EPUBLIQUE ALGERIENNE DE MOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUREET

DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA

FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DE SCIENCES DE LA MATIERE



Mémoire

Présenté pour obtenir le diplôme de **Master**

En Chimie

Spécialité: Chimie pharmaceutique

Par :

LAMRI chaima AMERI chaimaa

Thème

Étude des composés bioactifs issus de plantes médicinales à intérêt thérapeutique

Soutenu publiquement le:20/06/2026, Devant le jury composé de :

Dr .AHMEDI Afaf	Grade: MCA	UYFM	Président
Dr. GHERDAOUI Dahbia	Garde: MCA	UYFM	Examinatrice
Dr. BOUAZZA Fatma	Grade: MCB	UYFM	Encadreur

Année universitaire:2025–2026

Résumé

Cette étude vise à optimiser l'extraction des composés phénoliques de Laurus nobilis par macération hydro-alcoolique. Après l'optimisation des principaux paramètres expérimentaux (volume du solvant, proportion d'éthanol et température), un rendement d'extraction de 25,61 % a été obtenu. L'étude cinétique a montré que la durée optimale d'extraction est de 24 heures.

L'extrait obtenu a été soumis à un test antioxydant permettant d'évaluer sa capacité à neutraliser les radicaux libres, quantifiée par la valeur d'IC_{50}, mettant en évidence un fort potentiel antioxydant. Par ailleurs, les tests biologiques ont révélé une activité antimicrobienne notable, avec une sensibilité élevée se traduisant par un diamètre d'inhibition de 14 mm, notamment vis-à-vis de Pseudomonas aeruginosa.

Mots-clés : Laurus nobilis, composés phénoliques, macération, activité antioxydante, activité antibactérienne.

ملخص

يهدف هذا البحث إلى تحسين كفاءة استخلاص المركبات الفينولية من نبات الغار باستخدام تقنية النقع. بعد تحديد العوامل الأساسية المتمثلة في حجم المذيب وتركيزه ودرجة الحرارة المناسبة، تم الحصول على مردود استخلاص قدره 25.61%. كما أظهرت الدراسة الحركية أن الزمن الأمثل للاستخلاص هو 24 ساعة.

سمح اختبار النشاط المضاد للأكسدة بتقييم قدرة المستخلص على إزالة الجذور الحرة، وتم تحديد هذه الفعالية كمّياً من خلال قيمة IC_{50}، مما يعكس كفاءة مضادة للأكسدة عالية.

كما أظهرت الاختبارات الميكروبيولوجية نشاطاً تثبيطياً إيجابياً، حيث بلغ قطر التثبيط 14 مم، خاصة تجاه السلالة البكتيرية Pseudomonas aeruginosa، مما يدل على فعالية مضادة للبكتيريا والفطريات.

الكلمات المفتاحية : ورق الغار، المركبات الفينولية، تقنية النقع، النشاط المضاد للأكسدة، النشاط المضاد للبكتيريا.

Abstract

This research aims to optimize the extraction efficiency of phenolic compounds from Laurus nobilis using the maceration technique. After optimizing key parameters such as solvent volume, ethanol concentration, and temperature, an extraction yield of 25.61% was achieved. The kinetic study revealed that the optimal extraction time is 24 hours.

The antioxidant activity assay was used to evaluate the free radical scavenging capacity of the extract. This activity was quantified using the IC_{50} value, indicating a strong antioxidant potential.

Furthermore, antimicrobial tests showed a positive inhibitory effect against the tested microbial strains, with an inhibition zone diameter of 14 mm, particularly against Pseudomonas aeruginosa, demonstrating notable antibacterial and antifungal activity.

Keywords: Bay laurel, phenolic compounds, maceration technique, antioxidant activity, antibacterial activity.

Remerciement

Nous tenons tout d'abord à exprimer nos remerciements les plus sincères à « ALLAH », le Tout-Puissant, qui nous a octroyé le courage, la force, la détermination et la patience tout au long de notre parcours universitaire.

• Nous adressons nos sincères remerciements à notre promotrice, Dr BOUAZZA Fatma, pour sa disponibilité et son aide tout au long de ce travail, ses précieux conseils, ses critiques constructives, ainsi que pour sa patience et sa compréhension.

• Bien entendu, nous remercions chaleureusement les membres de jury : Dr AHMEDI. Afaf en qualité de présidente, et Dr GHERDAOUI. Dahbia en qualité d'examinateur qui ont accepté de juger notre travail.

• Il ne faut pas oublier de remercier nos parents bien-aimés, qui nous ont toujours prodigué compréhension, affection et amour. Un grand merci à nos frères et sœurs, qui nous ont constamment soutenus et dont les encouragements ont été d'une grande aide. Ce travail n'aurait pas pu se réaliser sans l'appui constant de notre famille et leur éducation axée sur l'importance du respect de l'autre et du travail.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à tous les professeurs qui ont croisé notre route tout au long de notre parcours scolaire, que nous soyons à l'école primaire, au cycle moyen, au lycée ou même à l'université. Leurs cours ont joué un rôle essentiel dans notre éducation et notre épanouissement intellectuel.

C'est avec une immense joie que nous rédigeons ces mots en guise de gratitude et de reconnaissance envers tous ceux qui nous ont apporté leur soutien, directement ou indirectement, pour la réalisation de ce travail.



Dédicace

Ce moment ne peut être hérité ou acheté. J'ai sacrifié ma vie, ma jeunesse, mes nuits sans sommeil, mes angoisses et mes pleurs en le payant.

Il représente simultanément l'intensité de la réalisation et la goutte du deuil. La joie d'une existence entière : c'est la conclusion réjouissante de commencements encore plus impressionnants. « Mon rêve se matérialise. »

Je consacre l'obtention de mon diplôme à ceux qui représentent tout ce que je possède, à la base solide sur laquelle je m'appuie en période d'épreuve, à ceux qui incarnent la quintessence de la vie dans la vie elle-même, à ceux qui ont déployé des années d'efforts pour moi : mes parents. « Je dédie également l'obtention de mon diplôme à mon grand-père chéri, AMERI El Miloud — que Dieu lui fasse miséricorde — qui m'a tant apporté tout au long de mon parcours, ainsi qu'à mes sœurs et frères, à toute ma famille AMERI, et à la famille RABIA. À tous ceux qui ont été à mes côtés, que ce soit dans la joie ou dans l'adversité. »

Ameri chaimaa



Dédicace

Je dédie ma réussite et l'obtention

de mon diplôme à mon grand-père bien-aimé, qu'Allah lui fasse miséricorde, ainsi qu'à mes parents et à mes frères et sœurs qui ont toujours été mon soutien tout au long de mon parcours. Louange à Dieu pour cette bénédiction. Aujourd'hui, j'ai obtenu mon diplôme, j'ai partagé cette joie avec ceux que j'aime et j'ai vu le bonheur se dessiner sur leurs visages. C'est un moment inoubliable qui restera gravé dans ma mémoire pour le reste de ma vie.

Lamri chaima

Table des matières

Résumé

Remerciment

Dédicace

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction générale 1

Chapitre I : *Laurus nobilis L*

I.1.Introduction 3

I.2.Origine et distribution géographique 3

I.3.Laurier en Algérie 3

I.4.Description botanique 4

I.5. Classification botanique 5

I.6. L'importance de la plante 6

I.7. Activités biologiques de *Laurus nobilis L* 6

I.7.1. Activité antioxydante 6

I.7.2. Activité anti-inflammatoire 7

I.7.3.Activités antibactérienne, antibiofilm et antifongique 7

I.7.4.Activités insecticides, antiparasitaires et acaricides 7

I.7.5.Effet gastroprotectif et hypoglycémiant 8

I.7.6.Activité cytotoxique 8

I.7.8.Effet anticonvulsivant 8

Chapitre II : Les composés phénoliques

II .1. Définition 9

II .2. Classification 9

II .2.1. Acides phénoliques 9

II .2.2.Flavonoïdes 11

II.2.3. Tanins 12

II.2.4. Coumarines 13

II.2.5. Lignines 14

II.2.6. Stilbènes 14

II.2.7. Catéchines.....15
II .3. Composés chimiques de la plante.....16
II.4. Méthodes d'extraction des composés phénoliques.....16
II.4.1.Macération.....17
II.4.2. Décoction.....17
II.4.3. Infusion.....17
II.4.4. Percolation.....17
II.4.5. Méthodes modernes d'extraction.....18
II.4.5.1 Extraction continue (Soxhlet et Kumagawa).....18
II.4.5.2. Extraction assistée par ultrasons.....18
II.4.5.3. Extraction assistée par micro-ondes.....18
II.4.5.4. Extraction par fluide supercritique.....18
II.4.5.5. Extraction assistée par enzymes.....19
II.4.5.6. Extraction verte.....19
II.5. L'importance des composées phénolique.....19

Chapitre III : Matériels et méthodes

III.1. Objectif.....21
III .2. Lieu de travail.....21
III. 3. Matériels et méthodes.....21
III. 3. 1. Matériels.....21
III. 3. 1.1. Matériel de laboratoire utilisé.....21
III.3.1.2.Matériel végétal.....23
III.3.2. Méthodes.....24
III.3.2.1. Extraction des Composés phénoliques par macération.....24
III.3.2.2. Recherche des conditions optimales d'extraction.....27
III.3.2.2.1.Effet de volume.....27
III.3.2.2.2.Effet de la proportion d'éthanol.....27
III.3.2.2.3.Effet de la température, du volume de solvant et de la proportion d'éthanol.....28
III.3.2.3. Étude cinétique.....28
III.3.2.3.1. Principe.....28
III.3.2.3.2.Mode opératoire.....29
III. 4. Évaluation de l'activité antioxydante par la méthode DPPH.....29

