en médecine clinique. Par exemple, la capacité de la coumar

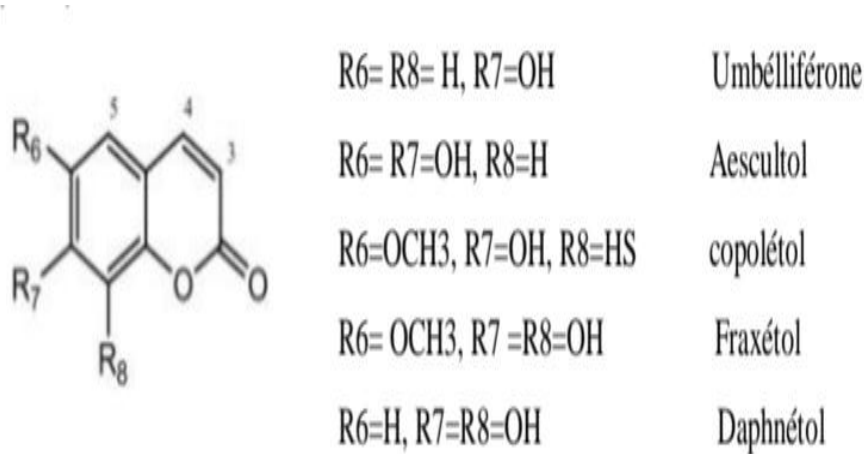


Figure 13 Les principaux types de coumarines (Macheix.et al., 2005).

II-3-4-2 Les propriété des coumarines

Les coumarines présentes plusieurs propriétés antibactériennes, anticancéreuses, anticoagulantes , antioxydantes , anti-VIH , antimicrobiennes iné à activer les macrophages sous-tend son utilisation pour le traitement de l'œdème riche en protéines et ses propriétés immunomodulatrices utilisées dans le traitement de la brucellose. (B.G Lake.et al., 1999).

II-3-5 Les composés phénoliques

Les composés phénoliques ou polyphénols sont des métabolites secondaires largement répandues dans le règne végétal. Ils sont présents dans les fruits, les légumes, les céréales, les fleurs et les herbes, où ils contribuent à la couleur ainsi qu'aux propriétés sensorielles telles que l'arôme et l'astringence. (Ojeil A.et al.,2010; Waksmundzka-Hajnos.et al.,2011).

LES METABOLISMES SECONDAIRES

Les composés phénoliques sont des métabolites secondaires produits par les plantes pour les protéger des rayons UV, des dommages mécaniques et de certaines infections et prédateurs. Les fruits, le café, le thé, les haricots noirs, la poudre de cacao et les légumes contiennent une Gamme variée de polyphénols présentant une grande diversité chimique (Wu.et al., 2021).

Les acides phénoliques, ou acides phénols possèdent une fonction acide et au moins, un cycle aromatique portant un à plusieurs groupes hydroxyles . Ils sont incolores et plutôt rares dans la nature (HASLAM. Et al., 1994).

En effet, *Lawsonia inermis* contiennent différents composés phénoliques : des quinones, des phénylpropanoïdes, des flavonoïdes et des terpénoïdes.

Lawsonia inermis contient aussi des coumarines, des dérivés naphtaléniques et des xanthonnes. Par ailleurs, l'odeur piquante de l'huile essentielle isolée des fleurs est due à la présence d'un terpène, la β -ionone. Trois composés (bicoumarine A, biflavonoïde A et biquinone A), ont été également isolés à partir des fleurs (Akbar S.et al., 2020).

II-3-6 Les Composés azotés ou alcaloïdes

Les alcaloïdes sont des composés initialement définis comme des substances azotées, basiques, d'origine naturelle et de distribution restreinte. Ils ont une structure complexe, leur atome d'azote est inclus dans un système hétérocyclique et ils possèdent une activité pharmacologique significative. Ils existent à l'état de sels et ils sont bio synthétiquement formés à partir d'un acide aminé. (Bruneton.et al., 2009).

Les alcaloïdes sont des composés à forte activités biologiques, typiquement des amines primaires, secondaires, ou tertiaires. Cette composition confère aux alcaloïdes leur basicité, facilitant ainsi leur isolement et purification sous forme de sels solubles dans l'eau, formés en présence des acides minéraux (HESS. et al., 2002).

Les alcaloïdes constituent avec les hétérosides, la majorité des principes actifs des plantes médicinales. Leur extrême importance tient d'une part à leur activité et à leur toxicité (Cordell. et al.,1981). Les alcaloïdes existent rarement à l'état libre dans la

LES METABOLISMES SECONDAIRES

plante, mais sont le plus souvent combinés à des acides organiques ou à des tanins (ZIEGLER.et al., 2008).

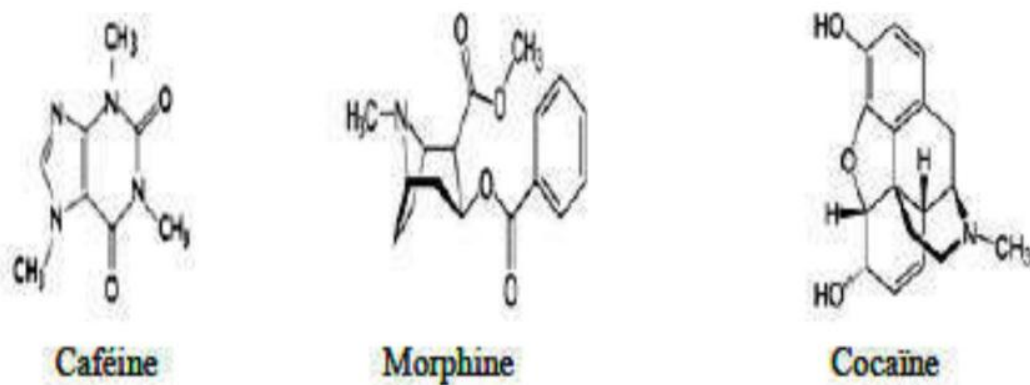


Figure 14 Quelques structures des alcaloïdes (Badiaga.et al.,2011).

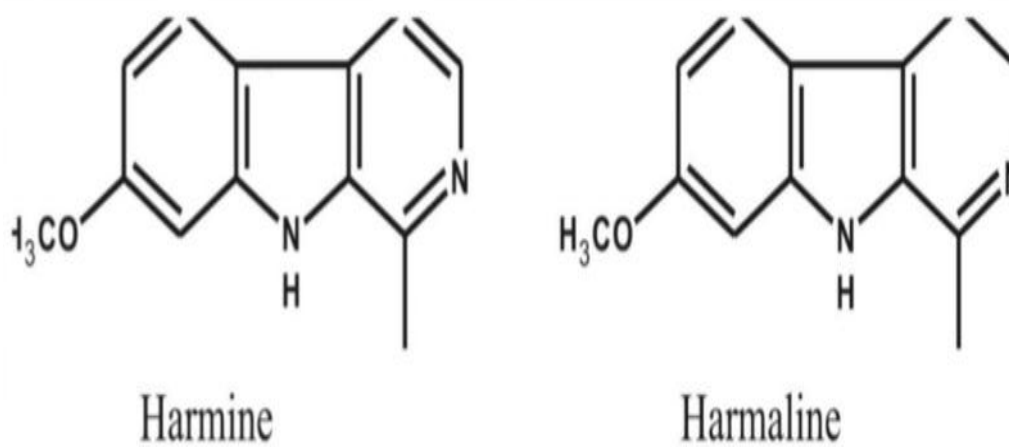


Figure 15 Les structures chimiques des alcaloïdes isolés des graines de Lawsonia inermis (Badoni S.et al.,2014).

LES METABOLISMES SECONDAIRES

II-3-6-1 Classification des alcaloïdes

II-3-6-1-a Alcaloïdes vrais

II-3-6-1-b Les Proto-alcaloïdes

II-3-6-1-c Pseudo-alcaloïdes

II-3-6-1-d Les Alcaloïdes

II-3-6-2 Les Propriété des alcaloïdes

Insolubles ou peu solubles dans l'eau mais ils sont solubles dans l'alcool plus à chaud qu'à froid, dans l'éther, dans les acides et dans l'ammoniaque (COWAN. et al.,1999).

Les alcaloïdes présentes plusieurs propriété pharmaceutiques et sont utilisées pour traiter certain type de cancer. De plus, certains alcaloïdes comme l'atropine ont une action directe sur le corps notamment des activité sédatives, des effets sur les troubles nerveux. (Iserin P.et al., 2001).

L'effet physiologique des alcaloïdes est variable sur l'organisme. Ils peuvent avoir des propriétés antalgiques comme la narcotine, la morphine. La colchicine est utilisée dans le traitement de la goutte et de la fièvre méditerranéenne. Certains alcaloïdes ont des effets émétisants comme l'amitrine tandis que d'autres stimulent le système nerveux central comme la caféine. L'éphédrine est utilisée comme décongestionnant et pour le traitement de l'hypotension artérielle associée à l'anesthésie. Enfin, l'atropine peut provoquer la dilatation des pupilles. (Ali Saleh R.et al., 2012).

II-3-7 Les terpènes

Les terpènes Les terpènes sont des hydrocarbures insaturés, communs chez les conifères et dans de nombreuses autres plantes. Ils sont tous dérivés de l'isoprène, qui est l'unité de base de leur formule, avec une formule générale C_5H_8 (Moutchou.et al., 2020).

LES METABOLISMES SECONDAIRES

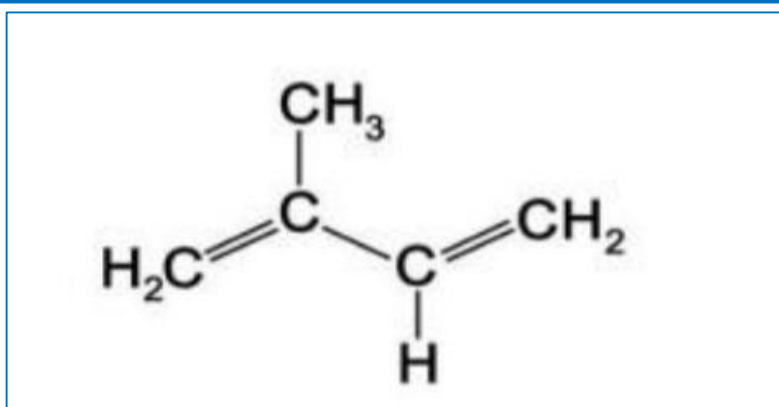


Figure 16 Structure de base de l'unité isoprène (Almarie A.et al.,2020)

Ils contiennent des groupes fonctionnels supplémentaires, qui sont généralement des groupes contenant de l'oxygène. Ces groupes oxygénés peuvent inclure des alcools, des cétones, des aldéhydes, des esters, des acides carboxyliques, et d'autres types de fonctionnalités.

Ils constituent la plus grande classe de métabolites secondaires végétaux, représentant environ 60% des produits naturels connus. De nombreux terpénoïdes présentent une bioactivité pharmacologique importante (Ashour.et al., 2010).

Ces composés contribuent aux propriétés médicinales et pharmacologiques de la plante (Ntaganda.et al., 2022). Par conséquent, selon la situation, ils peuvent attirer ou repousser les animaux et les insectes.

II-3-7-1 Classification des terpènes

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

- _ (C05) Les héli terpènes, sont formés par une unité isoprène
- _ (C10) Les monoterpènes, sont formés par deux unités isoprène
- _ (C15) Les sesquiterpènes sont formés par trois unités isoprène
- _ (C20) Les diterpènes sont formés par quatre unités isoprène
- _ (C30) Les triterpènes
- _ (C40) Les tétra terpènes (Masyita A.et al.,2022).

LES METABOLISMES SECONDAIRES

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

II-3-7-2 Les propriétés des terpènes

Les odorants (terpènes et poly phénols) libérés par les plantes à l'air libre sont perçus par des récepteurs situés dans les cellules sensorielles des herbivores ou des insectes, qui peuvent les reconnaître. Par conséquent, selon la situation, ces composés peuvent susciter une attraction ou une répulsion chez les animaux et les insectes. Cette propriété est cruciale pour prévenir les attaques d'agents pathogènes ou d'herbivores comme la menthe ou pour attirer les pollinisateurs. Les pyréthrinoïdes sont des terpènes neurotoxiques qui agissent en interférant avec les canaux sodiques des membranes des ailes des insectes. (Elkolli M. et al., 2016).

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

II-4 Activités biologiques

Cette plante a des propriétés de teinture intéressantes qui sont utilisées traditionnellement depuis des siècles en Asie et en Afrique pour la teinture des cheveux et la peinture de la peau et des ongles. L'extrait brut d'éthanol de *Lawsonia inermis* produit des effets anti-inflammatoires, analgésiques, antibactériens, antioxydants et antipyrétiques. De plus un bain de bouche à base de la lawsone le principal actif de *Lawsonia inermis* exerce une activité antifongique supérieure à celle de la Listerine (Sujanamulk.et al., 2016).

L'espèce *Lawsonia inermis*, plus connue sous le nom de henné, est une plante utilisée depuis longtemps dans la médecine traditionnelle en raison de ses propriétés curatives. Elle possède un spectre varié de composés chimiques, notamment des dérivés de la naphthoquinone, dont le principal constituant est la Lawsone, et la matière colorante des feuilles. Parmi les autres composés chimiques qui contribuent à ses qualités thérapeutiques figurent les dérivés phénoliques, les coumarines, les xanthonnes, les tanins, les flavonoïdes, les terpènes et les stérols, ainsi que d'autres constituants chimiques tels que les acides aminés (Oghenemaro.et al., 2022).