III.4.1.Principe 29
III.4.2.Mode opératoire.....29
III.5. Évaluation des activités antimicrobiennes de l'extrait brut 31
III.5.1. Préparation du milieu de culture 31
III.5.2. Ré-isolement des souches bactériennes 31
III.5.3. Préparation de l'eau physiologique.....31
III.5.4. Préparation de l'inoculum.....32
III.5.5. Dilution de l'extrait.....32
III.5.6. Ensemencement 32
III.5.7. Méthode de diffusion en puits 33
III.5.8. L'incubation.....33

Chapitre IV: Résultats et Discussion

Conclusion et perspectives 34
Références Bibliographiques.....35

Liste des figures

Chapitre II : Les composés phénoliques

Figure II..1:Structures chimiques des acides phénoliques.....10
Figure II..2:Structures chimiques des flavonoïdes.....12
Figure II.3:Structures chimiques des tanins 13
Figure II..4:Structures chimiques des coumarines 13
Figure II..5:Structures chimiques des lignines.....14
Figure II.6:Structures chimiques des stilbènes 15
Figure II.7:Structures chimiques des catéchines..... 15

Chapitre III : Matériels et méthodes

Figure III.1: Préparation du matériel végétal (Laurus nobilis) A : Feuilles fraîches 24
Figure III .*2:*Mesure de la masse de la poudre végétale à l'aide d'une balance électronique.....24
Figure III.3: Préparation le solvant hydro-alcoolique (éthanol/eau).....24
Figure III.4: Préparation le mélange (poudre + solvant hydro-alcoolique) 25
Figure III.5: Mise en macération sous agitation orbitale.....255
Figure III.6: Filtration.....25
Figure III. 7: Centrifugation des filtrats 26
Figure III. 8: Évaporation du solvant par rotavapor.....26
Figure III. 9:Mesure de la masse de l'extrait sec 26
Figure III.10: Les étapes des préparations à différent volumes 27
Figure III.11:Aspect visuel des extraits obtenus avec différentes proportions d'éthanol (EtOH/ H_2O).....28
Figure III.12: Préparation de la solution de DPPH 30
Figure III.13 : Dégradation du radical DPPH (violet) en DPPH réduit (jaune) en présence d'antioxydants.....30
Figure III.14: Préparation du milieu de culture Nutrient Agar 31
Figure III.15: Ré- isolement des souches bactériennes 31
Figure III.16: Préparation de l'inoculum.....32
Figure III.17:Ensemencement de la suspension microbienne.....33
Figure III.18: Dépôt des extraits dans les puits.....33

Liste des tableaux

Chapitre I : *Laurus nobilis L*

Tableau I.1: Principaux organes végétatifs et reproducteurs de Laurus nobilis L. : feuilles, bourgeons, rameaux, fleurs, fruits et écorce. 4

Chapitre III : Matériels et méthodes

Tableau III.1 : Matérielles verrier et équipements utilisés 22

Tableau III.2: Appareillage utilisée 22

Tableau III.3: Produit et réactifs chimiques 23

Tableau III.4: Les Souches microbiennes utilisées.....23

Tableau III.5:Conditions expérimentales 28

Liste des abréviations

A_0 : Absorbance du contrôle

At : Absorbance de l'échantillon

BHA: Butylhydroxyanisole

BHT : Butylhydroxytoluène

DPPH:2,2-Diphényl-1-picrylhydrazyle

EAU : Extraction Assistée par Ultrasons

EPSP : Établissement Public de Santé de Proximité

EAM : Extraction Assistée par Micro-ondes

ERO: Espèces Réactives de l'Oxygène

I (%): Pourcentage d'inhibition

IL-1β : Interleukine-1 bêta

IC50 : Concentration inhibitrice à 50 %

L.: Linné

L. nobilis: Laurus nobilis

NADES : Natural Deep Eutectic Solvents (Solvants eutectiques naturels profonds)

NLRP3 NOD: like Receptor Pyrin Domain Containing 3

UV: Ultraviolet -Visible

R (%) : Rendement d'extraction

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Introduction générale

D'après la Xe édition de la Pharmacopée française, les plantes médicinales sont définies comme des drogues végétales possédant des propriétés préventives ou curatives **(Iserin, 2001).** Elles constituent une source importante de métabolites secondaires biologiquement actifs, largement exploités dans la recherche pharmaceutique**.**

Toutefois, leur utilisation thérapeutique nécessite une identification rigoureuse de l'espèce végétale ainsi que la validation de leurs activités par des tests biologiques appropriés **(Tyihák et al., 2007).** Ces composés peuvent présenter des effets à la fois bénéfiques et potentiellement indésirables selon leur nature et leur concentration **(Sofowora, 2010).**

Parmi ces métabolites secondaires, les polyphénols constituent une classe majeure de composés largement distribués dans le règne végétal, notamment dans les fruits, légumes, céréales, thé et café **(Edeoga et al., 2005).** Ils sont reconnus pour leurs nombreuses activités biologiques, en particulier leurs propriétés antioxydantes, antimicrobiennes, anti-inflammatoires et anticancéreuses **(Bouyahya, 2016).** Leur importance en médecine préventive ainsi que leur utilisation dans les industries agroalimentaire, pharmaceutique et cosmétique sont aujourd'hui bien établies **(Nkhili, 2009).** L'extraction de ces composés constitue ainsi une étape essentielle pour leur valorisation et leur caractérisation **(Mahmoudi et al., 2013).**

Dans ce contexte, le laurier noble (Laurus nobilis L.) représente une espèce végétale particulièrement riche en composés phénoliques. Appartenant à la famille des Lauracées, cette plante aromatique et médicinale est traditionnellement utilisée pour ses vertus thérapeutiques. Son nom latin, signifiant « toujours vert », fait référence à son feuillage persistant **(Pariente, 2001).** Aujourd'hui, Laurus nobilis suscite un intérêt croissant dans les domaines pharmaceutique, agroalimentaire et cosmétique en raison de ses propriétés biologiques reconnues **(Chaaben et al.2015)**. De nombreuses études ont mis en évidence ses activités antimicrobiennes et antioxydantes contre divers microorganismes pathogènes **(Bruneton, 1999 ; Demir et al. 2004 ; Bouchaale et Zouaoui, 2015).**

L'extraction des composés phénoliques du laurier noble repose principalement sur des procédés solide–liquide, notamment la macération hydro-alcoolique. Ce procédé consiste à mettre en contact prolongé une matrice végétale solide avec un solvant approprié afin de favoriser le transfert des composés bioactifs vers la phase liquide **(Poirot, 2007 ; Benzi, 1999).**

Dans ce cadre, ce travail de Master vise à optimiser l'extraction des composés phénoliques de Laurus nobilis par macération hydro-alcoolique, en étudiant l'influence des principaux paramètres opératoires, notamment la température, le volume du solvant, la proportion d'éthanol et le temps d'extraction. Les conditions optimales ont été déterminées à 50 °C, avec 80 mL de solvant contenant 30 % d'éthanol, permettant d'atteindre un rendement maximal de 28,54 %. L'étude cinétique a montré que la durée optimale d'extraction est de 24 heures.

Par ailleurs, l'activité antioxydante de l'extrait a été évaluée par la méthode DPPH, mettant en évidence une forte capacité de piégeage des radicaux libres avec une inhibition maximale de 88,23 % et une IC_{50} minimale observée après 12 heures d'extraction. Enfin, les tests antimicrobiens ont révélé une activité inhibitrice variable selon les souches bactériennes testées, avec une sensibilité plus marquée de Pseudomonas aeruginosa.

Ainsi, cette étude met en évidence le potentiel de Laurus nobilis comme source naturelle de composés bioactifs susceptibles d'être valorisés dans les domaines pharmaceutique, alimentaire et biotechnologique.

Ce travail est structuré en deux grandes parties. La première, bibliographique, comprend deux chapitres : le premier présente l'espèce végétale étudiée (Laurus nobilis) à travers ses généralités, sa description botanique, sa classification, son importance et ses activités biologiques ; le second est consacré aux composés phénoliques, en abordant leur définition, leur classification, leur structure chimique, les méthodes d'extraction et leur intérêt thérapeutique. La seconde partie, expérimentale, décrit d'abord le matériel et les méthodes utilisés, incluant la technique d'extraction, l'étude des paramètres influents, le suivi cinétique, ainsi que les tests d'activités antioxydante et antibactérienne. Ensuite, les résultats obtenus sont présentés et discutés. Enfin, une conclusion générale synthétise les apports de l'étude et ouvre sur des perspectives de recherche.

PARTIE THÉORIQUE

CHAPITRE I

LAURUS NOBILIS L

I.1.Introduction

Le laurier noble (*Laurus nobilis L*) est une plante de la famille des Lauracées, originaire du bassin méditerranéen **(Spichiger et al, 2002 ; Geerts et al, 2002)**. Il se présente sous forme d'un arbuste persistant aux feuilles aromatiques, utilisé depuis l'Antiquité comme condiment et en médecine traditionnelle pour ses propriétés digestives et antiseptiques **(Demir et al, 2004 ; Ferreira et al, 2006)**.Cette plante est riche en composés phénoliques, des substances naturelles reconnues pour leur puissante activité antioxydante. Ces composés jouent un rôle essentiel dans les propriétés thérapeutiques du laurier, notamment leurs effets anti-inflammatoires et antimicrobiens, ce qui en fait une plante d'intérêt majeur dans la recherche sur les plantes médicinales.

I.2.Origine et distribution géographique

Le laurier noble est l'une des trois espèces appartenant au genre Laurus **(Ballabio et Goetz, 2010)**. Considéré comme un vestige de la flore subtropicale du Tertiaire, il est originaire du bassin méditerranéen et de l'Asie Mineure, régions à partir desquelles il a été progressivement diffusé par les Grecs et les Romains **(Geerts et al, 2002 ; Iserin, 2001).**

Unique représentante méditerranéenne de la famille des Lauracées, cette espèce se développe naturellement dans les zones humides et les milieux à climat tempéré. Grâce à ses multiples usages et à sa grande capacité d'adaptation, sa culture s'est largement répandue au-delà de son aire d'origine. De nos jours, le laurier noble est cultivé dans de nombreux pays méditerranéens, notamment en Turquie, en Algérie, au Maroc, en Grèce et en France, ainsi que dans certaines régions d'Amérique centrale et des États-Unis. Il est principalement apprécié pour ses qualités ornementales, condimentaires et médicinales **(Demir et al, 2004 ; Barla et al, 2007 ; Yakhlef, 2010).**

I.3.Laurier en Algérie

En Algérie, le laurier noble, appelé Rand en arabe et Arssal en kabyle, est un arbuste persistant présent dans les forêts humides du nord-est (Annaba, El Kala, Guerbère Senhadja) et du Tell, fleurissant en mars-avril **(Ben Djamaa et al, 2012 ; Beloud, 2001)**. Utilisé traditionnellement en phytothérapie pour les troubles digestifs, le diabète et les rhumatismes **(Ferreira et al, 2006)**, il fait l'objet d'études récentes ayant démontré ses propriétés anti-inflammatoires et antimicrobiennes prometteuses (**Guedouari, 2012 ; Yakhlef, 2010)** , liées à

sa richesse en flavonoïdes **(Guedouari et al.)** . Si sa répartition botanique est bien connue **(Ben Djamaa et al, 2012)**, ses potentialités médicinales restent encore à explorer.

I.4.Description botanique

Tableau I. 1: Principaux organes végétatifs et reproducteurs de Laurus nobilis L. : feuilles, bourgeons, rameaux, fleurs, fruits et écorce.

	Description botanique	Photo
Laurier	Le Laurus nobilis L. (famille des Lauraceae) est un arbuste ou petit arbre aromatique mesurant généralement entre 2 et 10 m, caractérisé par une croissance lente et un tronc droit ramifié dès la base **(Quezel et Santa, 1963)**. Son écorce, de couleur sombre variant du gris au noir, est lisse chez les jeunes sujets puis devient rugueuse avec l'âge **(Quezel et Santa, 1963)**. Les tiges, dressées, présentent une base grisâtre et un sommet verdâtre, avec des ramifications ascendantes formant une cime dense et arrondie **(Iserin, 2001 ; Demir et al, 2004 ; Beloued, 2005).**	
Les Bourgeons	Bourgeons et rameaux Des bourgeons en forme de cône, étroits (longueur de 2 à 4 mm), de couleur verte avec une touche rouge.Des branches montantes, fortement feuillues ; des jeunes tiges frêles, sans poils, d'un vert teinté de rouge **(Stursa, 2001).**	
Feuilles	Feuilles. Les feuilles de Laurus nobilis L. constituent l'un des principaux caractères distinctifs de l'espèce. Elles sont simples, alternes, persistantes et coriaces, avec un limbe de forme lancéolée à oblongue. Leur longueur varie généralement de 5 à 12 cm, tandis que leur largeur est comprise entre 2 et 6 cm. Elles sont portées par un pétiole court et présentent une marge entière ainsi qu'un sommet aigu à acuminé. La face adaxiale est vert foncé, luisante et glabre, alors que la face abaxiale est plus pâle et marquée par une nervation nettement visible. La présence de nombreuses glandes sécrétrices contenant des huiles essentielles confère aux feuilles leur parfum caractéristique, particulièrement perceptible lorsqu'elles sont froissées. Cette richesse en composés aromatiques explique leur large utilisation dans les domaines culinaire, pharmaceutique et cosmétique **(Quezel et santa, 1963).**	
Fleurs	Fleurs. Chez Laurus nobilis L., la floraison se produit généralement au printemps, entre mars et mai. Les fleurs, de petite taille et de couleur jaune verdâtre à blanchâtre, sont disposées en ombelles axillaires portées par de courts pédoncules. Cette espèce est majoritairement dioïque, les fleurs mâles et femelles se développant sur des individus distincts. Les fleurs mâles renferment plusieurs étamines fertiles assurant la production du pollen, tandis que les fleurs femelles présentent un ovaire supère accompagné de staminodes, structures stériles correspondant à des étamines réduites **(Tutin et al., 1993 ; Heywood et al., 2007).** Cette organisation	

	florale favorise la pollinisation croisée et contribue à la diversité génétique de l'espèce.	
Fruits	Fruits et mode de dissémination. Chez Laurus nobilis L., le fruit est une baie charnue, de forme ovoïde à ellipsoïde, dont la couleur passe progressivement du vert au noir violacé à maturité. Chaque fruit contient généralement une seule graine oléagineuse, caractérisée par une forte teneur en lipides de réserve. La reproduction sexuée de l'espèce repose principalement sur une pollinisation entomophile assurée par diverses espèces d'insectes. Après maturation, les fruits sont consommés par les oiseaux, qui jouent un rôle majeur dans la dissémination des graines et la propagation naturelle de l'espèce à travers différents habitats **(Vernet, 2001 ; Pignatti, 2002).** Cette stratégie de dispersion favorise l'extension géographique et le maintien des populations naturelles de L. nobilis	
Les Branches	Branches et bourgeons. Chez Laurus nobilis L., les branches adoptent un port ascendant à oblique, contribuant à la formation d'une couronne dense et compacte. Les jeunes rameaux sont fins, glabres et caractérisés par une coloration brun rougeâtre. Les bourgeons, de petite taille et de forme étroite à conique, présentent une teinte vert rougeâtre et mesurent généralement entre 0,2 et 0,4 cm de longueur **(Quezel et Santa, 1963).** Ces caractéristiques morphologiques constituent des critères diagnostiques utiles pour l'identification de l'espèce.	
Les tiges	Tige et écorce. Les branches de Laurus nobilis L. sont portées par une tige droite, présentant une coloration grisâtre à la base et verdâtre dans sa partie supérieure **(Iserin, 2001 ; Demir et al, 2004).** Chez les jeunes individus, le tronc est recouvert d'une écorce lisse dont la couleur varie du vert olive au noirâtre. Au cours du développement de la plante, cette écorce évolue progressivement vers une teinte grise et devient plus épaisse et rugueuse. La formation d'une écorce mature est un processus lent qui nécessite plusieurs années de croissance **(Geerts et al, 2002 ; Botineau et Pelt, 2015 ; Beloued, 2005).**	

I.5. Classification botanique

Le laurier noble (Laurus nobilis L), communément appelé laurier-sauce, appartient à la famille des Lauracées. Il s'agit d'une plante angiosperme, caractérisée par la présence de fleurs et de graines enfermées dans un fruit. Selon la classification proposée par **Quezel et Santa (1962),** cette espèce est rattachée au règne des Plantae, à l'embranchement des Spermatophytes, au sous-embranchement des Angiospermes, à la classe des Dicotylédones, à la sous-classe des Dialypétales, à l'ordre des Laurales, à la famille des Lauracées et au genre Laurus, dont elle constitue l'espèce Laurus nobilis L. Cette classification a été confirmée et actualisée par le système phylogénétique APG III (2009), largement adopté

dans les études botaniques contemporaines. Par ailleurs, plusieurs cultivars de L. Nobilis ont été décrits, notamment « Aurea », « Crispa », « Bay Junior » et « Sunspot », qui se distinguent principalement par des variations morphologiques de leurs feuilles **(Quezel et Santa, 1962).** Cette diversité intra spécifique constitue un élément important pour l'identification taxonomique et l'étude des propriétés phytochimiques de l'espèce.

I.6. L'importance de la plante

Laurus nobilis L (laurier noble) occupe une place importante dans les domaines médical, alimentaire et industriel. Ses feuilles aromatiques, riches en composés antibactériens et antioxydants, sont largement utilisées comme épice et agent de conservation alimentaire **(Elharas et al., 2013 ; Dias et al., 2014 ; Nadeem et al., 2018).** En médecine traditionnelle, il est employé pour traiter divers troubles digestifs ainsi que certaines affections telles que les rhumatismes, les névralgies et les infections **(Iserin, 2001 ; Bendjersi, 2017 ; Peixoto et al., 2017).** Les extraits aqueux et huiles essentielles présentent des propriétés anti-inflammatoires, antimicrobiennes et antifongiques, avec des applications en phytothérapie, cosmétique et soins traditionnels **(Sayyah et al., 2002 ; Demir et al., 2004; Ouibrahim et al., 2015).** Par ailleurs, le laurier possède diverses activités pharmacologiques (analgésiques, myorelaxantes, neuroprotectrices), ce qui renforce son intérêt dans la sécurité alimentaire et la recherche scientifique moderne, faisant de cette plante une ressource à forte valeur ethnobotanique et industrielle **(Barla et al., 2007 ; Ham et al., 2011 ; Taarabt et al., 2017 ; Simić et al., 2003).**

I.7. Activités biologiques de *Laurus nobilis L*

I.7.1. Activité antioxydante

Laurus nobilis L. présente une activité antioxydante remarquable, mise en évidence dans les extraits méthanoliques, éthanoliques ainsi que dans les huiles essentielles obtenues à partir des feuilles, des fruits et des graines. Cette activité a été évaluée à l'aide de différentes méthodes, notamment le test de piégeage du radical libre DPPH, le système β-carotène/acide linoléique et l'évaluation de la peroxydation lipidique dans les liposomes **(Simić et al., 2003 ; Özcan et al., 2010 ; Ferreira et al., 2006).** Les résultats montrent généralement que les extraits polaires et dégraissés possèdent le pouvoir antioxydant le plus élevé. Cette activité est principalement attribuée à la présence de composés bioactifs tels que les tocophérols (vitamine E) et les flavonoïdes sous forme de glycosides flavonoliques.