L'extrait butanolique des feuilles de *Lawsonia inermis* présente un effet antioxydant qui protège le tissu hépatique contre les dommages causés par le 2-acétylamino-fluorène. De plus le henné inhibe la production de NO (oxyde nitrique) induite par le lipopolysaccharide ce qui contribue à ses propriétés anti-inflammatoires (Yang.et al.,2016; Kumar et al, 2017).

Parmi les activités biologiques des plantes médicinales, l'attention s'est particulièrement portée sur l'activité antioxydante. Cette activité est cruciale car elle aide à prévenir les maladies chroniques telles que les maladies cardiaques, le cancer, le diabète, l'hypertension et la maladie d'alzheimer en luttant contre le stress oxydatif (Meddour. et al.,2011).

Cette plante produit la plus grande teneur en colorant à une température variant entre 35-45°C (Makhija.et al.,2011).

LES ACTIVITES BIOLOGIQUES

Elle est également employée en compresse contre l'eczéma, les furoncles, les abcès, les mycoses, les ulcères, les hémorragies et les fissures des pieds. L'infusion est utilisée contre les vers intestinaux et les maux de tête. La racine est astringente, dépurative, diurétique, emménagogue et abortive. Elle est considérée comme un médicament puissant contre les infections herpétiques et utile dans le traitement de l'hystérie et des troubles nerveux (Chetty. et al.,2008).

Dans la médecine traditionnelle des Arabes et des Indiens, des préparations à base de feuilles et des racines du henné sont utilisées pour déclencher l'accouchement. De plus, une décoction à base des feuilles et des racines de la plante est efficace contre la diarrhée (Enneb.et al., 2015).

II-4-1 L'effet cicatrisant:

L'activité cicatrisante de l'extrait ethanologique des feuilles de henné a été évaluée sur des plaies de rats. L'extrait à une dose de 200 mg/kg a présenté une réduction de 71% de la surface de la plaie sur tous les modèles par rapport au témoin (58%). Une contraction rapide de la plaie et une résistance élevée à la rupture de la peau ont été observées chez les rats traités, comparativement à ceux traités avec la pommade à la nitrofurazone (Nithya.et al., 2011).

II-4-2 L'effet anti-inflammatoire de *Lawsonia inermis*

L'inflammation peut être caractérisée comme un échec de la résolution, un processus complexe et actif Visant à arrêter de la réaction inflammatoire et la restauration de l'équilibre homéostatique (Ahmed. et al.,2011).

D'un point de vue biologique, l'inflammation survient lorsque le système immunitaire est sous stress. par exemple en cas d'infections microbiennes et virales, d'exposition à des composés toxiques, de maladies auto-immunes et chroniques, d'obésité et d'alimentation riche en calories. Ce processus permet d'éliminer les facteurs de stress et de déclencher la réparation des tissus ainsi que le rétablissement de l'homéostasie tissulaire. (Rahaman.et al., 2020).

LES ACTIVITES BIOLOGIQUES

Lawsonia inermis est utilisée depuis longtemps dans la médecine traditionnelle, Le criblage phytochimique et l'étude des effets anti-inflammatoires soulignent ses propriétés analgésiques et anti-inflammatoires (**Manuja.et al., 2021**).

Imam et ses collaborateurs en 2013, ont montré que l'extrait méthanolique des feuilles présentait une activité anti-inflammatoire significative ($p < 0,01$) dans un essai de contorsion induite par l'acide acétique chez la souris. En outre, l'extrait a entraîné une réduction des stimuli de la douleur nociceptive chimiquement induite, en comparaison avec un témoin positif qui a reçu le diclofénac sodique (20 mg/kg) (**Imam.et al., 2013**).

Ce potentiel anti-inflammatoire est le résultat de nombreux composés présents dans les différentes parties de la plante. L'étude sur les propriétés analgésiques et anti inflammatoires de la lawsone, ont montrent que cette molécule bioactive possède des propriétés analgésiques et anti-inflammatoires significatives, ce qui en fait un candidat prometteur pour des recherches plus approfondies et des applications thérapeutiques potentielles (**Talab.et al., 2022**).

À côté de la Lawsone, l'huile du henné contient des différents composés (lipides, composés phénoliques) ayant un effet anti-inflammatoire, notamment : β sitostérols, Les glycosides, les flavonoïdes, les quinones, l'acide gallique, les coumarines, les xanthonnes et les lawsoniasides (**Alia.et al., 2008; Zouhri et al., 2017**).

II-4-3 L'effet antifongique

L'activité antifongique est l'une des nombreuses caractéristiques thérapeutiques de *Lawsonia Inermis*. Le henné contient une variété de composés tels que les glucides, les protéines, les flavonoïdes, les tanins, les Composés phénoliques, les alcaloïdes, les terpénoïdes, les quinones, les coumarines, les xanthonnes et les acides gras. Tous ces composés contribuent aux propriétés antibactériennes, antimicrobiennes et antifongiques de la plante.(**Kamal J.et al., 2011**).

Un bain de bouche à base de la lawsone montre une activité antifongique supérieure à celle de la listerine. Il est particulièrement efficace contre la formation de colonies chez des patients diabétiques (**Sujanamulk.et al., 2016**).

LES ACTIVITES BIOLOGIQUES

Mais La principale substance chimique responsable des activités antifongiques de *Lawsonia inermis* est la 2-hydroxynaphtoquinone, souvent connue sous le nom de *Lawsonone* (Rahmoun.et al., 2013)

II-4-4 L'effet immunomodulateur

L'extrait méthanolique des feuilles de henné de concentration de 1 mg/ml montre une immunomodulation démontrée par la stimulation des réponses prolifératives des lymphocytes T. Les naphthoquinone obtenues à partir des feuilles ont également montré un effet immunomodulateur significatif (Ali esmail.et al., 2019).

II-4-5 L'effet anti-diarrhéique

L'extrait éthanolique des feuilles de *Lawsonia inermis* a été étudié pour ses propriétés anti-diarrhéiques en utilisant un modèle de diarrhée induite par l'huile de ricin chez la souris. A une dose de 500 mg/kg cet extrait a montré une activité anti diarrhéique significative par rapport au groupe témoin. Plus précisément, cet extrait a augmenté la période latente moyenne avant l'apparition de la période diarrhéique d'environ 1,398 fois avec une signification statistique ($p < 0,002$) (Ali esmail.et al., 2019)

II-4-6 L'effet abortif

L'effet abortif de l'extrait de *Lawsonia inermis* a été étudié en utilisant des doses de 1 et 10 mg/kg p.c de l'extrait hydroalcoolique administrés par voie intrapéritonéale chez des souris femelles enceintes du premier au dix-septième jour de grossesse. Les résultats de cette étude montrent des avortements qui ont été observés plus fréquemment dans les groupes traités avec *Lawsonia inermis* par rapport au groupe témoin ($p < 0,01$). Une augmentation significative de la moyenne des niveaux sériques d'œstrogène a été observée dans les groupes traités ($p < 0,01$). Une diminution significative de la moyenne des niveaux de progestérone a été notée dans les groupes traités ($p < 0,01$). cependant, l'extrait méthanolique a démontré un effet dose-dépendant dans L'induction de l'avortement chez plusieurs espèces, y compris la souris, le rat et le cobaye .(Ali esmail.et al., 2019).

LES ACTIVITES BIOLOGIQUES

II-4-7 L'effet métabolique

L'extrait hydroalcoolique de *Lawsonia inermis* a été étudié pour ses effets sur les niveaux de glucose sanguin et le métabolisme des lipides chez des rats diabétiques induits par l'alloxane. Les résultats de cette étude ont montré:

À une dose de 400 mg/kg, l'extrait hydroalcoolique de *Lawsonia inermis* a réduit significativement les niveaux de glucose sanguin chez les rats diabétiques.

Le pourcentage de réduction du glucose sanguin était de 39,08 % au jour 21 par rapport au jour 0 (ligne de base).

Cette réduction est comparable à celle observée avec les médicaments glibenclamide (44,77 %) et metformine (46,30 %).

Le traitement avec l'extrait a entraîné une réduction significative des taux de lipides sériques chez les rats diabétiques.

Une diminution des taux de triglycérides et une diminution du taux de HDL (lipoprotéines de haute densité) ont été observées, indiquant une amélioration de la dyslipidémie.

Ceci indique son effet bénéfique sur le métabolisme des graisses, en améliorant ainsi la dyslipidémie (**Singh.et al., 2015**).

II-4-8 L'activité anticancéreuse

Le cancer est un problème de santé majeur dans le monde entier, et les traitements traditionnels du cancer peuvent être associés à des effets secondaires graves. C'est pourquoi l'utilisation de produits naturels, tels que les composés d'origine végétale, peuvent constituer une alternative. Plusieurs plantes contiennent de nombreux composés bioactifs, tels que les polyphénols, qui se sont révélés avoir des propriétés anticancéreuse, y compris des effets inhibiteurs sur la prolifération des cellules cancéreuses, la croissance tumorale et la mort cellulaire (**Bhosale.et al., 2020**).

Lawsonia inermis contient plusieurs composés bioactifs parmi lesquels la lawsone (2-hydroxy-1,4-naphthoquinone) est un constituant majeur. La lawsone a été étudiée pour

LES ACTIVITES BIOLOGIQUES

ses effets anticancéreux, et les résultats montrent qu'elle possède des propriétés intéressantes contre certains types de cancers. La lawsone a montré une activité anticancéreuse significative contre le sarcome de souris 180. Cette étude indique que la lawsone peut inhiber la croissance tumorale dans ce modèle animal. De plus, démontrant son potentiel comme agent thérapeutique. La lawsone a été moins efficace contre le sarcome de Yoshida chez le rat.

Traditionnellement, les feuilles et les fleurs sont utilisées pour traiter les tumeurs inflammatoires tandis que la racine est utilisée pour traiter le cancer de la peau **(Dhananjay.et al et., 2014)**

Les fractions hexanique et chloroformique de *Lawsonia inermis* peuvent inhiber la croissance et la prolifération des cellules cancéreuses. Elles ont été testées également pour leurs effets sur plusieurs types de cancers, notamment les adénocarcinomes du sein humain, les adénocarcinomes du poumon humain, et les cancers des ganglions chez les rats. Les résultats montrent que ces fractions inhibent plus de 60 % de la croissance dans toutes les lignées cellulaires testées à des concentrations élevées et ont réduit le nombre et la taille des colonies dans les dosages clonogéniques, suggérant leur potentiel en tant qu'agents thérapeutiques anticancéreux **(Kumar.et al., 2015)**.

Raja et ses collaborateurs (2009), ont démontré que l'extrait aqueux des feuilles de *Lawsonia inermis* possède une forte activité antitumorale sur la carcinogénèse cutanée induite par le 7,12-diméthylbenz(a)anthracène (DMBA) et sur les modèles de mélanome B16F10 chez des souris à une dose de 1000 mg/kg par voie orale. L'extrait a provoqué une diminution significative du nombre de papillomes par rapport au témoin négatif, ainsi qu'une réduction de l'incidence des tumeurs (66%), comparativement à une incidence tumorale de 100% dans le groupe témoin. De plus, le nombre moyen de papillomes (rendement tumoral) par souris était estimé à 1,6 comparé à celui du témoin traité par DMBA (3,5) **(Raja.et al., 2009)**.

II-4-9 L'activité antibactérienne

L'activité antibiotique se réfère à la capacité d'une molécule ou d'un composé présent dans un végétal à inhiber le développement d'une bactérie ou à la tuer, même à très

LES ACTIVITES BIOLOGIQUES

faible concentration. La sensibilité d'une bactérie peut varier en fonction de la souche bactérienne spécifique (Nicole.et al., 1998).

Lawsonia inermis est réputée pour ses propriétés antibactériennes significatives. Plusieurs études ont été menées pour explorer l'activité antibactérienne des extraits de feuilles de henné contre diverses souches bactériennes. Des extraits aqueux, éthanoliques et méthanoliques de feuilles de henné, ont été testés contre 46 isolats de *Staphylococcus aureus*. Les résultats ont démontré une activité antibactérienne significative de ces extraits contre *Staphylococcus aureus*, inhibant la croissance bactérienne (Al-iedani.et al., 2013) grâce à la présence de divers composés bioactifs, tels que les acides phénoliques, les coumarines, les lignanes, les flavonoïdes et les tanins. Plusieurs études ont exploré les mécanismes et l'efficacité de ces composés contre divers pathogènes tels que *Bacillus cereus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* et *Aspergillus niger* (Malekzadeh. et al.,1968).

Parmi les composés spécifiques identifiés comme contribuant à cette activité antibactérienne, on trouve la lawsone, l'acide gallique et le 1,4-naphtoquinone (Ali S.et al., 2001)

Selon (Gull. et al., 2013), l'extrait éthanolique de *Lawsonia inermis* présente une activité antimicrobienne bien établie.