I.7.2. Activité anti-inflammatoire

Plusieurs études ont démontré les propriétés anti-inflammatoires de *Laurus nobilis L*. L'extrait méthanolique des feuilles est notamment capable d'inhiber l'activation de l'inflammasome NLRP3, réduisant ainsi la production de cytokines pro-inflammatoires telles que l'interleukine-1β (IL-1β) **(Lee et al., 2018 ; Gicquel et al., 2016).** Par ailleurs, différents composés bioactifs isolés de cette espèce, notamment plusieurs lactones sesquiterpéniques, ont montré des effets anti-inflammatoires significatifs aussi bien in vitro qu'in vivo **(Fang et al., 2005 ; Olivier et Ismael, 2017).** Ces résultats confirment le potentiel thérapeutique du laurier noble dans la prévention et le traitement des maladies inflammatoires.

I.7.3.Activités antibactérienne, antibiofilm et antifongique

Des études ont démontré que les extraits de la feuille de Laurus nobilis L. ont un effet antibactérien sur des bactéries pathogènes comme la Salmonella Typhimurium, le Staphylococcus aureus et l'Escherichia coli, en plus d'une propriété pour prévenir la création de biofilm **(Dadalioglu et Evrendilek, 2004 ; Chmit et al, 2014).** Ils ont aussi une action antifongique notable contre Fusarium sporotrichioides, due à leur teneur élevée en composés phénoliques (tels que les flavonoïdes, les acides phénoliques, les tannins) **(Salhi et al., 2015 ; Al-Hussaini et al., 2009).** Cette double fonction positionne le laurier noble comme une ressource prometteuse d'agents antimicrobiens naturels dans les secteurs pharmaceutique, alimentaire et agricole.

I.7.4.Activités insecticides, antiparasitaires et acaricides

Les extraits de Laurus nobilis L. démontrent une variété d'actions contre différents organismes nuisibles. En matière d'insecticide, ils ont démontré une capacité répulsive et insecticide contre les insectes nuisibles des produits stockés, comme Sitophilus oryzae, Rhyzopertha dominica et Tribolium castaneum, ainsi que contre les moustiques vecteurs de maladies, à l'image de Culex pipiens **(Rozman et al, 2007 ; Erler et al., 2006).** De plus, ces échantillons ont manifesté une activité anthelminthique in vitro et in vivo, inhibant la éclosion des œufs et la motilité des vers adultes de Haemonchus contortus et Heligmosomoides polygyrus **(Sebai et al., 2022).** Ils ont aussi une action anti-acarienne contre la tique Hyalomma scupense et le pou rouge Dermanyssus gallinae, due à la présence de composés bioactifs comme les phénylpropanoïdes et les terpènes **(Alimi et al., 2021).**Les caractéristiques du laurier noble en font une ressource naturelle potentiellement bénéfique

pour la protection des produits entreposés, la lutte contre les insectes porteurs de maladies, ainsi que pour la médecine vétérinaire et l'agriculture.

I.7.5.Effet gastroprotectif et hypoglycémiant

Laurus nobilis L. extrait : un effet de protection gastrique et hypoglycémiant. Les préparations de Laurus nobilis L., qu'il s'agisse de décoctions ou d'extraits méthanoliques dérivés des fruits et des feuilles, ont montré un effet de protectionsur l'estomac vis-à-vis des lésions expérimentales **(Gürbüz et al., 2002).** De plus, l'extrait éthanolique des feuilles réduit fortement le taux de sucre dans le sang chez les animaux atteints de diabète **(Bechkri et Meslem, 2018 ; Khan et al, 2009).** Le laurier noble, avec ses caractéristiques gastroprotectrices et hypoglycémiantes, représente une sourcenaturelle prometteuse pour la prise en charge des ulcères gastriques et du diabète

I.7.6.Activité cytotoxique

Des extraits de Laurus nobilis L., comme l'extrait au n-hexane, ainsi que des lactones de sesquiterpènes prélevées dans les feuilles et les fruits, mettent en évidence une attention cytotoxique notable contre la lignée cellulaire cancéreuse ovarienne A2780 **(Fang et al, 2005 ; Barla et al, 2007)**

I.7.8.Effet anticonvulsivant

Selon **Sayyah et al. (2002)**, les extraits de Laurus nobilis L. se sont montrés efficaces pour prévenir les crises expérimentales induites par des électrochocs et du pentylènetétrazol.

CHAPITRE II

LES COMPOSÉS PHÉNOLIQUES

II .1. Définition

Les composés phénoliques, également appelés polyphénols, constituent une vaste famille de métabolites secondaires largement distribués dans l'ensemble des organes végétaux. Sur le plan structural, ils sont caractérisés par la présence d'au moins un noyau aromatique benzénique portant un ou plusieurs groupements hydroxyles (–OH) **(Bruneton, 1999).**

Avec plus de 8 000 structures identifiées à ce jour, les composés phénoliques représentent l'une des plus importantes classes de métabolites végétaux. Ils regroupent notamment les flavonoïdes, les acides phénoliques, les tanins, les lignanes et de nombreux autres dérivés phénoliques **(Dacosta, 2003).**

Chez les plantes, ces composés jouent un rôle essentiel dans les mécanismes de défense contre les agressions biotiques, telles que les attaques de microorganismes et d'herbivores, ainsi que contre les stress abiotiques, notamment les rayonnements ultraviolets, les variations de température et le stress oxydatif. Ils contribuent également aux propriétés organoleptiques des végétaux, en influençant la couleur, la saveur, l'arôme et l'astringence des fruits, des feuilles et d'autres organes végétaux **(Lattanzio et al., 2006 ; Samanta et al., 2011).**

Au-delà de leur rôle physiologique chez les plantes, les composés phénoliques suscitent un intérêt croissant dans les domaines de la nutrition, de la pharmacologie et de la santé humaine. En effet, leurs propriétés antioxydantes leur permettent de neutraliser les radicaux libres et de limiter les dommages causés par le stress oxydatif, impliqué dans le développement de nombreuses maladies chroniques **(Gee et Johnson, 2001 ; Paganga et al., 1999 ; Brown et al., 1998).** Ces caractéristiques expliquent l'importance croissante accordée aux polyphénols dans la recherche scientifique et dans le développement de produits à visée thérapeutique et nutraceutique.

II .2. Classification

II .2.1. Acides phénoliques

Les acides phénoliques constituent une importante classe de métabolites secondaires largement répandus dans le règne végétal. Ils sont caractérisés par la présence d'un noyau benzénique portant au moins un groupement hydroxyle phénolique ainsi qu'une fonction carboxylique **(Bruneton, 2008 ; Dupont et Guignard, 2012).** Dans les tissus végétaux, ces composés sont rarement présents à l'état libre ; ils sont généralement associés à d'autres

molécules sous forme d'esters, d'éthers ou d'hétérosides, ce qui influence leurs propriétés physicochimiques et biologiques. Leur nature polaire leur confère une bonne solubilité dans les solvants polaires tels que l'eau, le méthanol et l'éthanol **(Macheix et al., 1990 ; Wichtl et Anton, 2009).**

La biosynthèse des acides phénoliques est principalement assurée par les voies métaboliques du shikimate et de l'acétate, qui conduisent à la formation de nombreux composés phénoliques impliqués dans la croissance, le développement et les mécanismes de défense des plantes **(Hennebelle, 2006)**. Sur le plan structural, ces composés sont généralement répartis en deux grandes catégories. La première regroupe les dérivés de l'acide benzoïque (C6–C1), tels que l'acide gallique, l'acide vanillique et l'acide salicylique. La seconde comprend les dérivés de l'acide cinnamique (C6–C3), parmi lesquels figurent l'acide caféique, l'acide férulique, l'acide p-coumarique et l'acide chlorogénique **(Bruneton, 1993 ; Pandey et Rizvi, 2009).**

Au-delà de leur rôle physiologique chez les végétaux, les acides phénoliques présentent un intérêt considérable en raison de leurs nombreuses activités biologiques. De nombreuses études ont mis en évidence leurs propriétés antioxydantes, anti-inflammatoires, antimicrobiennes et antiseptiques, qui contribuent à la protection de l'organisme contre les dommages induits par le stress oxydatif et l'inflammation chronique. Grâce à ces effets bénéfiques, ils participent à la prévention de diverses pathologies, notamment les maladies cardiovasculaires, les troubles neurodégénératifs, le diabète et certains types de cancers **(Iserin et al., 2001 ; Vauzour, 2014 ; Chedea et Pop, 2019).** Ainsi, les acides phénoliques représentent des composés bioactifs d'un grand intérêt pour les domaines de la nutrition, de la pharmacologie et de la santé humaine.

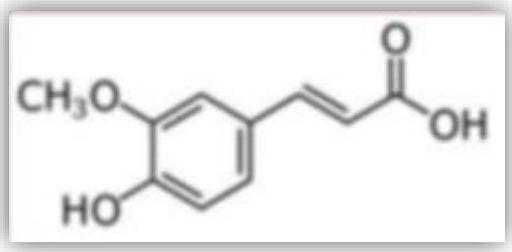


Figure II.1:Structures chimiques des acides phénoliques

II .2.2.Flavonoïdes

Les flavonoïdes constituent l'une des plus importantes classes de composés phénoliques naturellement présents dans le règne végétal **(Bruneton, 1999 ; Marzocchella et al., 2011).** Le terme « flavonoïde » dérive du mot latin flavus, signifiant « jaune », en référence à la coloration jaune que plusieurs de ces composés confèrent aux fleurs, aux fruits et parfois aux feuilles de certaines espèces végétales **(Bouakaz, 2006 ; Havsteen, 2002).**

Sur le plan structural, les flavonoïdes sont caractérisés par un squelette carboné de type C6–C3–C6, constitué de deux noyaux aromatiques (A et B) reliés par une chaîne de trois atomes de carbone généralement cyclisée pour former un hétérocycle oxygéné **(Andersen et Jordheim, 2010 ; Crozier et al., 2009).** Cette structure de base est à l'origine d'une grande diversité de composés, résultant des différentes substitutions et modifications chimiques pouvant affecter les cycles aromatiques et l'hétérocycle central.

Les flavonoïdes sont largement distribués dans les différents organes végétaux, notamment les feuilles, les fleurs, les fruits, les graines et les racines. Ils peuvent être présents sous forme libre (aglycones) ou associés à des sucres sous forme de glycosides, ces derniers étant les plus fréquemment rencontrés dans les plantes **(Falcone Ferreyra et al., 2012 ; Adrian et al., 1995).**

Selon leur structure chimique, les flavonoïdes sont subdivisés en plusieurs groupes majeurs, parmi lesquels figurent les flavones, les flavonols, les flavanones, les flavan-3-ols, les isoflavones et les anthocyanidines **(Harborne et Williams, 2000 ; Heim et al., 2002).** Ces différentes sous-classes jouent un rôle essentiel dans la physiologie végétale, notamment dans les mécanismes de défense contre les agents pathogènes, la protection contre les rayonnements ultraviolets et l'attraction des pollinisateurs grâce à leur contribution à la pigmentation des tissus végétaux.

Au-delà de leurs fonctions biologiques chez les plantes, les flavonoïdes présentent un intérêt considérable pour la santé humaine en raison de leurs nombreuses propriétés pharmacologiques. Ils possèdent notamment des activités antioxydantes, anti-inflammatoires, antimicrobiennes, anticancéreuses et cardioprotectrices. Leur capacité à neutraliser les espèces réactives de l'oxygène et à moduler diverses voies de signalisation cellulaire contribue à la prévention de nombreuses maladies chroniques, notamment les maladies cardiovasculaires, les affections neurodégénératives et certains cancers **(Iserin et al., 2001 ; Panche et al., 2016 ; Emeraux, 2019).** Ces propriétés expliquent l'intérêt croissant porté aux flavonoïdes dans les domaines de la nutrition, de la phytothérapie et de la recherche biomédicale.

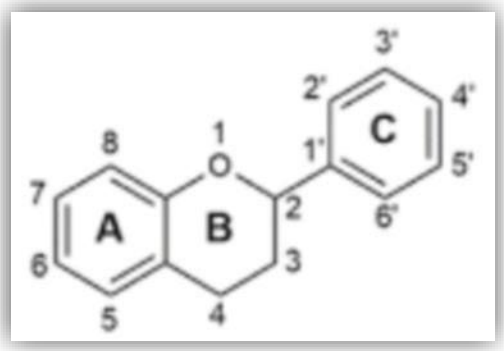


Figure II.2:Structures chimiques des flavonoïdes

II.2.3. Tanins

Les tanins constituent une importante famille de composés polyphénoliques naturellement présents dans le règne végétal. Ils se caractérisent par leur saveur astringente ainsi que par leur capacité à former des complexes avec les protéines, entraînant leur précipitation **(Bruneton, 1999 ; Macheix et al., 2005).** Leur masse moléculaire varie généralement entre 500 et 3000 Da, et ils sont largement répartis dans différents organes des plantes, notamment les feuilles, les écorces, les fruits, les graines et les racines **(Dangles et al., 1992 ; Khanbabe et Van Ree, 2001).**

Selon leur structure chimique, les tanins sont classés en deux grandes catégories : les tanins hydrolysables, constitués principalement d'esters d'acides phénoliques liés à un sucre, et les tanins condensés ou proanthocyanidines, formés par la polymérisation d'unités flavaniques **(Bruneton, 1993 ; Cowan, 1999).** Chez les végétaux, ils jouent un rôle essentiel dans les mécanismes de défense contre les herbivores, les insectes et les microorganismes pathogènes. De nombreuses études ont également mis en évidence leurs propriétés biologiques, notamment antioxydantes, anti-inflammatoires, antimicrobiennes et antivirales, ce qui explique leur intérêt croissant en phytothérapie et dans les industries pharmaceutique et agroalimentaire **(Paolini et al., 2012 ; Iserin et al., 2001 ; Santos-Buelga et Scalbert, 2000 ; Cadet, 2017).**

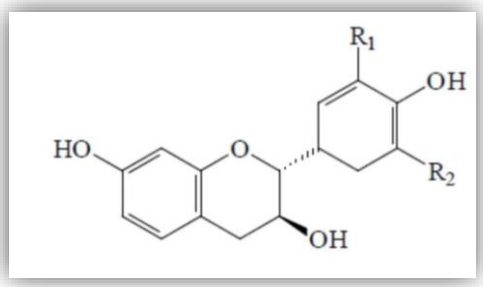


Figure II.3:Structures chimiques des tanins

II.2.4. Coumarines

Les coumarines sont des composés phénoliques naturels caractérisés par un noyau benzopyrone (benzo-α-pyrone), issu de la cyclisation lactonique de l'acide ortho-hydroxycinnamique **(Amelot, 2010 ; Jain et Joshi, 2012).** Ces métabolites secondaires appartiennent à la famille des dérivés C6–C3 et se présentent généralement sous forme de solides cristallins. Ils sont largement distribués dans plusieurs familles botaniques, notamment les Apiacées, les Rutacées et les Fabacées (Légumineuses) **(O'Kennedy et Thornes, 1997 ; Deina et al., 2003 ; Booth et al., 2004).**

Les coumarines présentent une grande diversité structurale qui leur confère de nombreuses propriétés biologiques. Elles possèdent notamment des activités anticoagulantes, antivirales, antioxydantes, anti-inflammatoires et vasodilatatrices **(Igor, 2002 ; Gonzalez et Estevez-Braun, 1997).** Certaines coumarines sont utilisées à des fins thérapeutiques, comme celles extraites de Melilotus officinalis, reconnues pour leurs effets sur la circulation sanguine, tandis que les furanocoumarines interviennent dans le traitement de certaines affections dermatologiques, notamment dans le cadre de la photothérapie **(Iserin et al., 2001 ; Fadi, 2011).**

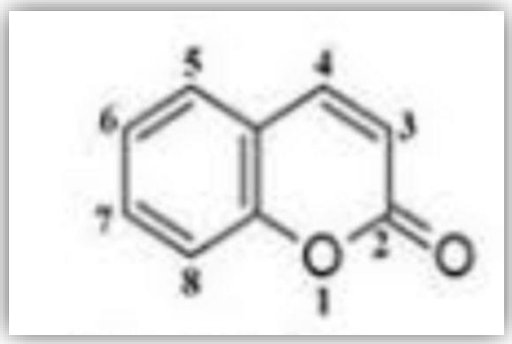


Figure II.4:Structures chimiques des coumarines

II.2.5. Lignines

Les lignines sont des biopolymères phénoliques complexes présents dans les parois cellulaires des végétaux, où elles sont étroitement associées à la cellulose et à l'hémicellulose au sein des tissus lignocellulosiques **(Morot-Gaudry, 2016).** De nature hydrophobe, elles jouent un rôle fondamental dans la rigidité et le soutien mécanique des plantes, tout en contribuant à la résistance des tissus végétaux face aux contraintes environnementales.

Issues de la voie biosynthétique des phénylpropanoïdes, les lignines participent également à la défense des plantes contre les agents pathogènes et les attaques d'herbivores. Elles interviennent en outre dans le transport de l'eau et des éléments minéraux au niveau du xylème, grâce à leur rôle dans la formation des tissus conducteurs **(Pouzet, 2010).** Plusieurs études ont mis en évidence leurs propriétés biologiques, notamment des activités antioxydantes, antifongiques, anti-inflammatoires et antibactériennes. Certaines recherches suggèrent également leur implication potentielle dans la prévention de troubles métaboliques tels que le diabète et l'hypercholestérolémie **(Macheix et al., 2005 ; Dif, 2015).**

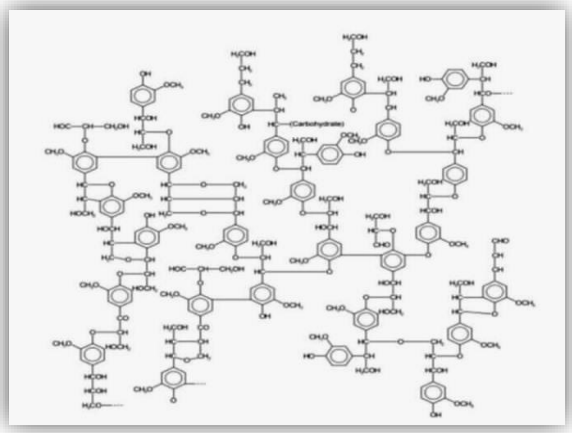


Figure II.5:Structures chimiques des lignines

II.2.6. Stilbènes

Les stilbènes constituent une classe de composés phénoliques caractérisés par une structure de type C6–C2–C6, composée de deux noyaux aromatiques reliés par une double liaison éthylénique **(Waterhouse et Lamuela-Raventós, 1994).** Ces molécules sont considérées comme des phytoalexines, c'est-à-dire des substances synthétisées par les plantes en réponse à différents stress biotiques ou abiotiques, tels que les infections microbiennes, les blessures mécaniques ou les conditions environnementales défavorables **(Crozier etal.,2009).**

Les stilbènes sont présents dans diverses familles de plantes supérieures, mais leurs principales sources alimentaires demeurent le raisin et ses dérivés, notamment le vin. Ils sont particulièrement concentrés dans la peau, les pépins et les tiges des raisins **(Sun et al., 2006).**

Le représentant le plus connu de cette famille est le resvératrol, largement étudié pour ses propriétés antioxydantes, anti-inflammatoires, cardioprotectrices et anticancéreuses, qui lui confèrent un intérêt considérable dans les domaines de la nutrition et de la santé humaine.