En outre, l'activité antimicrobienne de la 2-hydroxy-1,4-naphtoquinone, un composant actif isolé des feuilles de henné, et de ses analogues ont été évaluées contre des bactéries d'origine alimentaire. Cette recherche suggère que la 2-hydroxy-1,4-naphtoquinone possède des propriétés capables de lutter contre des microorganismes présents dans des contextes alimentaires, soulignant son potentiel comme agent antimicrobien naturel. (Yang L.et al., 2015)

II-4-10 L'activité antioxydante

Un antioxydant est une substance essentielle qui protège notre organisme contre les effets nocifs de l'oxydation, un processus naturel qui génère des espèces réactives de l'oxygène (ERO) telles que les radicaux libres. Ces ERO peuvent endommager les cellules et contribuer au développement de diverses maladies (Pisoschi.et al., 2011;

LES ACTIVITES BIOLOGIQUES

Gülçin.,2012). Les antioxydants sont des systèmes enzymatiques ou non enzymatiques (**Mohammedi. et al., 2013**). Les systèmes non enzymatiques, comme la vitamine E (α -tocophérol) et la vitamines C (Acide Ascorbique) et les polyphénols issus des végétaux (flavonoïdes, xanthones, coumarines, Caroténoïdes, dérivés d'acide phénolique, tanins, anthocyanines, les tocophérols) (**Gülçin. et al.,2012**). La plupart de ces composants ne sont pas synthétisés par l'organisme et doivent être apportés Par l'alimentation (**Bendif. et al.,2017**).Les systèmes enzymatiques antioxydants jouent un rôle crucial dans la défense de notre organisme contre les effets néfastes des radicaux libres, comme le souligné par (**Lehucher. et al2001**) comme la SOD, la catalase et la glutathion peroxydase sont essentiels pour protéger nos systèmes biologiques contre les dommages oxydatifs. Ces systèmes sont capables de bloquer la formation des radicaux libres en les neutralisants ou en les désactivant une fois formés, protégeant ainsi les systèmes biologiques contre tout dommage oxydatif (**Heimeur.et al., 2004**). Les composés antioxydants font actuellement l'objet de nombreuses études car, en plus de leurs intérêts dans le traitement de certaines pathologies, ils sont aussi utilisés pour la conservation des denrées comestibles dans l'industrie agroalimentaire (**Cavin. et al.,1999**).

La classification de tous les antioxydants connus est diverse. Ils sont classés généralement selon leur origine chimique en :

II-4-10-a Les antioxydants endogènes

La production physiologiques des radicaux libres est régulée par des systèmes de défense composés d'enzymes (SOD, CAT, hème oxygénatase, peroxyredoxane), de molécules antioxydantes de petites taille (glutathion, acide urique, ubiquinone), de protéines (transferrine et ferritine) et d'un système de défense secondaire composé de phospholipases, d'ADN endonucléase, de ligases et de macroxyprotéinases. Ces composés empêchent l'accumulation de lipides, d'ADN et de protéines oxydées dans la cellule et participent à l'élimination de leurs fragments toxiques (**Pincemail.,2002**).

LES ACTIVITES BIOLOGIQUES

II-4-10-b Les antioxydants exogènes

Les antioxydants exogènes provenant de l'alimentation et des plantes, sont des composés essentiels qui jouent un rôle crucial dans la protection contre le stress oxydatif en piégeant les radicaux libres. Bien que non essentiels à la vie, ces substances contribuent significativement à la santé globale en prévenant les dommages cellulaires et en réduisant le risque de maladies chroniques. Les plus importantes sont les vitamines (E et C), les caroténoïdes, les polyphénols, les acides gras (oméga-3 et oméga-6), les huiles essentielles ainsi que les minéraux : (sélénium, manganèse, et zinc) (**Bruneton. et al.,1999**).

II-4-11 Stress oxydatif

Le stress oxydatif survient lorsque la production d'espèces réactives de l'oxygène (ERO), également appelées radicaux libres, dépasse la capacité des défenses antioxydantes de l'organisme à les neutraliser. Normalement, nos tissus sains maintiennent un équilibre délicat entre la production de radicaux libres et les mécanismes antioxydants qui les neutralisent. Cependant, dans certaines circonstances, ce fragile équilibre peut être perturbé, entraînant un excès de radicaux libres et un déficit dans les systèmes antioxydants. (**Bensakhria.,2005; Bendif.,2017**).

Les espèces activées de l'oxygène de par leur structure électronique instable peuvent attaquer les composants cellulaires. Les molécules biologiques : protéines, les lipides, glucides et l'ADN sont sujettes à l'attaque radicalaire, provoquant ainsi un dysfonctionnement dans les activités vitales des cellules à l'origine du développement de diverses pathologies (**Mohammed. et al.,2013**).

II-4-11-1 Les radicaux libres

Les radicaux libres sont des entités chimiques qui se caractérisent par la présence d'au moins un électron célibataire non apparié sur leur couche périphérique. Cet électron célibataire est généralement le résultat d'un apport suffisant d'énergie qui a permis à une liaison de se rompre, laissant un atome ou une molécule avec un électron non apparié. L'électron célibataire rend les radicaux libres très réactifs et instables. Ils cherchent à se

LES ACTIVITES BIOLOGIQUES

stabiliser en réagissant avec d'autres molécules à proximité (**Bendif. et al.,2017; Carcho.et al., 2013**).

Il existe certains facteurs oxydatifs qui conduisent l'organisme à produire plus de radicaux libres, ce sont des facteurs endogènes tels que la chaîne respiratoire, la réponse immunitaire, la traduction du signal, le système NADPH oxydase et des facteurs exogènes tels que l'alimentation (**Morena.et al., 2002**).

Parmi toutes les espèces radicalaires susceptibles de se former dans les cellules, il convient de distinguer un ensemble restreint de composés radicalaires qui jouent un rôle particulier en physiologie et que nous appellerons radicaux libres primaires, qui dérivent directement de l'oxygène. Les autres radicaux libres, dits radicaux secondaires (radical peroxy ROO^\bullet , radical alkoxy RO^\bullet), se forment par réaction de ces radicaux primaires sur les composés biochimiques de la cellule (**Novelli. et a.,1997**).

L'ensemble des radicaux libres primaires est souvent appelé "espèces réactives de l'oxygène" (ROS) regroupent un ensemble de composés chimiques comprenant à la fois des radicaux libres de l'oxygène et d'autres dérivés oxygénés réactifs. Cette classification inclut les radicaux libres de l'oxygène proprement dit : radical superoxyde O_2^\bullet , radical hydroxyl OH^\bullet , monoxyde d'azote NO^\bullet , mais aussi certains dérivés oxygénés réactifs non radicalaires dont la toxicité est importante : l'oxygène singulet $^1\text{O}_2$, peroxyde d'hydrogène H_2O_2 , peroxyde d'azote ONOO^\bullet (**Favier. et al.,2003**)

II-4-11-2 Le rôle physiologique des radicaux libres

Les radicaux libres peuvent avoir un rôle physiologique ou un effet toxique en fonction de leur concentration. En faible quantité, ces radicaux jouent un rôle de messagers secondaires capables de réguler le phénomène de l'apoptose ou l'activation des facteurs de transcription, et aussi de processus de fécondation,

Au cours duquel les spermatozoïdes sécrètent de grandes quantités d'espèces réactives de l'oxygène pour percer la paroi membranaire de l'ovule (**Haleng.et al., 2007**).

II-4-11-3 Origine des radicaux libres

LES ACTIVITES BIOLOGIQUES

Les différents radicaux libres oxygénés et espèces réactives de l'oxygène (ROS) impliqués en biologie ont des origines variées et sont générés à partir de différentes réactions biochimiques et environnementales sont représentés dans la **Figure 17**

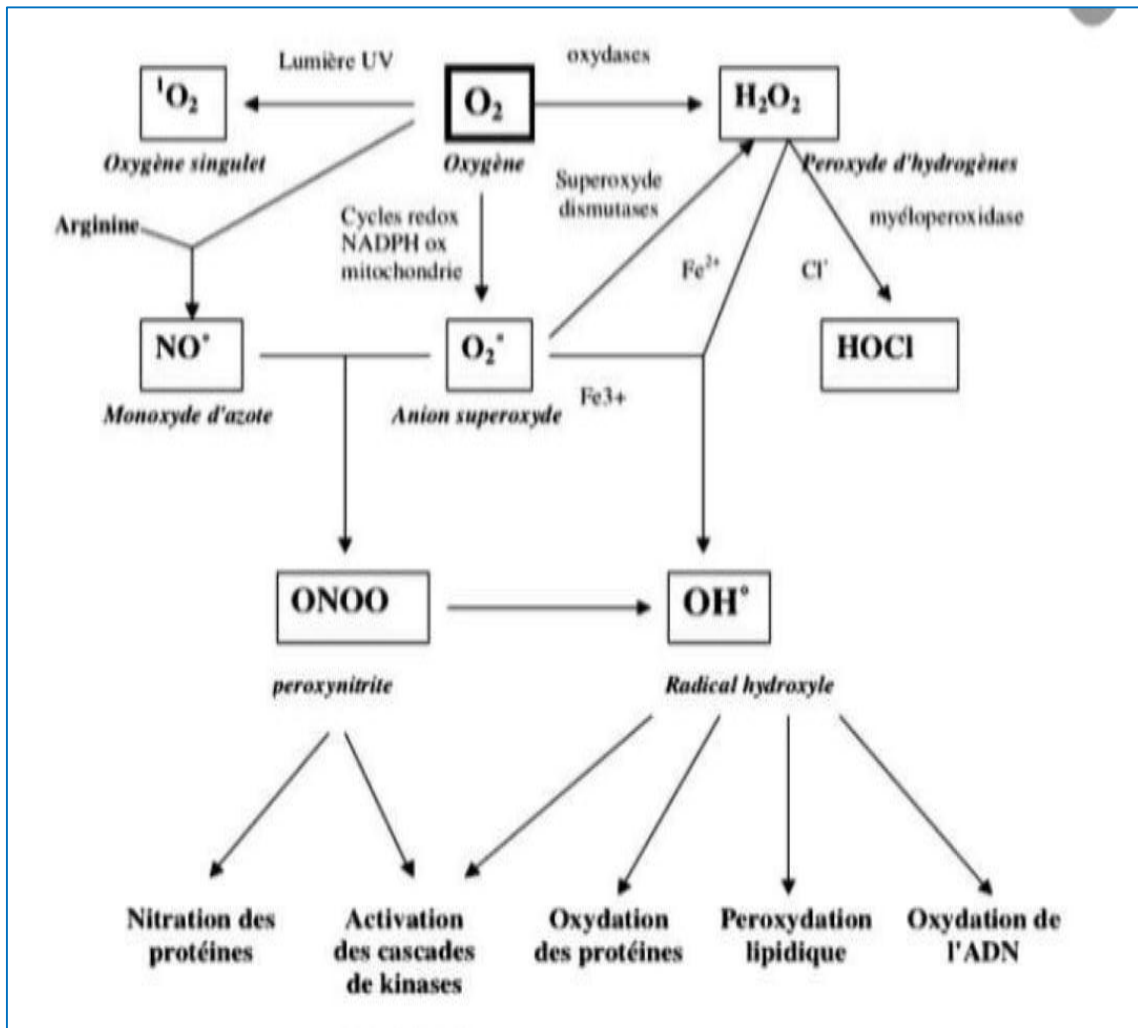


Figure 17 Origine des différents radicaux libres oxygénés et espèces réactives de l'oxygène impliqué en biologie (Favier. et al.,2003).

II-4-11-3 Les Effets des espèces réactives sur l'organisme:

En cas de surproduction, les radicaux libres oxygénés peuvent causer des dommages importants aux composants cellulaires normaux tels que les lipides, les protéines et les acides nucléiques. L'activité antiradicalaire d'un composé est en effet cruciale pour

LES ACTIVITES BIOLOGIQUES

prévenir ou ralentir l'oxydation, un processus qui peut être à l'origine du stress oxydatif (Merouane.et al., 2014). Ce phénomène survient lorsque la production de radicaux libres dépasse la capacité des systèmes antioxydants de l'organisme à les neutraliser. Cette situation peut entraîner diverses pathologies, notamment l'obésité, le diabète de type 2, l'athérosclérose, le cancer, les maladies infectieuses bactériennes et virales ou le vieillissement (Rashid.et al., 2013; Sarr et al., 2015).

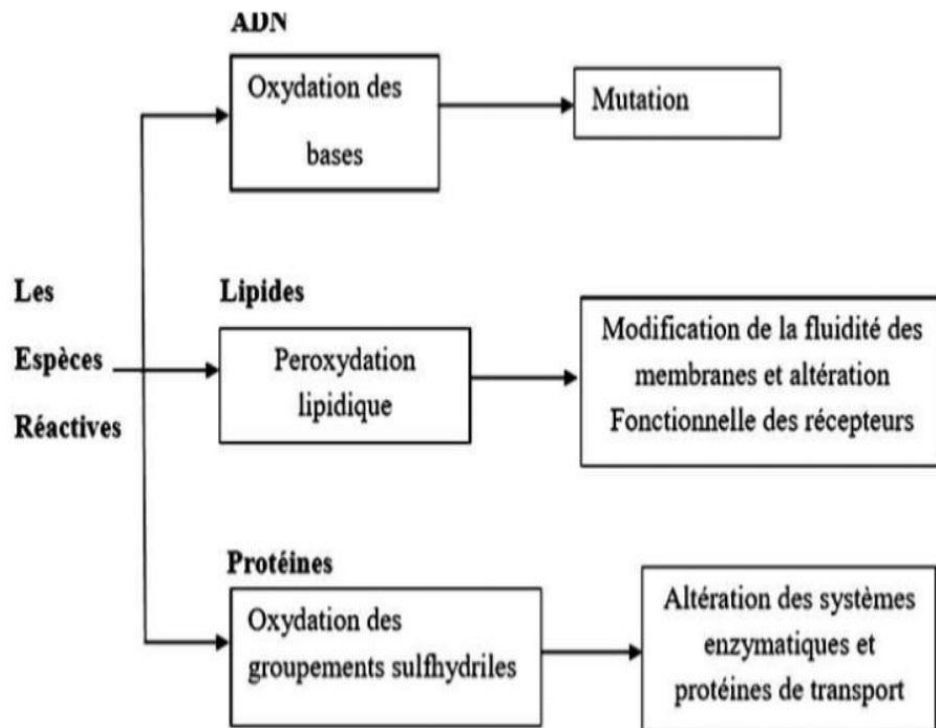


Figure 18 Effets des espèces réactives sur l'organisme (Favier. et al.,2003)

CHAPITRE II

MATERIEL ET

METHODES

L'objectif de cette étude est de comparer les activités anti-inflammatoire et antimicrobienne de la plante *Lawsonia inermis* provenant de cinq pays différents.