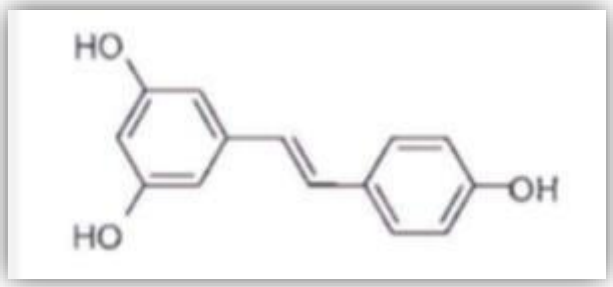


Figure II.6:Structures chimiques des stilbènes

II.2.7. Catéchines

Les catéchines appartiennent à la famille des flavan-3-ols, une sous-classe des flavonoïdes largement répandue dans le règne végétal. Elles peuvent exister sous forme monomérique, comme la catéchine et l'épicatéchine, ou sous forme oligomérique et polymérique, donnant naissance aux proanthocyanidines ou tanins condensés **(Akroum, 2011).**

Ces composés sont particulièrement abondants dans le thé vert, le cacao, les raisins et plusieurs espèces de plantes médicinales. Les catéchines sont reconnues pour leur puissant pouvoir antioxydant, résultant de leur capacité à neutraliser les radicaux libres et à limiter la formation des espèces réactives de l'oxygène (ERO). Grâce à cette activité, elles contribuent à la protection des cellules contre les dommages oxydatifs et participent à la prévention de nombreuses pathologies chroniques **(Bernatoniene et Kopustinskiene, 2018).**

Outre leurs propriétés antioxydantes, les catéchines présentent également des effets anti-inflammatoires, cardioprotecteurs, antimicrobiens et anticancéreux. Ces multiples activités biologiques expliquent l'intérêt croissant qu'elles suscitent dans les domaines de la nutrition, de la pharmacologie et de la recherche biomédicale.

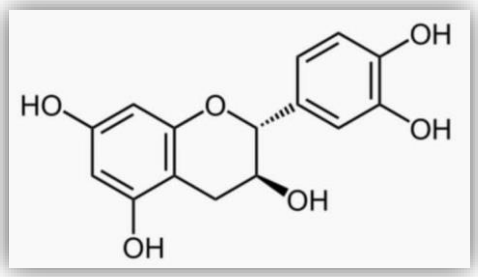


Figure II. 7:Structures chimiques des catéchines

II .3. Composés chimiques de la plante

La composition chimique de Laurus nobilis L. est particulièrement riche et diversifiée. Plusieurs études ont montré que la nature et la concentration de ses métabolites secondaires peuvent varier en fonction de divers facteurs, notamment l'origine géographique, les conditions climatiques, le stade de développement de la plante et la période de récolte **(Fiorini et al., 1998 ; Simić et al., 2003 ; Fang et al., 2005).**

Les feuilles constituent la principale source de composés bioactifs et renferment généralement entre 1 et 3 % d'huiles essentielles par rapport à leur poids sec. Ces huiles sont dominées par le 1,8-cinéole (eucalyptol), qui représente souvent le constituant majoritaire, accompagné d'autres composés terpéniques tels que l'α-pinène, le β-pinène, le sabinène, le linalol et l'eugénol **(Bruneton, 1999 ; Demir et al., 2004 ; Flamini et al., 2007).**

Outre les huiles essentielles, les feuilles contiennent une grande variété de composés phénoliques, notamment des acides phénoliques, des flavonoïdes et des catéchines, reconnus pour leurs propriétés antioxydantes. Elles renferment également des lignanes, des lactones sesquiterpéniques ainsi que certains alcaloïdes, contribuant à la diversité chimique et biologique de l'espèce **(Fiorini et al., 1998 ; Kang et al., 2002 ; Barla et al., 2007 ; Dall'Acqua et al., 2009 ; Uchiyama et al., 2002).** Par ailleurs, la présence de tanins, de résines et de vitamine E a également été rapportée dans les feuilles de L. nobilis **(Kivçak et Mert, 2002 ; Gómez-Coronado et al., 2004).**

Les fruits constituent eux aussi une source importante de métabolites secondaires. Ils contiennent une huile grasse, communément appelée huile de laurier, dont la teneur varie généralement entre 17 et 25 %. Ils renferment également des sucres, de l'amidon ainsi qu'une fraction d'huiles essentielles contribuant à leurs propriétés biologiques et aromatiques **(Beloued, 2009).**

Cette richesse en composés bioactifs confère à Laurus nobilis un potentiel pharmacologique considérable et explique son utilisation traditionnelle ainsi que l'intérêt croissant qu'il suscite dans les domaines de la phytothérapie, de la cosmétique, de l'industrie alimentaire et de la recherche biomédicale **(Gérard, 2003).**

II.4. Méthodes d'extraction des composés phénoliques

L'extraction des composés phénoliques constitue une étape essentielle dans la valorisation des ressources végétales et l'étude de leurs propriétés biologiques. Parmi les techniques les plus utilisées, l'extraction solide-liquide permet le transfert des composés

solubles d'une matrice solide vers un solvant liquide approprié afin d'isoler les molécules bioactives d'intérêt **(Poirot, 2007).** Cette méthode est largement employée dans les domaines pharmaceutique, cosmétique, agroalimentaire et biotechnologique. Le développement de nombreuses techniques d'extraction permet d'adapter le procédé à la nature des composés ciblés et à la matrice végétale étudiée, tout en optimisant le rendement, la sélectivité et la qualité des extraits obtenus **(Benzi, 1999 ; Chemat et al., 2017 ; Wang et Weller, 2006 ; Nadar et al., 2011).**

II.4.1.Macération

La macération est l'une des méthodes d'extraction solide-liquide les plus simples et les plus répandues. Elle consiste à maintenir les parties végétales, fraîches ou sèches, en contact prolongé avec un solvant approprié à température ambiante. Le solvant diffuse progressivement à travers les tissus végétaux et dissout les composés bioactifs présents dans les cellules. La durée d'extraction peut varier de quelques heures à plusieurs jours selon la nature des composés recherchés et les caractéristiques de la matrice végétale.

Cette technique est particulièrement adaptée aux substances thermolabiles et aux composés volatils sensibles à la chaleur. Le choix du solvant, tel que l'eau, l'éthanol, le méthanol ou leurs mélanges, dépend essentiellement de la polarité des molécules à extraire. Après extraction, le mélange est filtré afin de séparer l'extrait liquide enrichi en composés d'intérêt du résidu végétal solide.

II.4.2. Décoction

La décoction est une méthode traditionnelle qui consiste à faire bouillir les matières végétales dans l'eau pendant une durée déterminée. Elle est particulièrement adaptée aux parties végétales dures telles que les racines, les écorces, les graines et les tiges, permettant ainsi une extraction efficace des composés actifs résistants à la chaleur.

II.4.3. Infusion

L'infusion consiste à verser de l'eau chaude sur les parties végétales fragiles, notamment les feuilles, les fleurs ou les jeunes pousses, puis à laisser le mélange reposer pendant quelques minutes. Cette technique douce permet d'extraire les composés hydrosolubles tout en limitant leur dégradation thermique.

II.4.4. Percolation

La percolation est un procédé d'extraction dynamique dans lequel le solvant traverse lentement une colonne contenant la matière végétale. Ce passage continu du solvant favorise

une extraction progressive et efficace des composés bioactifs, tout en améliorant le rendement par rapport à la macération statique.

II.4.5. Méthodes modernes d'extraction

II.4.5.1 Extraction continue (Soxhlet et Kumagawa)

L'extraction continue repose sur le recyclage permanent du solvant à travers la matrice végétale. Les appareils de Soxhlet et de Kumagawa permettent d'extraire efficacement les composés d'intérêt grâce à un renouvellement constant du solvant chaud. Cette technique améliore le rendement d'extraction tout en réduisant la quantité de solvant nécessaire **(Marrouf et Tremblin, 2007).**

II.4.5.2. Extraction assistée par ultrasons

L'extraction assistée par ultrasons (EAU) utilise des ondes acoustiques de haute fréquence, généralement comprises entre 20 kHz et plusieurs MHz, pour faciliter l'extraction des composés bioactifs. Le phénomène de cavitation généré par les ultrasons provoque la formation et l'implosion de microbulles, entraînant la rupture des parois cellulaires et favorisant ainsi la diffusion des composés phénoliques vers le solvant. Cette méthode permet de réduire considérablement le temps d'extraction et la consommation de solvants.

II.4.5.3. Extraction assistée par micro-ondes

L'extraction assistée par micro-ondes (EAM) repose sur l'interaction des ondes électromagnétiques avec les molécules polaires présentes dans la matrice végétale. L'absorption de l'énergie micro-onde provoque un échauffement rapide et homogène du matériau, augmentant la pression intracellulaire et facilitant la rupture des cellules végétales. Cette technique améliore la cinétique d'extraction et permet d'obtenir des rendements élevés en un temps relativement court **(Wang et Weller, 2006).**

II.4.5.4. Extraction par fluide supercritique

L'extraction par fluide supercritique utilise un fluide porté au-delà de son point critique de température et de pression. Dans cet état, le fluide présente simultanément des propriétés proches de celles des liquides et des gaz, ce qui lui confère un fort pouvoir de pénétration et de solubilisation. Le dioxyde de carbone supercritique (CO_2) est le fluide le plus couramment utilisé en raison de sa faible toxicité, de son faible coût et de son caractère écologique. Cette technique permet une extraction sélective et efficace des composés bioactifs tout en préservant leur intégrité chimique.

II.4.5.5. Extraction assistée par enzymes

L'extraction assistée par enzymes repose sur l'utilisation d'enzymes hydrolytiques telles que les cellulases, les hémicelluloses, les pectinases et les protéases. Ces enzymes dégradent les constituants des parois cellulaires végétales, favorisant ainsi la libération des composés intracellulaires, notamment les composés phénoliques, les flavonoïdes et les tanins. Cette approche permet d'augmenter le rendement d'extraction, de réduire la consommation de solvants et de limiter les conditions opératoires sévères **(Nadar et al., 2018).**

II.4.5.6. Extraction verte

L'extraction verte représente une approche innovante fondée sur les principes de la chimie verte. Elle vise à réduire l'impact environnemental des procédés d'extraction en limitant l'utilisation de solvants toxiques et la consommation énergétique. Cette stratégie privilégie l'emploi de solvants respectueux de l'environnement, tels que l'eau, l'éthanol et les solvants eutectiques naturels profonds (NADES), associés à des technologies performantes comme les ultrasons, les micro-ondes, les champs électriques pulsés ou les enzymes. Ces procédés permettent d'améliorer l'efficacité de l'extraction tout en garantissant la qualité des extraits et la préservation des composés bioactifs **(Herrero et Ibañez, 2018 ; Barba et al., 2016).**

II.5. L'importance des composées phénolique

Les polyphénols suscitent un intérêt croissant en raison de leurs nombreuses propriétés biologiques et de leurs applications potentielles dans les domaines de la santé, de la nutrition et de l'industrie. Grâce à leur capacité à neutraliser les radicaux libres et à moduler divers mécanismes biologiques, ces composés jouent un rôle important dans la prévention de nombreuses maladies chroniques.

De nombreuses études ont démontré que les polyphénols contribuent à la protection de l'organisme contre plusieurs pathologies, notamment certains cancers, les maladies cardiovasculaires ainsi que les maladies neurodégénératives liées au vieillissement **(Brown et al., 1998 ; Paganga et al., 1999).** Leurs effets bénéfiques sont principalement attribués à leurs propriétés antioxydantes, qui permettent de limiter les dommages causés par le stress oxydatif au niveau cellulaire.

Outre leur activité antioxydante, les polyphénols présentent une large gamme d'activités biologiques, parmi lesquelles des effets anti-inflammatoires, antidiabétiques, antiviraux, antibactériens, neuroprotecteurs, cardioprotecteurs, antiallergiques, hypocholestérolémiants et

antithrombotiques **(Ali et al., 2007 ; Falleh et al., 2008 ; Ren et al., 2020).** Ces propriétés expliquent l'intérêt croissant porté à ces composés dans les domaines pharmaceutique, nutraceutique et biomédical.

En raison de leurs effets favorables sur la santé, les organismes de santé publique encouragent la consommation régulière d'aliments d'origine végétale riches en polyphénols, tels que les fruits, les légumes, les céréales complètes, les légumineuses, le thé et certaines plantes aromatiques et médicinales **(Gee et Johnson, 2001).** Une alimentation riche en ces composés est associée à une réduction du risque de développement de plusieurs maladies chroniques.

Par ailleurs, les polyphénols présentent un profil de sécurité favorable et ne sont généralement pas associés à des effets toxiques aux doses habituellement consommées. Ils constituent ainsi une alternative naturelle intéressante aux antioxydants synthétiques tels que le butylhydroxyanisole (BHA) et le butylhydroxytoluène (BHT), dont l'innocuité fait encore l'objet de discussions scientifiques **(Bounatirou et al., 2007).**

Grâce à leurs propriétés fonctionnelles, les polyphénols trouvent également de nombreuses applications industrielles. Dans le secteur agroalimentaire, ils sont utilisés comme additifs naturels, colorants, arômes, agents antioxydants et conservateurs afin d'améliorer la qualité, la stabilité et la durée de conservation des produits alimentaires. Leur utilisation s'inscrit dans une démarche visant à remplacer progressivement les additifs synthétiques par des alternatives naturelles plus sûres et plus respectueuses de la santé des consommateurs **(Bruneton, 1999).**

PARTIE

EXPÉRIMENTAL

CHAPITRE III

MATÉRIELS ET MÉTHODES

III.1. Objectif

- Ce travail a pour objectif l'extraction des composés phénoliques à partir des feuilles de Laurus nobilis par macération dans un système de solvant hydroalcoolique.
- L'étude a également pour finalité d'optimiser le rendement d'extraction.
- Analyser la cinétique d'extraction des composés phénoliques.
- Evaluer le potentiel antioxydant des extraits obtenus.
- Déterminer leur activité antibactérienne à l'égard de différentes souches bactériennes.

III .2. Lieu de travail

Le travail expérimental présenté dans ce mémoire de Master a été réalisé au laboratoire de chimie n°2 de la Faculté des Sciences de l'Université Yahia Farès de Médéa.

III. 3. Matériels et méthodes

III. 3. 1. Matériels

III. 3. 1.1. Matériel de laboratoire utilisé

Les **tableaux III.1** et **III.2** présentent respectivement les matériels verriers et équipements utilisés et les matériels complémentaires utilisés, ainsi que l'appareillage employé au cours de ce travail.

Matériels complémentaires

Papier filtre, Papier aluminium, Embouts stériles, Para-filme, Pince métallique, Règle en millimètre

Tableau III.1 : Matérielles verrier et équipements utilisés

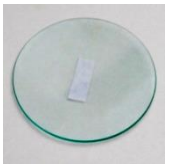
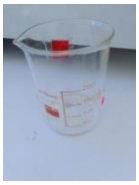
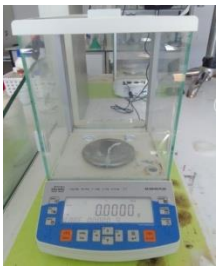
 Verre de montre	 Spatule	 Erlenmeyer
 Bécher	 Tubes à essais	 Fioles
 Entonnoir	 Flacons	 Boites Pétri

Tableau III. 2: Appareillage utilisée

 Balance électrique	 Agitateur orbital (type incubateur)	 Centrifugeuse	 Rotavapeur
 Micropipette (de 100µl à1000µl)	 Vortex	 Spectrophotomètre UV –Visible (Shimadzu UV-1240)	 Bec bunsen

III.3.1.1.1.Produits

Le **tableau III.3**.Présente les réactifs chimiques ainsi que les milieux de culture microbiologiques utilisés au cours des travaux expérimentaux.

Tableau III. 3: Produit et réactifs chimiques

Réactifs			Milieux de culture	
 Eau distillée	 Éthanol	 Méthanol	 Nutrient Agar	 Mueller-Hinton
 Eau physiologie	 DPPH			

III.3.1.1.2. Souches microbiennes utilisées

Tableau III.4. Présente les différentes souches microbiennes sélectionnées pour l'étude de l'activité antimicrobienne des extraits obtenus.

Tableau III.4: Les Souches microbiennes utilisées

Souche	Gram	Source
Escherichia coli	Négatif	Urine humaine (EPSP)
Klebsiella pneumoniae	Négatif	Urine humaine (EPSP)
Pseudomonas aeruginosa	Négatif	Urine humaine (EPSP)

III.3.1.2.Matériel végétal

Le matériel végétal étudié est constitué de feuilles de Laurus nobilis. Après la récolte, les feuilles ont été séchées dans des conditions contrôlées, à température modérée et à l'abri de la lumière ainsi que de l'humidité, afin de préserver au mieux leurs composés bioactifs. Le séchage a été poursuivi jusqu'à l'obtention d'un poids constant. Les feuilles séchées ont ensuite été réduites en poudre à l'aide d'un broyeur mécanique afin d'obtenir une granulométrie homogène favorable aux opérations d'extraction.

Sur le plan organoleptique, les feuilles de Laurus nobilis se caractérisent par une coloration vert foncé, une odeur aromatique intense et agréable ainsi qu'une saveur légèrement amère et épicée, caractéristiques de cette espèce végétale.



Figure III. 1: Préparation du matériel végétal (Laurus nobilis) A : Feuilles fraîches

B : Feuilles séchées C : Poudre obtenue après broyage

III.3.2. Méthodes

III.3.2.1. Extraction des Composés phénoliques par macération

1. Une masse de 4 g de poudre de feuilles de Laurus nobilis, préalablement séchées et finement broyées, est pesée à l'aide d'une balance électronique de précision puis introduite dans un erlenmeyer propre et sec.

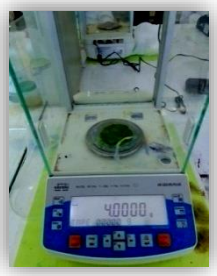


Figure III.*2*:Mesure de la masse de la poudre végétale à l'aide d'une balance électronique.

2. Préparer un solvant (hydro-alcoolique) composé de : (éthanol / eau distillée)



Figure III.3: Préparation le solvant hydro-alcoolique (éthanol/eau)

3. Ajout dans un erlenmeyer contenant un volume de solvant hydro-éthanolique

(EtOH/ H_2O), l'erlenmeyer est ensuite muni d'un bouchon hermétique afin d'éviter les pertes de solvant par évaporation et de protéger le milieu d'extraction contre les contaminations externes.