III-1 Méthodologies utilisées

Les méthodologies utilisées dans cette étude comparative ont impliqué la collecte des données provenant de cinq pays différents, à savoir l'Irak, la Palestine, le Gabon, l'Algérie et l'Inde. Des protocoles spécifiques ont été suivis pour garantir la fiabilité et la validité des résultats obtenus, en tenant compte des particularités de chaque région étudiée.

III-1-1 Collecte des données

Les données ont été rassemblées de manière méthodique, en collectant des données détaillées sur l'activité anti-inflammatoire et antimicrobienne de la plante *Lawsonia inermis* provenant de différentes contrées. Nous avons choisi et analysé des échantillons représentatifs afin d'obtenir des résultats pertinents et comparables entre les différentes régions.

III-1-2 Analyse comparative

Nous avons procédé à une analyse comparative des données recueillies en utilisant des tests adaptés afin d'évaluer les écarts importants entre les effets anti-inflammatoires et antimicrobiens de la plante *Lawsonia inermis* dans les cinq pays. Nous avons utilisé des techniques statistiques pour fournir une analyse approfondie des données collectées, permettant ainsi une interprétation précise et fiable des résultats.

III-1-3 Interprétation des résultats

Les conclusions de l'analyse des résultats mettent en évidence des différences significatives dans l'activité anti-inflammatoire et antimicrobienne de *Lawsonia inermis* selon les pays examinés. Des résultats ont été obtenus en soulignant les conséquences thérapeutiques éventuelles de ces disparités dans le traitement des inflammations et des infections.

III-2 L'Iraq

Ali Esmail Al-snafia a mené cette étude.

III-2-1 L'activité Antimicrobienne

III-2-1-a Matériel

III-2-1-a-1 Échantillons de feuilles de *Lawsonia inermis* collecte et préparation des feuilles pour l'extraction.

III-2-1-a-2. Solvants d'extraction éthanol, acétate d'éthyle, n-hexane, méthanol, chloroforme, et eau pour préparer différents extraits.

III-2-1-a-3 Plaques de culture bactérienne et fongique pour tester l'efficacité antibactérienne et antifongique des extraits.

III-2-1-a-4 Disques de papier de diffusion utilisés pour le test de diffusion sur disque afin d'évaluer l'activité antibactérienne des extraits.

III-2-1-a-5 Micropipettes et pointes pour manipuler précisément les extraits et les agents de culture.

III-2-1-a-6 Incubateurs pour maintenir les conditions optimales de croissance des bactéries et des champignons pendant les tests.

III-2-1-a-7 Spectrophotomètre pour mesurer la concentration minimale inhibitrice (CMI) et d'autres analyses quantitatives.

III-2-1-a-8 Matériel de biofilm pour évaluer l'effet des extraits sur la formation de biofilm, surtout pour les fractions butanoliques.

III-2-1-a-9 Matériel de laboratoire général béchers, tubes à essai, autoclave, et autres consommables de laboratoire.

Les extraits ont été évalués pour leur activité contre une gamme de souches bactériennes et fongiques en utilisant des méthodes comme le test de diffusion sur le disque. Les résultats ont montré des niveaux variés d'efficacité contre ces microorganismes.

III-2-1-b Méthodes

III-2-1-b-1 L'extrait éthanolique a montré l'effet antibactérien le plus élevé, suivi par les extraits d'acétate d'éthyle et de n-hexane.

III-2-1-b-2 Les valeurs de concentration minimale inhibitrice (CMI) de l'extrait éthanolique variaient de 800 à 4 000 µg/ml pour différentes souches bactériennes.

III-2-1-b-3 L'extrait méthanolique de *Lawsonia inermis* a montré la plus grande zone d'inhibition contre *Salmonella typhi* mesurant 20 mm/disque.

Les extraits aqueux et alcooliques aient montré une activité antimicrobienne plus puissante contre *Staphylococcus epidermidis* par rapport à *Staphylococcus aureus*. De plus, l'extrait aqueux a enregistré le plus grand diamètre de zone d'inhibition parmi les extraits testés.

III-2-1-b-4 L'extrait acétate d'éthyle et les fractions butanoliques ont montré des propriétés antibactériennes significatives, les fractions butanoliques ayant un effet plus élevé sur la formation de biofilm. Les analogues de la 2-hydroxy-1,4-naphtoquinone ont démontré de fortes activités contre de nombreuses bactéries d'origine alimentaire, à l'exception de *S. Typhimurium*.

III-2-1-b-5 Les extraits chloroformique, éthanolique et aqueux aient tous montré une activité antibactérienne contre une variété de bactéries. Les extraits chloroformique et aqueux ont été jugés efficaces en fonction de la concentration minimale inhibitrice (CMI)

III-2-1-b-6 les extraits de *Lawsonia inermis* aient également montré des effets inhibiteurs contre les champignons pathogènes humains et les dermatophytes, indiquant ainsi des activités antifongiques prometteuses

Les résultats suggèrent en effet que les feuilles de *Lawsonia inermis* pourraient être une source prometteuse d'agents antibactériens et antifongiques. Cependant, il est crucial de noter que ces conclusions sont basées sur des études en laboratoire, et que des recherches supplémentaires, y compris des essais cliniques, seraient nécessaires pour confirmer pleinement l'efficacité et l'innocuité de ces extraits à des fins thérapeutiques..

III-2-2 L'activité anti-inflammatoire**III-2-2-a Matériel**

III-2-2-a1 Échantillons des feuilles et des graines de henné: collecte et préparation des échantillons pour l'extraction.

III-2-2- a2 Solvants d'extraction méthanol, hexane, chloroforme, éthanol, et eau pour préparer différents extraits.

III-2-2-a3 Équipement pour extraction évaporateur rotatif, homogénéisateur, et autres équipements d'extraction.

III-2-2-a4 Animaux de laboratoire (souris et rats) pour des tests in vivo des effets analgésiques, anti-inflammatoires et antipyrétique.

III-2-2-a5 Cages et nourriture pour animaux pour maintenir les conditions de vie appropriées pour les animaux de laboratoire.

III-2-2-a6 Médicaments de référence diclofénac sodique et phénylbutazone pour comparer l'efficacité des extraits.

III-2-2-a7 Système de mesure de la douleur et de l'inflammation comme des pléthysmographes pour mesurer l'inflammation des pattes chez les rats.

III-2-2-a8 Spectrophotomètre Pour déterminer la concentration inhibitrice 50 (IC₅₀) des extraits.

III-2-2-a9 Équipement de chromatographie Pour isoler et identifier les composés actifs, tels que la *lawsone*.

III-2-2-a10 Matériel de laboratoire général pipettes, béchers, tubes à essai, autoclaves, et autres consommables de laboratoire.

III-2-2-b Méthodes

L'activité anti-inflammatoires de *Lawsonia inermis*

III-2-2-b1 L'extrait méthanolique des feuilles de henné ont ont montré une réduction significative des stimuli de douleur nociceptive chez la souris, indiquant ainsi de fortes propriétés analgésique

L'activité anti-5-LOX: parmi les extraits hexanique, chloroformique et méthanolique des graines de henné, l'extrait méthanolique a montré une activité anti-inflammatoire élevée avec une valeur d'IC₅₀ de 51 ± 0,23 mg/l.

III-2-2-b2 L'extrait aqueux: des feuilles de henné ont démontré une activité antiarthritique de manière dose-dépendante, comparable à celle du diclofénac sodique.

III-2-2-b3 Les extraits combinés: un mélange de feuilles de henné et d'extrait aqueux de feuilles de *Ricinus communis* ont réduit la largeur et le volume de l'articulation du genou chez les rats souffrant d'arthrose du genou induite, montrant également des effets analgésiques significatifs.

III-2-2-b4 L'extrait éthanolique brut de henné a produit des effets anti-inflammatoires, analgésiques et antipyrétiques significatifs chez le rat. Les fractions butanolique et chloroformique étaient plus puissantes que l'extrait brut, avec l'extrait butanolique étant le plus efficace dans les tests analgésiques.

III-2-2-b6 La lawsone un composé isolé de l'extrait chloroformique, la Lawsone (2-hydroxy-1,4-naphtoquinone), a montré activité anti-inflammatoire, analgésique et antipyrétique significative, comparable à celle de la phénylbutazone.

III-2-2-b7 Autres extraits les extraits méthanolique, éther de pétrole et acétate d'éthyle de feuilles de henné ont montré des effets analgésiques significatifs dans les modèles de douleur induite par l'acide acétique et la chaleur chez la souris.

III-2-2-b8 Effets synergiques La combinaison de l'extrait chloroformique de feuilles de henné et de tubercules de racines, avec l'extrait de *Chlorophytum borivilianum*, a montré une activité analgésique accrue suggérant des effets synergiques.

Ces études suggèrent que divers extraits de *Lawsonia inermis* ont des applications thérapeutiques potentielles en raison de leurs propriétés anti-inflammatoires analgésiques. Cependant, il est important de noter que même si ces résultats sont

prometteurs, des recherches et des essais cliniques supplémentaires sont nécessaires pour bien comprendre l'efficacité et la sécurité de ces extraits à usage humain. (Ali Esmail .et al.,2019).

III-3 Palesttine

M. Ashraf AlShafay, membre du département de biologie de la faculté de Sciences de l'Université islamique de Gaza, a réalisé cette étude.

III-3-1 L'activite Antimicrobienne

III-3-1-a Matière végétale

Les plantes séchées à l'air ont été identifiées et achetées du marché local par M. Ashraf AlShafay, Département de biologie, faculté des Sciences, Université islamique de Gaza.

III-3-1-a1 Microorganisme espèces de *Bacillus*, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella Pneumonie*, espèce *Proteus*, *Escherichia Coli* et *Pseudomonas aeruginosa* étaient utilisés comme organismes de test. La microbiologie service de l'hôpital El-Shifa à Gaza A fourni les isolats bactériens et M. Nahed Abd El-Lateef, chef de département de microbiologie à AL-Remal clinique identifiée et fournie candida Albicans et les espèces *Microsporium*. Le l'identité de tous les micro-organismes testés était confirmé à l'extraction de l'usine de technologie médicale l'air séché et matières en poudre de *L. Inermis*, H. Sabdariffa et écorce de *P. Granatum* (30 g) ont été extraits avec de l'eau et du méthanol (500L, 72h) sur appareil soxhlet. Les solvants ont ensuite été éliminés par séchage à l'air en utilisant un four pendant 3 jours à 40°C pour obtenir un extrait brut, qui a été stocké à 4°C dans des flacons sombres

III-3-1- b Méthodes

III-3-1-b1 Extraction de plantes l'étude a utilisé du *Lawsonia inermis* (henné), de l'hibiscus sabdariffa et du *Punica granatum* séchés à l'air libre et réduits en poudre. Les matériaux ont été extraits avec de l'eau et du méthanol.

III-3-1-b2 Tests antibactériens et antifongiques l'étude a utilisé la méthode de diffusion dans des puits d'agar pour tester l'activité antimicrobienne des extraits de

plantes contre plusieurs bactéries et champignons. Des souches de micro-organismes ont été cultivées et les extraits de plantes ont été testés pour déterminer leur capacité à inhiber la croissance.

III-3-1-c Résultats

III-3-1-c1 Effet antibactérien des extraits de plantes l'étude a révélé que les extraits aqueux et méthanoliques de *Lawsonia inermis* présentaient une activité antimicrobienne significative contre la plupart des bactéries testées, en particulier les bactéries à Gram positif, *Lawsonia inermis* présentant les zones d'inhibition les plus élevées contre *S. Aureus*.

III-3-1-c2 Effet antifongique les extraits ont montré une activité contre *C. Albicans* mais n'étaient pas efficaces contre les espèces *Microsporum spp.*

III-3-1-c3 Effet synergique un effet synergique significatif a été observé lorsque les extraits de plantes ont été combinés avec le fluconazole, notamment contre *C. Albicans*.

III-3-1-c4 Contre les bactéries multirésistantes une activité élevée a été observée contre plusieurs bactéries résistantes aux médicaments, ce qui suggère que ces extraits de plantes pourraient servir de base au développement de nouveaux agents antimicrobiens.

L'étude conclut que les extraits ont le potentiel d'être développés en agents antimicrobiens alternatifs en raison de leurs effets inhibiteurs significatifs contre une variété d'agents pathogènes. (Abdelraouf A .et al., 2011).

III-4 Le Gabon

Ce travail a été réalisé par Eimad Dine.

III-4-1 Matière végétale

Les échantillons de plantes ont été collectés d'oyem (Nord du Gabon) en juillet 2014. L'identification de l'espèce a été réalisée à l'herbier national de IPHAMETRA (Institut de Pharmacie et de Médecine Traditionnelle), libreville (Gabon). La matière végétale des échantillons a été lyophilisée, réduite en poudre, conservée à température ambiante

et à l'abri de la lumière. Chaque échantillon (20 g) a été mélangé avec 250 ml de solvant approprié [eau (100 %) ; eau-acétone (30:70, v/v) ; eau-éthanol (30:70, v/v)]. Les extraits aqueux ont été bouillis pendant 60 minutes. Après tous les extraits ont été filtrés et concentrés. Les extraits obtenus ont été lyophilisés et conservés dans des flacons stériles à 4 ° C.

III-4-2 Les produits chimiques et réactifs utilisés, tels que : quercétine , 1,1-diphényl-2-picryl hydrazyl (DPPH), 2,2'- Azino-bis (acide 3-éthylbenzthiazoline-6-sulfonique (ABTS), le persulfate de potassium et le réactif folin-ciocalteu ont été achetés auprès de fluka chemika (Suisse). Acide gallique, hydroxyanisole butylé (BHA) et les autres produits chimiques Ont été achetés chez sigma-aldrich (St Louis, MO, USA).

III-4-3 L'activité anti-inflammatoire

L'activité anti-inflammatoire et l'inhibition de la dénaturation des protéines par des extraits de plantes, en comparant leur efficacité à celle des médicaments standards.

III-4-3-a Méthodes

L'article aborde les préoccupations éthiques liées aux tests sur les animaux et suggère des méthodes alternatives pour évaluer les propriétés anti-inflammatoires, en se concentrant sur les évaluations in vitro.

III-4-3-b Inhibition de la dénaturation des protéines cette partie de l'étude mesure comment les différents extraits de plantes peuvent prévenir la dénaturation des protéines, un processus lié aux maladies inflammatoires et arthritiques.

III-4-3- c Résultats

III-4-3-c1 L'extrait de feuilles de *Lawsonia inermis L.* a montré une inhibition significative de la dénaturation de l'albumine induite par la chaleur avec une valeur IC₅₀ de 103,21 µg/mL. Le diclofénac (un anti-inflammatoire standard) a été utilisé comme contrôle avec une valeur d'IC₅₀ de 86,75 µg/mL pour l'inhibition de la dénaturation des protéines. L'inhibition des activités de dénaturation des protéines et de stabilisation membranaire a été évaluée à diverses concentrations d'extraits, indiquant une relation dose-réponse. (Eimad dine tariq B .et al., 2016)

III-5 L'Inde

Le botaniste Dr S. S. Khan a mené cette étude (spécimen : WR/102/LGOB/2006), au sein du département de botanique du Safia Science College, à Bhopal, dans le Madhya Pradesh, en Inde.

III-5-1 L'activité anti-inflammatoire

III-5-1-a Matériaux

- *L. Inermis L.* Écorce de tige et racine
- Composés d'isoplumbagine et de loisaritol
- Phénylbutazone à titre de comparaison
- Carraghénane pour induire une inflammation
- Fractions butanolique et chloroformique
- Fraction aqueuse d'extrait brut d'éthanol
- Des rats pour le modèle expérimental

III-5-1-b Méthodes

III-5-1-b1 Isolement des composés l'isoplumbagine et le lawsaritol ont été isolés de l'écorce de la tige et des racines de *Lawsonia inermis L.*

III-5-1-b2 Induction de l'inflammation l'œdème des pattes induit par le carraghénane a été utilisé comme modèle pour l'inflammation chez le rat.

III-5-1-b3 Posologie les composés phénylbutazone, isoplumbagine et lawsaritol ont été administrés par voie orale à une dose de 100 mg/kg.

III-5-1-b4 Évaluation de l'activité anti-inflammatoire en mesurant le pourcentage d'inhibition de l'œdème des pattes par rapport aux témoins.

III-5-1-c Résultats

III-5-1-c1 Pourcentages d'inhibition la phénylbutazone, l'isoplumbagine et le lawsaritol présentaient respectivement 61 %, 60 % et 40 % d'inhibition de l'œdème des pattes.

III-5-1-c2 Comparaison avec la phénylbutazone: l'isoplumbagine a montré une activité anti-inflammatoire importante, comparable à celle de la phénylbutazone.

III-5-1-c3 Les Fractions butanolique et chloroformique de l'extrait éthanolique brut de *L.inermis* ont montrés un effet anti-inflammatoire plus puissant que celui de la fraction aqueuse. De plus les effets anti-inflammatoires, analgésiques et antipyrétiques dépendaient de la dose.

III-5-1-c4 Activité des extraits de feuilles de *L. Inermis* ont démontré un effet anti-inflammatoire important. (Santosh Y.et al., 2013)

III-5-2 L'activite antimicrobienne

III-5-2-a Matériel végétal

L'identification de la plante *Lawsonia inermis* (famille : *Lythraceae*) a été réalisée par le botaniste Dr S. S. Khan (numéro de spécimen : WR/102/LGOB/2006), département de botanique, Safia Science College, Bhopal, Madhya Pradesh (Inde). Les feuilles de *Lawsonia inermis* (henné) ont été récoltées et séchées pendant quelques jours à l'ombre, puis réduites en poudre et conservées dans des bouteilles hermétiques pour des études ultérieures.

III-5-2-a1 Préparation de l'extrait les feuilles de *Lawsonia inermis* L. (100 g) ont été dégraissées avec du pétrole (1 000 ml) puis le résidu a été extrait dans du méthanol à 50 % à l'aide d'une ampoule à décanter. Le surnageant a été collecté et concentré dans un bain-marie à 40-50°C et séché dans un four à air chaud à 40°C. La poudre séchée a été conservée dans une boîte hermétique.

III-5-2-a2 Les micro-organismes les organismes testés comprenaient les bactéries à Gram positif ; *Bacillus cereus* (ATCC 11778), *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923) et bactéries Gram négatif ; *Klebsiella pneumoniae* (NCIM 2719), *Escherichia coli* (ATCC

25922) et *Pseudomonas pseudoalcaligenes* (ATCC 17440). Toutes les souches bactériennes ont été obtenues auprès du national chemical laboratory (NCL), pune, Inde. Les bactéries ont été cultivées dans le bouillon nutritif à 37°C et maintenues sur des géloses nutritives inclinées à 4°C.

III-5-2-a3 Test antibactérien l'activité antibactérienne de l'extrait de feuille de *Lawsonia inermis L.* a été déterminée par la méthode de diffusion sur disque de gélose à quatre concentrations différentes, à savoir 100, 75, 50 et 25 mg/ml. La gélose muller hinton a été préparée conformément aux instructions du fabricant et les plaques ont étéensemencées avec les micro-organismes appropriés. (*Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus* et *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli* et *Pseudomonas pseudoalcaligenes*).

Des disques de 6 mm de diamètre ont été préparés à partir de papier filtre whatmann n°1 et stérilisés. Les disques ont ensuite été imprégnés des extraits et du solvant DMSO.

Des antibiotiques pour les bactéries *Gram positif* (TE-tétracycline, OF-Ofloxacin, AZ-Azithromycine et PC-Pipéracilline) et *Gram négatif* (Fu-Nitrofurantoïne, GM Gentamicine, CX Cefotaxime et NF- Norfloxacin, 5 µg/disque) ont été utilisés comme des standards. Les plaques ont été incubées à 37°C pendant 24 heures et les zones d'inhibition ont été mesurées avec une échelle de mesure. Cette expérience a été réalisée en triplicata pour confirmer les résultats.

III-5-2-a4 Criblage phytochimique préliminaire un criblage phytochimique a été effectué pour l'extrait des feuilles de henné en utilisant la méthode adoptée par Crombie et al pour détecter la présence ou l'absence de métabolites secondaires tels que des alcaloïdes, des composés stéroïdiens, des composés phénoliques, des flavonoïdes, des saponines et des tanins en utilisant des standards .

III-5-2-c Résultats

Les résultats ont confirmé la présence des glycosides, des phytostérols, des stéroïdes, des saponines, des tanins et des flavonoïdes dans l'extrait des feuilles de la plante. Ces constituants phytochimiques sont reconnus comme une bonne source d'activité antimicrobienne et antioxydante [21]. Les résultats de l'analyse phytochimique ont été rapportés dans le tableau 04.

Tableau 04 Résultats du criblage phytochimique de l' extrait testé de *Lawsonia inermis*

S. Non.	Tests	Tests/Réactifs	Niveau
1	Glycosides	Borntrager's	+
2	Phytostérol	Chloroforme	+
3	Composés stéroïdiens	Le test de Salkowski	+
		Test de Lieberman	+
4	Saponines	Test de mousse	-
5	Tennis	Test de chlorure ferrique	+
		Test de formaldéhyde	+
		Test de phlobatanines	+
6	Flavonoïdes	Testez les flavonoïdes libres	+

Les résultats de l'activité antimicrobienne ont montré que l' extrait de *Lawsonia inermis* L. Présente un effet antimicrobien dépendant de la concentration avec une plus grande sensibilité pour les bactéries à *Gram négatif* que pour les bactéries à *Gram positif* utilisées dans l'étude. Les extraits de *Lawsonia inermis* ont montré une activité antibactérienne significative aux quatre concentrations testées 100, 75, 50 et 25 mg/ml . (Wasim R .et al., 2013).

Tableau 05 Résultats de l'activité antimicrobienne de l'extrait de feuilles de *Lawsonia inermis* contre les bactéries testées (Wasim R .et al., 2013)

Nom du Micro-organisme (Zone d'inhibition en mm)					
Concentration de l'échantillon à tester en (mg/ml)	Gram positif		Gram négatif		
	<i>Bacillus cereus</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>E.coli</i>	<i>Kléb. Pneumonie</i>	<i>Ps. Pseudoalcaligènes</i>
100	14.0	9.9	16.0	10.2	10.0
50	12.0	8.5	9.0	9.5	8.5
75	9.0	8.0	8.5	9.0	8.0
25	8.0	7.5	7.0	7.0	6.0

III-6 L'Algérie

Cette recherche Contribution à l'étude phytochimique et biologique de plante endémique *Lawsonia inermis*: comparaison entre deux types de séchages.

III-6-1-a Matériel végétal

Des échantillons ont été étudiés sur la plante *Lawsonia inermis* dont les feuilles ont été Séchées de différentes manières. La plante a été récoltée dans deux régions différentes l'extrait « F, A, S » a été récolter au niveau de la région de BECHAR et extrait « C » au niveau de la Région EL OUED.

III-6-a1 Les échantillons testés: plante à l'état frais (F) ; plante séchée au séchoir (S) plante séchée à l'air libre (A) ; et plante séchée à l'air libre de région Zribet el oued(C).

III-6-a2 Broyage et tamisage Les feuilles de *Lawsonia inermis* sont nettoyées et dépoussiérée des autres impuretés, puis séchées dans un endroit frais et bien aéré à l'abri de l'humidité et à température ambiante Pendant 15 jours pour mieux préserver les molécules thermosensibles à la lumière. Après Séchage, les feuilles sont récupérées pour la préparation des extraits éthanoliques. Dans notre travail, nous nous intéressons aux Extraits bruts des feuilles de *Lawsonia Inermis*.obtenus par macération par une solution d'éthanol et l'évaluation de leur activités antioxydante, antibactérienne et

antifongique, anti-inflammatoire, Enzymatiques, dosage des polyphénols et des flavonoïdes .

III-6-2 L'activité Anti-inflammatoire

L'étude de l'activité anti-inflammatoire de certains extraits de plante.

III-6-2-b Méthodes

III-6-2-b1 Inhibition de la dénaturation des protéines (méthode BSA) Cela implique l'utilisation des extraits de la plante pour inhiber la dénaturation thermique des protéines, une cause connue des maladies inflammatoires. Le principe est d'inhiber la dénaturation de la BSA (Bovine Serum Albumin) induite par la chaleur.

III-6-2-b2 Mode de fonctionnement diverses concentrations d'extraits de plantes sont mélangées à une solution de BSA et soumises à la chaleur pour mesurer leur activité anti-inflammatoire par leur capacité à inhiber la dénaturation des protéines.

III-6-2-b3 Activité anti-hémolytique L'objectif est d'évaluer la capacité des extraits à prévenir l'hémolyse des globules rouges induite par le stress osmotique et thermique, simulant des conditions analogues aux états inflammatoires.

III-6-2-c Résultats

III-6-2-c1 Le diclofénac a montré une activité hémolytique plus élevée, avec une lyse des globules rouges augmentant proportionnellement avec la concentration.

III-6-2-c2 Les extraits testés de la plante présentaient une faible activité hémolytique, suggérant ainsi l'absence d'effet toxique sur les érythrocytes.

III-6-2-c3 Les extraits de *Lawsonia inermis* ont démontré un effet protecteur contre le stress osmotique et thermique sur les érythrocytes, avec des taux d'inhibition corrélés à la concentration.

III-6-2-c4 Observations particulières

- L'extrait frais de *Lawsonia inermis* avait la meilleure activité anti-inflammatoire , suivi de l'extrait séché à l'air.
- L'inhibition moyenne de l'extrait séché par la méthode Bechar était de 81,89 0,59 %.
- l'extrait séché au four montre une inhibition moyenne de 78,39 2,77 % cela indiquerait une efficacité modérée.

Les mesures ont été effectuées en utilisant la spectrophotométrie pour quantifier la turbidité causée par l'hémolyse et les résultats ont indiqué que *Lawsonia inermis* pourrait avoir un potentiel dans le traitement des conditions inflammatoires. Cela pourrait être dû à ses effets stabilisateurs sur les membranes cellulaires et à ses capacités inhibitrices sur la dénaturation des protéines.

III-6-3 L'activité antimicrobienne

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

III-6-3-a Méthodes

III-6-3-a1 les activités antibactérienne et antifongique:

Les tests ont été effectués sur des extraits de *Lawsonia inermis* **contre les bactéries et les champignons.**

III-6-3-a2 Préparation du milieu de culture:

La gélose Mueller Hinton a été utilisée pour la culture bactérienne, et l'inoculation a été effectuée à 36 °C pendant 24 heures.

III-6-3-a3 La préparation de l'inoculum:

Des souches bactériennes et fongiques ont été cultivées et l'inoculum a été normalisé pour chaque souche à tester.

III-6-3-a4 Méthode de diffusion sur disque:

L'activité antimicrobienne a été évaluée à l'aide de la méthode de diffusion sur disque, où des disques de papier imprégnés d'extraits de la plante ont été placés sur une surface d'agar inoculée. Les zones d'inhibition ont été mesurées après 24 heures.

III-6-3-c Résultats

III-6-3-c1 L'activité antimicrobienne: Les résultats indiquent une variabilité de l'activité des extraits testés contre différentes souches bactériennes (*Gram positif* et *Gram négatif*) ainsi que contre des champignons.

III-6-3-c2 *E. Coli* et *S. Aureus*: ont montré une inhibition par les extraits, suggérant ainsi des propriétés antibactériennes potentielles.

III-6-3-c3 *Candida albicans* et *Aspergillus niger*: Les extraits ont démontré une variabilité de l'activité contre ces champignons, avec.

III-6-3-c4 Zones d'inhibition: Une activité antimicrobienne positive a été considérée lorsque le diamètre de la zone d'inhibition dépassait 6 mm.

III-6-3-d Observations supplémentaires

- Les extraits avaient une activité antibactérienne modérée contre *E. Coli* et une forte activité contre *S.Aureus*.
- Les extraits ont montré une activité antifongique modérée contre *Aspergillus niger* et une forte activité contre *Candida albicans*.
- Il n'y a eu aucun effet observé contre *Pseudomonas aeruginosa* avec les extraits testés.
- Il a été noté que les extraits frais et séchés de différentes régions présentaient des effets variés et que l'activité inhibitrice était proportionnelle à la concentration des extraits . (Mancef M . et Lemoualdi M .,2023)

CHAPITRE III
RESULTATS ET
DISCUTIOMN

IV-1 Comparaison des résultats de l'étude de *Lawsonia inermis* des cinq pays Iraq, Plastine, Inde, Algérie et Gabon

IV-1-1 Activité antimicrobienne

Il a été observé que tous les tests effectués sur la plante *Lawsonia inermis* dans les cinq pays sélectionnés ont démontré son efficacité et sa résistance aux antimicrobiens. Toutes les études concluent que les extraits de *Lawsonia inermis* ont une efficacité supérieure contre les bactéries à *Gram négatif* par rapport aux bactéries à *Gram positif*. Cela suggère que les extraits pourraient renfermer des substances particulièrement efficaces pour altérer la membrane externe des bactéries à *Gram négatif*. L'efficacité antimicrobienne varie non seulement selon le type de bactérie, mais aussi selon les souches fongiques examinées. D'autres extraits montrent une activité antifongique efficace, en particulier contre *Candida albicans* et *Aspergillus niger*, des agents pathogènes fréquemment rencontrés.

IV-1-2 L'activité antibactérienne

Les résultats de recherche montrant que les extraits hydroalcooliques et méthanoliques de *Lawsonia inermis* sont efficaces comme agents antibactériens, particulièrement contre les bactéries à *Gram positif* comme *Staphylococcus aureus*. Ces extraits, qui sont solubles dans l'eau et le méthanol, ont démontré une activité antibactérienne significative selon les études menées dans les cinq pays sélectionnés.

IV-1-3 L'activité antifongique

Les résultats de l'étude Palestine-Algérie ont montré que *Lawsonia inermis* était un antifongique très efficace contre le *Candida albicans*. Dans la majorité des cas, nous avons constaté une faible homogénéité des résultats de l'activité antifongique dans les quatre pays. Quelques extraits ont démontré une efficacité contre la *Candida albicans* et d'autres champignons, mais cette efficacité peut varier. Il est possible que cela soit causé par la variété des composés chimiques présents dans les extraits provenant de différentes régions ou par les variations dans les méthodes d'essai retenues.

IV-1-3-1 Synergie avec l'antifongique

L'association d'extraits de henné avec des médicaments antifongiques comme le fluconazole a révélé un effet synergique, cela suggère que le henné peut améliorer l'efficacité des traitements traditionnels.

IV-1-3-2 L'efficacité contre les bactéries multi-résistantes

Les extraits ont démontré une efficacité significative contre les bactéries résistantes aux médicaments. Cela souligne leur potentiel prometteur en tant que base pour le développement de nouvelles thérapies antimicrobiennes, visant à traiter les infections causées par des souches bactériennes qui sont devenues résistantes aux antibiotiques conventionnels.

IV-1-4 Activité anti-inflammatoire

Afin d'étudier et de comparer les résultats des recherches sur les propriétés anti-inflammatoires de la plante de henné (*Lawsonia inermis*) dans divers pays, il est nécessaire d'analyser les méthodes employées, les composés testés et les résultats obtenus. Voici une synthèse des recherches sur l'Irak, le Gabon, l'Inde et l'Algérie.

IV-1-4-a L'Iraq

- ◆ **Les échantillons étudiés:** Les extraits méthanolique, aqueux, et éthanolique de feuilles de henné.
- ◆ **Résultats:** l'extrait méthanolique de *Lawsonia inermis* ait montré une activité anti-inflammatoire significative, comparable à des médicaments standard tels que le diclofénac. De plus, des synergies avec d'autres extraits ont été notées, ce qui pourrait renforcer les effets anti-inflammatoires de l'extrait méthanolique

IV-1-4-b Le GABON

- ◆ **Les échantillons étudiés** L'extrait aqueux, l'extrait eau-acétone; et l'extrait hydroéthanolique de *Lawsonia inermis*, le standard diclofénac.
- ◆ **Résultats** l'extrait des feuilles a montré une inhibition significative de la dénaturation de l'albumine, un biomarqueur d'inflammation, avec des effets dose-dépendants.

IV-1-4-c L'inde

- ◆ **Les échantillons étudiés** L'isoioplumbagine et lawsaritol isolés de l'écorce isolés de l'écorce de la tige et des racines de *Lawsonia inermis L* testés contre l'inflammation induite chez le rat.
- ◆ **Résultats** Leur effet anti-inflammatoire comparable à la phénylbutazone, un médicament anti-inflammatoire non stéroïdien (AINS) utilisé pour soulager la douleur et l'inflammation, notamment dans des conditions comme l'arthrite.

IV-1-4-d L'Algérie

- ◆ **Les échantillons étudiés:** Des différents extraits éthanoliques issus de *Lawsonia inermis* (plante à l'état frais ; séchée au séchoir ; séchée à l'air libre ; et plante séchée à l'air libre)
- ◆ **Résultats** les extraits ont démontré un effet protecteur contre le stress oxidative avec des effets anti-inflammatoires importants

IV-1-5 Analyse Comparative

IV-1-5-1 Variabilité des méthodes impact significatif sur les composés extraits d'une des extraits testés , et par conséquent sur les résultats des études sur ses propriétés, y compris les propriétés anti-inflammatoires. chaque pays utilise des méthodes d'extraction et des solvants différents, ce qui peut influencer les résultats.

IV-1-5-2 Consistance des résultats montrant des effets anti-inflammatoires significatifs des extraits de henné, malgré les différences méthodologiques, suggère fortement que le henné possède des propriétés anti-inflammatoires intrinsèques.

IV-1-5-3 Impact des solvants comme le méthanol et l'éthanol semblent extraire des composés plus efficaces pour réduire l'inflammation, observé dans les résultats de plusieurs pays. Ces résultats soulignent l'efficacité potentielle de *Lawsonia inermis* comme traitement anti- inflammatoire naturel.

IV-1-6 Discussion

Les effets anti-inflammatoires et antimicrobiens du henné, bien que semblables dans des études menées en Iraq, Palestine, Inde, Gabon et Algérie, peuvent encore présenter des différences et des divergences influencées par divers éléments. Voici les principaux facteurs qui peuvent influencer ces variations :

1. Conditions de Croissance

Le climat, la nature du sol et les conditions environnementales propres à chaque zone de culture du henné peuvent influencer la quantité et le genre de composés bioactifs produits par la plante. Par exemple, un climat plus sec peut rendre la plante stressée, ce qui peut entraîner une augmentation de la production de certains métabolites secondaires tels que des mécanismes de défense. La composition du sol, y compris sa fertilité et son pH, peut avoir un impact sur la croissance des plantes et la concentration des composés actifs.

2. Pratiques Agricoles

La composition chimique des extraits de henné peut également être influencée par les méthodes de culture, de récolte et de traitement post-récolte. D'une région à l'autre, les pratiques comme l'irrigation, la fertilisation et même le moment de la récolte peuvent influencer sur les niveaux de composés actifs.

3. Méthodes d'extraction

Plusieurs solvants et techniques d'extraction (par exemple, l'alcool par rapport à l'eau ou l'extraction à chaud par rapport à froid) peuvent tous contribuer à des variations dans la composition chimique et les effets bioactifs du henné.

Les résultats de toutes les études, à la fois similaires et différents, confirment que *Lawsonia inermis* est riche en composés aux propriétés anti-inflammatoires et antimicrobiennes.

CONCLUSION

CONCLUTION GENERALE

Conclusion

Depuis des millénaires, la médecine et les produits naturels sont étroitement liés à travers les médecines traditionnelles et les médicaments naturels, où la connaissance des plantes médicinales et leur utilisation constituent un véritable patrimoine pour l'homme. L'utilisation de la plante médicinale *Lawsonia inermis*, communément connue sous le nom de henné, dans les domaines pharmaceutique, agroalimentaire et biotechnologique a suscité un grand intérêt dans la recherche de molécules bioactives, notamment les métabolites secondaires responsables de nombreuses activités biologiques telles que l'activité antimicrobienne et anti-inflammatoire.

La présente étude consiste à comparer les résultats d'études menées dans cinq pays : l'Iraq, la Palestine, le Gabon, l'Inde et l'Algérie, afin de comparer l'activité anti-inflammatoire et antimicrobienne de *Lawsonia inermis*. La majorité des études ont conclu que tous les extraits présentent une activité anti-inflammatoire significative, et il existe un résultat cohérent dans toutes les études indiquant que ces extraits possèdent également une activité antimicrobienne efficace. En analysant les données des études menées dans les cinq pays, quelques différences ont été constatées. Ces différences peuvent être attribuées à divers facteurs, tels que les conditions environnementales, la nature du sol, le climat, les méthodes de culture et de récolte, les méthodes d'extraction, la variété de la plante utilisée ou des conditions particulières d'échantillonnage. Les différentes techniques de culture, de transformation et de stockage peuvent avoir une influence sur la composition chimique de *Lawsonia*, ce qui peut entraîner des différences de qualité et d'efficacité entre les produits issus de différents pays.

Bien qu'il existe certaines différences dans les résultats concernant le degré exact d'efficacité et les types d'extraits les plus efficaces, la conclusion générale des différentes études indique un modèle cohérent *Lawsonia inermis* possède des propriétés antimicrobiennes et anti-inflammatoires significatives. Ces propriétés font de la plante un candidat prometteur pour de nouvelles recherches sur les remèdes naturels.

CONCLUSION GENERALE

Il est possible d'expliquer les légères différences observées par des différences méthodologiques telles que la partie de la plante utilisée, les techniques d'extraction et les conditions expérimentales particulières. Toutefois, l'accord global concernant le potentiel thérapeutique de *Lawsonia inermis* est évident, ce qui renforce l'idée qu'il pourrait être utilisé dans des traitements naturels efficaces.

REFERENCES

REFERENCES

A

- **Abdelraouf A. Elmanama, Amany A. Alyazji, Nedaa A. Abu Gheneima.** «Antibacterial, Antifungal and Synergistic Effect of Lawsonia * inermis, Punica granatum and Hibiscus sabdariffa». Annals of Alquds Medicine 7:33-41
- **Alia, B. H., Bashir, A. K., & Tanira, M. O. M. .** «Anti-Inflammatory, Antipyretic, and Analgesic Effects of Lawsonia inermis L.(Henna) in Rats».
- **ALI ESMAIL AL-SNAFIA.**« A review on lawsonia inermis: a potential medicinal plant».ISSN-0975-7066 Vol 11, Issue 5, 2019.
- **Ali Saleh R, 2012.** « Atlas des plantes médicinales et aromatiques du monde arabe, » Centre Arabe d'études des zones arides et des terres arides, Damas, 630p (version arab)
- **Almarie, A. A. A, 2020.** « Roles of terpenoids in essential oils and its potential as natural weed»
- **. Ahmed Ibrahim, Abdel-Fattah, Mona Hafez Hett(2000).**«Comparison between the Effect of Lawsonia inermis and flubendazole on Strongyloides species using scanning Electron microscopy». J ParasitDis. 2016 Jun; 40(2): 415–422.
- **Ahmad Ibrahim Husein , Mohammed Saleem Ali-Shtayeh1 , RanaMajed Jamous1 ,Salam Yousef abuZaitoun, WaheedJebriJondiet NidalAbd-AljaparZatar (2014).** «Antimicrobialactivities of six plants used in Traditional Arabic Palestinian Herbal Medicine» African Journal of Microbiology Research.
- **Akoègninou A., Vander Burg W.J.and Vander Maesen L.J.G. (2006)** .« Flore Analytique du Bénin, Backhuys Publishers, Leiden. Netherlands,» p 1034.
- **Ashour, M., Wink, M., & Gershenzon, J. (n.d.).** Biochemistry of Terpenoids Monoterpenes, Sesquiterpenes and Diterpenes. Biochemistry of Plant Secondary Metabolism, 258–303. Doi:10.1002/9781444320503.ch5

REFERENCES

B

- **Badiaga, M. (2011).**«< Etude ethnobotanique, phytochimique et activités biologiques de *Nauclea latifolia* Smith, une plante médicinale africaine récoltée au Mali>> (Doctoral Dissertation, Université Blaise Pascal-Clermont-Ferrand
- **Badoni Semwal, R., et al.,** *Lawsonia inermis* L. (henna): Ethnobotanical, Phytochemical and pharmacological aspects. *Journal of Ethnopharmacology* (2014), <http://dx.doi.org/10.1016/j.jep.2014.05.042>
- **Bakouan Y., Sessouma B., Tarpaga L., Yoda J., Djandé A , Bayo K,** 2021 . «<3-benzoyl-4-Hydroxy-coumarine: Synthèses et caractérisation d'une série de nouveaux composés>>. *J. Soc.Ouest-Afr. Chim*50: 23-29.pp24.
- **Batista . G. J. K., DaSilva M et al,** 2021. «<Generation and alterations of bioactive Organosulfur and phenolic compounds>>. *Chemical Changes During Processing and Storage of Foods*, Elsevier: 537-577.pp340
- **Bendif H. 2017.** «<Caractérisation phytochimique et détermination des activités Biologiques in vitro des extraits actifs de quelques lamiaceae>>: *ajuga iva* (L.) schreb., *Teucrium polium* L., *thymus munbyanus* subsp. *Coloratus* (boiss. & reut.) Machado P.S. and Cheynier V.2006. *Les polyphénols en agroalimentaire*. Lavoisier, Paris.398 p.Thèse de doctorat, Ecole normale.
- **Benhassane, H. (2018).**«< Evaluation du potentiel antimicrobien de *Lawsonia inermis*>>.
- **Booth N.L., Dejan N., Richard B., et Stoci E. (2004).**«<New lanthanide complexes Of 4 methyl 7 hydroxycoumarin and their pharmacological activity>>.
- **Botineau., (2010)**«< Botanique systématique et appliquée des plantes à fleurs>>édition Lavoisier 501p
- **Bruneton J., (1993).** «<Pharmacognosie et Phytochimie des plantes médicinales>> . 2ème Édition, Paris.
- **Bruneton J.1996.**«< Plantes toxiques, Végétaux dangereux pour l'homme et les animaux>>, 3ème édition, Lavoisier, Paris. 632 p.

REFERENCES

- **Bruneton. J. (1999).** «Eléments de phytochimie, Pharmacognosie et Plantes médicinales. Paris : Édition N 3: Tec & doc-Lavoisier ; 1999. P 1120.
- **Bruneton J., (2009).** «Pharmacognosie, Phytochimie, plantes médicinales», 4e Édition., revue Et augmentée, Éditions médicales internationales, Tec & Doc, Paris, France.
- **Burkill, 1995 .**«The useful plants of West Tropical Africa.» 2nd Edition. Volume 3, P 3.

C

- **Carocho, M., & Ferreira, I. C. (2013).**«natural and synthetic compounds, screening and analysis Methodologies and future perspectives». Food and chemical toxicology A review on antioxidants, prooxidants and Related controversy .
- **Cavin A., (1999).**«Investigations phytochimiques des trois plantes indonésiennes aux propriétés antioxydantes et antiradicalaires». *Tinospora crisp* (Menispermaceae), *Merremia emarginata* (Convolvulaceae) et *Orophea enneandra* (Annonaceae). Thèse de doctorat, Lausanne, 243 p.
- **Chauhan MG and Pillai ACPG. (2007).** «Microscopic profile of powdered drug used in Indian system of medicine», Jamnagar, Gujarat. 84-85.
- **Chira, K., Suh, J. H., Saucier, C., & Teissède, P. L., (2008).**«Les polyphénols du raisin. Phytothérapie», 6(2), 75-82. de la défense antioxydante. *Nutrition clinique et métabolisme*. 16: 233-239.
- **Cordell, G. A., (1981).** Introduction to alkaloids, a biogenetic approach, John Wiley, New York.
- **Cowan M.M., (1999).** «Plants products as antimicrobial agents». *Clinical Microbiology Reviews*, 12:564-582.

D

REFERENCES

- **Deina M., Rosa A., Casu V., Cottiglia F., et Bonsignore L. (2003).**«< Natural product : Their chemistry and biological significance>>. Journal of the American Oil Chemistry Society .
- **Delaveau .P (1985) .**«<Hénné>> : Act Pharmaceutique ;128p :67-68 pp .
- **Dhananjay Kumar Singh et SuaibLuqman.(2014).** «<Lawsoniainermis (L.): Une Perspective sur le potentiel anticancéreux de Mehndi / Henna>>.BiomedicalResearch And Therapy, 1(4), 112-120

E

- **Eddouks, M., Ouahidi, M. L., Farid, O., Moufid, A., Khalidi, A., & Lemhadri, A., (2007).**«< L'utilisation des plantes médicinales dans le traitement du diabète au Maroc>>. Phytothérapie, 5(4), 194-203.
- **El Babili F, Valentin A, Chatelaine C., (2013).**«< Lawsonia Inermis L.: Its Anatomy and Its Antimalarial, Antioxidant and Human Breast Cancer Cells MCF7 Activities>> .
- **Elkolli M, 2017.** «<Structure et activites des substances naturelles >>: principes et Applications,p65.
- **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, 20.
- **Eimad dine Tariq BOUHLALI, Khalid SELLAM, Mohamed BAMMOU, Chakib ALEM, Younes FILALI-ZEHZOUTI .** «<In vitro Antioxidant and anti-inflammatory properties of selected Moroccan medicinal plants>>. Journal of Applied Pharmaceutical Science Vol. 6 (05), pp. 156-162, May, 2016 Available online at <http://www.japsonline.com>

REFERENCES

F

- **Favier A., (2003).** «Le stress oxydant». L'actualité chimique 108.
- **Ford R.A., Hawkins D.R., Mayo B.C., Api A.M., (2001).**«< The in vitro dermal absorption and metabolism of coumarin by rats and by humanvolunteersundersimulated conditions of use in fragrances>>. Food and Chemical Toxicology, p39, 153-162 .
- **Frutos P, Hervás G, F Giráldez and A Mantecón., (2004).** «Tannins and ruminant nutrition>>. Spanish Journal of Agricultural Research, 2 (2), 191-202.

G

- **Gagandeep C . Sandeep G . Priyanka P.** «Lawsonia inermis Linnaeus» : Aphyto pharmacological Review Article . 2010 .
- **GAZENGEL JM.,ORECCHIONI AM., 2013** «Le préparateur en pharmacie>>Guide théorique et pratique. 2éme ed. Ed. Tec et Doc, Paris. France. 1443 p .
- **Ghedira K 2005.** «Les flavonoïdes: structure, propriétés biologiques, rôle prophylactique et Emplois en thérapeutique>>. , 3(4), 162–169, pp165 .
- **Guignard J.L. (1998).** Abrégé de botanique. Masson (Ed). Paris .
- **Gull, I., Sohail, M., Aslam, M. S., & Amin Athar, M. (2013).** «Phytochemical, Toxicological and antimicrobial evaluation of Lawsonia inermis extracts against clinical Isolates of pathogenic bacteria>>. Annals of clinical microbiology and antimicrobials, 12, 36. <https://doi.org/10.1186/1476-0711-12-36>.
- **Gülçin, I. (2012).** «Antioxidant activity of food constituents>> : an ove rview. Archives of Toxicology .

REFERENCES

H

- **Haddouchi F et Benmansour A, 2008.** «Huiles essentielles, obtentions, utilisations et Activités biologiques». Application à deux plantes aromatiques. Les technologies de Laboratoirevol. 3, no 8 .
- **Haleng, J., Pincemail, J., Defraigne, J. O., Charlier, C., & Chapelle, J. P., (2007).** Le stress oxydant. Revue médicale de Liège, 62(10), 628-38.
- **HASLAM E., 1994.** «Natural polyphenols (vegetable tannins): Gallic Acid Metabolism». Nat. Prod. Vol. (11) : 41-66.
- **HASLAM E., 1996.**«< Natural polyphenole (végétale tannins) as drugs possible Modes of action». Journal of nationale production, 59: 205-215.
- **Heimeur N., Idrissi H., Seghini M., (2004).** «Les polyphenols de Pyrus mamorensis (Rustaceae)». Reviews in biology and biotechnology. Vol 3 N°1, p 37-42.
- **Herraouya (1862).** «recherche pour servir à l’histoire naturelle et chimique , industrielle du Hénég» . Ed .paris .
- **Hoffman L., (2003).** «Etude du métabolisme des phénylpropanoïdes». Thèse de doctorat. Strasbourg .
- **Hollman J. P., L –Keen C., Mazza G., Messina M., Scalbert A., Vita J., Williamson G. Et BurrowesJ, 2007.** « Flavonoids and heart health : Proceeding of the ILSI North America Flavonoids workshop», may 31-june 1, 2005, Washington. Journal of Nutrition., 137 (3 supp1): 718 s-737 s pp721.

I

- **Iserin P et Vican, 2001.**«< Encyclopédie des plantes médicinales Identification, préparations, Soins» , Larousse Edition, Paris, 335p .

REFERENCES

J

- **Jean, B. (2009).** «Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales» (4e éd.). Lavoisier.

K

- **Kadiatou, malle (2011).**«< Durabilité de la culture du henné dans la région de Koulikoro, au Mali>>. : cas des communes rurales du Méguétan et de Banamba (<http://archimede.bibl.ulaval.ca/archimede/fichiers/28428/28428.pdf>) ; Mémoire de maîtrise en agroforesterie pour l'obtention du grade de maître ès sciences (M. Sc.) ; Faculté des études supérieures et postdoctorales de l'Université Laval - voir page 24 sur 119 .
- **Kamal, M., & Jawaid, T. (2011).**«< PHARMACOLOGICAL ACTIVITIES OF LAWSONIA INERMIS LINN>>.: A REVIEW. International journal of biomedical Research, 1, 37-43 .
- **KAMRA D.N., AGARWAL N., CHAUDHARY L.C., 2006.**«< Inhibition of Ruminant methanogenesis by tropical plants containing secondary compounds.International Congress Series>>. Vol. (1293) :156–163.
- **Kathirvel P, 2021.**«< Secondary Metabolites”, Darshan Publishers>> .148p,pp06
- **KHENAKA K., 2011.**«<Effet de diverses plantes médicinales et de leurs huiles Essentielles sur la méthanogénèse ruminale chez l'ovin>>. Thèse de Magister En Microbiologie Appliquée. Université Mentouri- Constantine. Algérie. 81p .
- **Killers:** recent developments, Essential Oils-Bioactive Compounds, New Perspectives and Applications: 1-22. Pp 09.
- **Kumar, M., Kaur, P., Kumar, S., & Kaur, S., (2015).** «<Antiproliferative and Apoptosis inducing effects of non-polar fractions from Lawsonia inermis L>>. In cervical (HeLa) cancer cells. Physiology and Molecular Biology of Plants, 21(2), 249-260 .

REFERENCES

- **Kumar, M., Kaur, P., Chandel, M., Singh, A. P., Jain, A., & Kaur, S., (2017).**

L

- **Laguerre, M., Lopez-Giraldo, L., Lecomte, J., Pina, M., Villeneuve,P., (2007).** «Outils d'évaluation in vitro de la capacité antioxydante». Oxford College of London, 14 (5): 278-292 .
- **Lemordant Denis, Forestier J.P.(1983).** «Commerce et henné. Identification, contrôle, Fraudes, additifs» . In: Journal d'agriculturetraditionnelle et de botanique appliquée, 30^eannée, bulletin n°3-4, Juillet-décembre. Pp. 283-310;
- **Lobstein, A., (2010).** «Substances naturelles et pharmacognosie, les alcaloïdes,» pp 3- 25.

M

- **Macheix J. J., Fleuriet A & Jay-Allemand C. 2005.** «Les composés phénoliques des Végétaux» : un exemple de métabolites secondaires d'importance économique. PPUR presses Polytechniques.192p.pp35
- **Malekzadeh, F. (1968).** «Antimicrobial activity of Lawsonia inermis L». Applied Microbiology..
- **MANGAN J. L. 1988.** «Nutritional effects of tannins in animal feeds». Nutr.Res. Rev. Vol. (1) : 209-231 .
- **Manuja A, Rathore N, Choudhary S, Kumar B.** «Phytochemical Screening, Cytotoxicity and Anti-inflammatory Activities of the Leaf Extracts from Lawsonia Inermis of Indian Origin to Explore their Potential for Medicinal Uses». Med Chem. 2021;17(6):576-586. Doi: 10.2174/1573406416666200221101953. PMID: 32081108.
- **MAKKAR H.P.S. 2003**« Effects and fate of tannins in ruminant animals, Adaptation to tannins, and strategies to overcome detrimental effects of feeding Tannin-rich feeds». Small Ruminant Research. Vol. (49): 241-256.

REFERENCES

- **Makhija IK., Dhananjaya DR., Kumar VS Devkar R., Khamar D., Manglani N., Chandakar S., 2011.** Lawsonia inermis -from traditional use to scientific assessment .
- **Masyita A., Sari R., DwiAstuti M., Yasir B, 2022.** «Terpenes and terpenoids as main Bioactive compounds of essential oils, their roles in human health and potential application as Natural food preservatives».” Food chemistry: X: 100217.1-13 .
- **MCSWEENEY C.S., PALMER B., MCNEILL D.M. and KRAUSE D.O.,2001**« Microbial interaction with tannins: nutritional consequences for Ruminants». Animal Feed Science and Technology. Vol. (91): 83-93 .
- **Meddour A., Yahia M., Benkiki1 N., Ayachi A. 2011.**« Étude de l'activité antioxydante et antibactérienne des extraits d'un ensemble des parties de la fleur du capparid spinosa L». Lebanese Science Journal 14(1) :49- .
- Mémoire présentée en vue de l’obtention du diplôme de Master. Présenté par: Mekki Mancef Lemoualdi Mounder.« Contribution à l’étude phytochimique et biologique de plante endémique Lawsonia inermis: comparaison entre deux types de séchages». Le 22/06/2023 .
- **Merouane A, Noui A, Medjahed H, Nedjari Benhadj Ali K, Saadi A., (2014).** «Activité antioxydante des composés phénoliques d'huile d'olive extraite par méthode traditionnelle». Int. J. Biol. . Chem. Sci., 8(4): 1865-1870. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v8i4.4 5>
- **MOHAMMEDI., 2013**«Etude Phytochimique et Activités Biologiques de Quelques Plantes médicinales de la Région Nord et Sud-Ouest de l’Algérie». Thèse De Doctorat en Biologie. Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen. Algérie. 169 .
- **Morena, M., Cristol, J. P., Bosc, J. Y., Tetta, C., Forret, G., Leger, C. L., & Canaud, B. (2002).**« Convective and diffusive losses of vitamin C

REFERENCES

during haemodiafiltration session : a contributive factor to oxidative stress in haemodialysis patients». *Nephrology Dialysis Transplantation* .

N

- **Novelli G. P. Role of free radicals in septic shock. *J. Physiol. Pharmacol.* 1997; 48: 517-527.**

O

- **O.A. Onuh, M. Odugbo, O.O. Oladipo, I.W. Olobayotan** bioRxiv 2021.06.02.446752; doi: <https://doi.org/10.1101/2021.06.02.446752> .
- **Orwa C, Mutua A, Kindt R, Jamnadass R, Anthony S.** Agroforestry Database: a tree Reference and selection guide version 4.0 (2009) <http://www.worldagroforestry.org/sites/treedbs/treedatabases.asp> .

P

- **Paris R. R et Moyses. (1965).** Précis de matière médicale Edition Paris : Masson.
- Phytochemical Investigation of the Crude and Fractionated Extracts of two Nigerian Herbs, *Mitragyna Inermis* (Wild) and *Lawsonia Inermis* (Linn) .
- **Pincemail, J., Bonjean, K., Cayeux, K., & Defraigne, J. O. <<(2002).** Mécanismes physiologiques de la défense antioxydante». *Nutrition clinique et métabolisme*, 16(4), 233-239.
- **Pisoschi, A. M., & Negulescu, G. P. (2011).** «Methods for total antioxidant activity Determination» : a review. *Biochem Anal Biochem* .

R

- **Raja W, Agrawal RC, Ovais M., (2009).** Chemopreventive action of *Lawsonia inermis* leaf extract on DMBA-induced skin papilloma and B16F10 melanoma tumour.

REFERENCES

- **Rahmoun, N., Boucherit-Otmani, Z., Boucherit, K., Benabdallah, M., & Choukchou-Braham, N. (2012).** «Antifungal activity of the Algerian Lawsonia Inermis(henna)». *Pharmaceutical Biology*, 51(1), 131–135. doi:10.3109/13880209.2012.715166 .
- **Robert Verpoorte (1997).** «Cyclopeptide alkaloids». *Nat. Prod. Rep.* 14 (1): 75–82. doi:10.1039/NP9971400075 .
- **Runsung W., Rahta k et Dutta S, 2015.**«< Métabolites secondaires des plantes dans la Découverte de médicaments>>. *Journal mondial de la recherche pharmaceutique*, 2015, vol. 4,N° 7, p. 604-613.pp605 .

S

- **Santosh Yadav, Anil Kumar, Jyotsna Dora and Ashok Kumar.**«<Essential Perspectives of Lawsonia inermis>>. *Review Article*. ISSN: 2277-5005 .
- **Sarita.G. – Mohd.A .-Sarwar.A.(1991).** «<Ethycholest 4 en 3 b olfrom the roots of Lawsonia inermis>>. *Phytochemistry*, vol 31 n° 7 PP 2558-2560 .
- **Singh S, Verma N, Karwasra R., (2015).**«<Safety and efficacy of hydroalcoholic extract from Lawsonia inermis leaves on lipid profile in alloxan-induceddiabetic rats>>. *Ayu* 36:107-12 .
- **Sonia c et Jean A,2011.** «<Polyphénols et procédés: transformation des polyphénols, au Travers des procédés appliqués à l’agro-alimentaire>>. *Lavoisier*,337p.pp06-08-10-12. Cyclophosphamide-induced urotoxicity in mice.
- **Sujanamulk B, Chintamaneni R, Chennupati A., (2016).** «<Evaluation of antifungal efficacy of ethanolic crude lawsone and Listerine>>® mouthwash in uncontrolled diabetics and denture wearers A randomized clinical trial. *J Clin DiagnRes* 10:ZC90-ZC5 .

T

- **Talab, Tayseer A., et al.** «<The Analgesic and Anti-inflammatory Effect of Lawsone Isolated From Lawsonia Inermis>>. *ScienceRise: Pharmaceutical Science*, no. 1, 2022, pp. 77-84, doi:10.15587/2519-4852.2022.253555.

REFERENCES

W

- **Wasim Raja, M. Ovais and Amit Dubey.** «Phytochemical Screening and Antibacterial Activity of Lawsonia inermis »ISSN 2079-2095. IDOSI Publications, 2013 Leaf Extract DOI:10.5829/idosi.ijmr.2013.4.1.6679 .
- **W –Erdman J., Balentine J. D., Arab L., Beecher G., Dwyer J. T., Folts J., Harnly.,Hollman J.P,L-keen C.,Mazza G., Messina M., Scalbert .**
- **Wilfred V., Ralph N, 2006.** Phenolic compound biochemistry Ed Springer. USA.276p.pp24,25 .
- **Wu, M., Luo, Q., Nie, R., Yang, X., Tang, Z., & Chen, H. (2020).**« Potential Implications of polyphenols on aging considering oxidative stress, inflammation, Autophagy, and gut microbiota». Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 1–19. doi:10.1080/10408398.2020.1773390 .

Y

- **Yang J.Y., Lee H.S., (2013).** «Antimicrobial activities of active component isolated from Lawsonia inermis leaves and structure-activity relationships of its analogues against food-borne bacteria». Journal of Food Science and Technology, [http://dx. doi.org/10.1007/s13197-013-1245-y](http://dx.doi.org/10.1007/s13197-013-1245-y) (in press).
- **Yang, JY., Lee, HS.** « Antimicrobial activities of active component isolated From Lawsonia inermis leaves and structure-activity relationships of its analogues Against food-borne bacteria». J Food Sci Technol 52, 2446–2451 (2015). <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1245-y> .
- **Yang, C. S., Huang, H. C., Wang, S. Y., Sung, P. J., Huang, G. J., Chen, J. J., &Kuo, Y. H., (2016).** «New diphenol and isocoumarins from the aerial part

REFERENCES

of Lawsonia inermis and their inhibitory activities against NO production». *Molecules*, 21(10), 1299.

Z

- **ZENK. M.H, JUENGER. M., 2007.**«Evolution and current status of the Phytochemistry of nitrogenous compounds». *Phytochemistry Review* 68, 2757 – 2772.
- **Ziegler J, Facchini P.J., (2008).**« Alkaloid Biosynthesis: Metabolism and Trafficking». *Annu Rev Plant Biol*; 59: 735-769.
- **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.

Résumés

RÉSUMÉS

Résumé

Lawsonia inermis communément appelée henné, est reconnue pour ses propriétés médicinales et son utilisation traditionnelle répandue dans plusieurs régions du monde. Une étude comparative approfondie a été menée pour analyser les données provenant de recherches réalisées dans cinq pays différents : l'Irak, la Palestine, le Gabon, l'Inde et l'Algérie. Cette étude se concentre particulièrement sur l'activité anti-inflammatoire et antimicrobienne de *Lawsonia inermis*, mettant en lumière son potentiel thérapeutique dans ces domaines. Dans l'analyse comparative de ces résultats des disparités significatives ont été observées entre les études menées dans différents pays. Ces variations peuvent être attribuées à des facteurs environnementaux qui influencent la composition chimique de la plante, tels que le stress hydrique, la composition du sol et l'exposition au soleil. Ces éléments sont connus pour influencer la synthèse des métabolites secondaires dans les plantes. Il est important de prendre en considération ces éléments lors de la planification de l'utilisation thérapeutique des extraits de henné. Les résultats de l'étude soulignent le potentiel prometteur de *Lawsonia inermis* en tant que traitement naturel avec des propriétés anti-inflammatoires et antimicrobiennes. Cependant, l'incertitude des méthodes utilisées dans les études et la variabilité des résultats nécessitent des recherches plus standardisées pour confirmer ces effets et évaluer leur pertinence *in vivo*.

Mots clés : *Lawsonia inermis*, activité anti-inflammatoire, activité antimicrobienne, antioxydant, étude comparative

RÉSUMÉS

Abstract

Lawsonia inermis commonly known as henna, is known for its medicinal properties and its traditional use widespread in several regions of the world. A comprehensive comparative study was conducted to analyze data from research conducted in five different countries: Iraq, Palestine, Gabon, India and Algeria. This study focuses particularly on the anti-inflammatory and antimicrobial activity of *Lawsonia inermis*, highlighting its therapeutic potential in these areas. In the comparative analysis of these results significant disparities were observed between studies conducted in different countries. These variations can be attributed to environmental factors that influence the chemical composition of the plant, such as water stress, soil composition and sun exposure. These elements are known to influence the synthesis of secondary metabolites in plants. It is important to consider these elements when planning the therapeutic use of henna extracts. The results of the study highlight the promising potential of *Lawsonia inermis* as a natural treatment with anti-inflammatory and antimicrobial properties. However, the uncertainty of the methods used in the studies and the variability of the results require more standardized research to confirm these effects and assess their relevance in vivo.

Key words : *Lawsonia inermis*, antimicrobial activity, anti-inflammatory activity, antioxidant, comparative study

ملخص

تشتهر *Lawsonia inermis* المعروفة باسم الحناء بخصائصها الطبية واستخدامها التقليدي على نطاق واسع في العديد من مناطق العالم. وأجريت دراسة مقارنة شاملة لتحليل البيانات المستمدة من البحوث التي أجريت في خمسة بلدان مختلفة هي: العراق وفلسطين وغابون والهند والجزائر. تركز هذه الدراسة بشكل خاص على النشاط المضاد للالتهابات ومضادات الميكروبات لـ *Lawsonia inermis*، مما يسلط الضوء على إمكاناته العلاجية في هذه المجالات. ولوحظت في التحليل المقارن لهذه النتائج تفاوتات كبيرة بين الدراسات التي أجريت في بلدان مختلفة. يمكن أن تُعزى هذه الاختلافات إلى العوامل البيئية التي تؤثر على التركيب الكيميائي للنبات، مثل الإجهاد المائي وتكوين التربة والتعرض للشمس. من المعروف أن هذه العناصر تؤثر على تخليق المستقلبات الثانوية في النباتات. من المهم مراعاة هذه العناصر عند التخطيط للاستخدام العلاجي لمستخلصات الحناء. تسلط نتائج الدراسة الضوء على الإمكانيات الواعدة لـ *Lawsonia inermis* كعلاج طبيعي بخصائص مضادة للالتهابات ومضادة للميكروبات. ومع ذلك، فإن عدم اليقين بشأن الأساليب المستخدمة في الدراسات وتباين النتائج يتطلب بحثاً موحداً أكثر لتأكيد هذه الآثار وتقييم أهميتها في الجسم الحي..

كلمات مفتاحية

لوسونيا انرميس، النشاط المضاد للميكروبات، النشاط المضاد للالتهابات، مضاد للأكسدة، دراسة مقارنة

<p>Année universitaire : 2023-2024</p>	<p>Présenté par : ZAABAT INAS ELGHALIA</p>
<p align="center">Etude Comparative de l'activité antimicrobienne et l'effet anti- inflammatoire de <i>Lawson inermis</i></p>	
<p align="center">Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master en Biochimie</p>	
<p>Résumé</p> <p>Lawsonia inermis communément appelée henné, est reconnue pour ses propriétés médicinales et son utilisation traditionnelle répandue dans plusieurs régions du monde. Une étude comparative approfondie a été menée pour analyser les données provenant de recherches réalisées dans cinq pays différents : l'Irak, la Palestine, le Gabon, l'Inde et l'Algérie. Cette étude se concentre particulièrement sur l'activité anti-inflammatoire et antimicrobienne de Lawsonia inermis, mettant en lumière son potentiel thérapeutique dans ces domaines. Dans l'analyse comparative de ces résultats des disparités significatives ont été observées entre les études menées dans différents pays. Ces variations peuvent être attribuées à des facteurs environnementaux qui influencent la composition chimique de la plante, tels que le stress hydrique, la composition du sol et l'exposition au soleil. Ces éléments sont connus pour influencer la synthèse des métabolites secondaires dans les plantes. Il est important de prendre en considération ces éléments lors de la planification de l'utilisation thérapeutique des extraits de henné. Les résultats de l'étude soulignent le potentiel prometteur de Lawsonia inermis en tant que traitement naturel avec des propriétés anti-inflammatoires et antimicrobiennes. Cependant, l'incertitude des méthodes utilisées dans les études et la variabilité des résultats nécessitent des recherches plus standardisées pour confirmer ces effets et évaluer leur pertinence in vivo.</p>	
<p>Mots clés : <i>Lawsonia inermis</i>, activité anti-inflammatoire, activité antimicrobienne, antioxydant, étude comparative</p>	
<p>Encadreur : Mme Bennamoun L. (MCB – Université Frères Mentouri, constantine 1) Président : Mme DAKHMOUCHE S. (MCA-EN Constantine Assia Djébar Université 3) Examineur: Mme KASSA LAOUAR M. (MCB – Université Frères Mentouri Constantine 1).</p>	