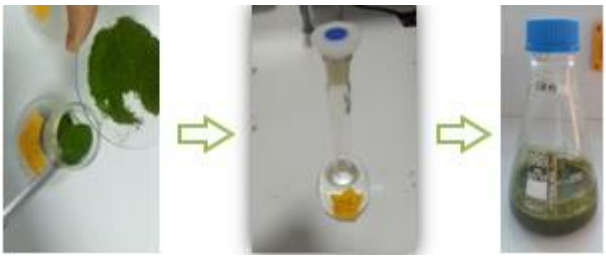


Figure III.4: Préparation le mélange (poudre + solvant hydro-alcoolique)

4. La macération a été réalisée sous agitation continue à une température déterminée pendant une durée de 24 heures.

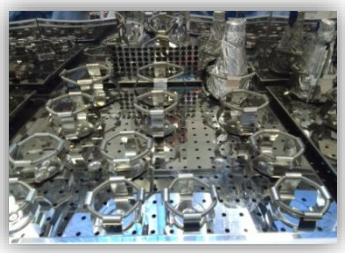


Figure III.5: Mise en macération sous agitation orbitale

5. À l'issue de la macération, le mélange a été filtré sur papier filtre afin d'éliminer les particules solides et de récupérer le filtrat renfermant les composés phénoliques extraits.



Figure III. 6: Filtration

6. Le filtrat a ensuite été centrifugé à 4500 tr/min pendant 10 minutes afin de favoriser la sédimentation des particules fines et de récupérer le surnageant contenant les composés extraits.



Figure III.7: Centrifugation des filtrats

7. Après centrifugation, le surnageant a été concentré à l'aide d'un évaporateur rotatif (Rotavapor) afin d'éliminer le solvant et d'obtenir un extrait concentré.



Figure III.8: Évaporation du solvant par rotavapor

8. L'évaporation du solvant sous pression réduite a permis l'obtention d'un extrait brut riche en composés bioactifs. Celui-ci a été récupéré et conservé à l'abri de la lumière et de l'humidité jusqu'à son utilisation.



Figure III. 9:Mesure de la masse de l'extrait sec

III.3.2.1.1. Le Rendement

Le rendement d'extraction est un paramètre important permettant d'évaluer l'efficacité du procédé d'extraction des composés phénoliques. Il est défini comme le rapport entre la masse de l'extrait brut obtenu après évaporation du solvant et la masse initiale de la poudre végétale utilisée. Le rendement est généralement exprimé en pourcentage (%), ce qui permet de comparer l'efficacité de différentes méthodes ou conditions d'extraction. selon l'équation :

$$\mathbf{R}(\%) = \frac{\boldsymbol{M_{EB}}}{\boldsymbol{M_{PV}}} \times \mathbf{100}$$

Dont :

R(%) : Rendement de l'extrait exprimé en pourcentage

M_{EB}: La masse de l'extrait brut obtenue après évaporation.

M_{PV} : La masse initiale de la poudre végétale

III.3.2.2. Recherche des conditions optimales d'extraction

III.3.2.2.1.Effet de volume

Dans quatre erlenmeyers propres, secs et préalablement étiquetés, introduire successivement 20 mL, 40 mL, 60 mL et 80 mL du solvant d'extraction. L'extraction a été réalisée à l'aide d'un mélange hydro-éthanolique (éthanol/eau, 50:50, v/v) à une température 20 °C .Chaque expérience a été réalisée en triplicat dans les mêmes conditions opératoires afin de garantir la fiabilité, la reproductibilité et la validité des résultats obtenus.



Figure III.10: Les étapes des préparations à différent volumes

III.3.2.2.2.Effet de la proportion d'éthanol

Afin d'étudier l'influence de la composition du solvant sur l'extraction des composés phénoliques, une série d'expériences a été réalisée en utilisant des mélanges hydro-éthanolique (éthanol/eau, 50:50, v/v) contenant différentes proportions d'éthanol (0 %, 20 %,

40 %, 60 %, 80 % et 100 %). Pour chaque essai, un volume constant de 40 mL de solvant a été utilisé, tandis que les autres paramètres expérimentaux ont été maintenus constants afin d'évaluer exclusivement l'effet de la concentration en éthanol sur le rendement d'extraction.



Figure III.11:Aspect visuel des extraits obtenus avec différentes proportions d'éthanol (EtOH/ H_2O).

III.3.2.2.3.Effet de la température, du volume de solvant et de la proportion d'éthanol

Afin d'évaluer l'influence de la proportion d'éthanol dans le mélange hydroalcoolique, les expériences ont été conduites conformément aux conditions opératoires indiquées dans le tableau ci-dessous.

Tableau III.5:Conditions expérimentales

N°	Température (C°)	EtOH (%)	V (mL)
1	20	0	20
2	20	30	20
3	20	0	80
4	20	30	80
5	50	0	20
6	50	30	20
7	50	0	80
8	50	30	80

III.3.2.3. Étude cinétique

III.3.2.3.1. Principe

L'étude cinétique de l'extraction consiste à suivre l'évolution de la quantité de composés phénoliques extraits en fonction du temps, tout en maintenant constantes les conditions opératoires. Cette approche permet de mieux comprendre les mécanismes de transfert de matière impliqués dans le processus d'extraction et d'identifier les différentes phases cinétiques. Généralement, une phase initiale rapide, caractérisée par la solubilisation des composés présents à la surface du matériau végétal, est observée, suivie d'une phase plus lente contrôlée par la diffusion des composés depuis l'intérieur de la matrice végétale vers le

solvant. L'étude cinétique permet ainsi d'évaluer la dynamique du processus d'extraction et de déterminer le temps optimal nécessaire à l'obtention d'un rendement maximal.

III.3.2.3.2.Mode opératoire

Après l'obtention des résultats précédents, les conditions idéales ont été sélectionnées : un volume de solvant 80ml (éthanol / eau, 30:70, v/v) et une température 50 °C, afin d'étudier l'influence de temps sur le rendement d'extraction des composés phénoliques par macération. Des prélèvements ont été réalisés à des intervalles réguliers de 3heures [3h ,6h ,9h, 12h, 15h ,18h, 21h et24h].

III. 4. Évaluation de l'activité antioxydante par la méthode DPPH

III.4.1.Principe

L'essai au DPPH est basé sur le radical libre stable (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl), qui présente une teinte violette caractéristique avec un pic d'absorbance maximal à 517 nm. En présence d'un antioxydant, le DPPH capture un électron ou un atome d'hydrogène, ce qui provoque sa transformation en une forme réduite de couleur jaunâtre. Cette diminution de la coloration se traduit par une baisse de l'absorbance, proportionnelle à la capacité antioxydante de l'échantillon analysé **(Bitour, 2020).**

III.4.2.Mode opératoire

1. Préparation des dilutions de l'extrait

Pour chaque prélèvement effectué à des intervalles réguliers de 3 heures, l'extrait a été dilué à 100 fois, 200 fois, 300 fois , 400 fois , 500 fois , et 600 fois ont été réalisées.

2. Préparation de la solution de DPPH

La solution de DPPH a été préparée en dissolvant 4 mg de DPPH dans 100 mL de méthanol. La solution obtenue présente une coloration violette.

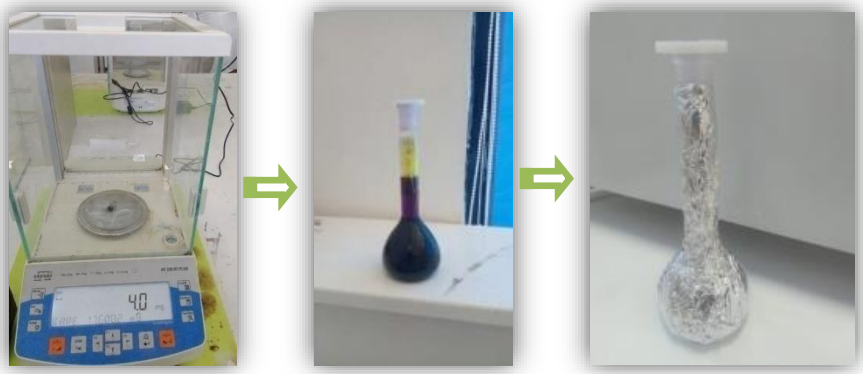


Figure III. 12: Préparation de la solution de DPPH

3. Préparation le mélange réactionnelle

Le contrôle **(A_0)** a été préparé en mélangeant : 200 µL de méthanol avec 800 µL de solution DPPH.

Pour l'extrait non dilué : 200 µL de l'extrait brut ont été ajoutés à 800 µL de solution DPPH.

Pour chaque dilution : 200 µL de l'extrait dilué ont été mélangés avec 800 µL de solution DPPH.

Les mélanges ont été incubés à l'obscurité pendant 30 minutes à température ambiante.

4. Mesure de l'absorbance

Après incubation, l'absorbance du contrôle et des échantillons a été mesurée à 517 nm à l'aide d'un spectrophotomètre UV-visible

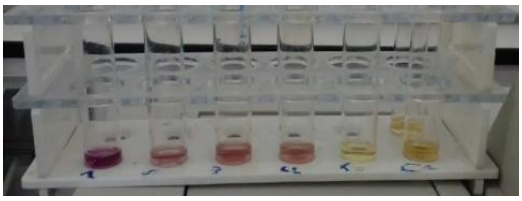


Figure III.13: Dégradation du radical DPPH (violet) en DPPH réduit (jaune) en présence d'antioxydants.

5. Calcul du pourcentage d'inhibition

$$I(\%) = \frac{A_0 - A_t}{A_0} \times 100$$

Avec :

A_0 : Absorbance du contrôle

At : Absorbance de l'échantillon.

I : Inhibition.

III.5. Évaluation des activités antimicrobiennes de l'extrait brut

III.5.1. Préparation du milieu de culture

- Préparer le milieu de culture Nutrient Agar en dissolvant 28g dans 1L d'eau distillée ,38 g du milieu de culture Muller-Hinton dans un 1L de l'eau distillée.
- Liquéfier puis stériliser à l'autoclave (121°C ,15min)
- Couler dans des boîtes de pétri stériles et laisser solidifier.



Figure III.14: Préparation du milieu de culture Nutrient Agar

III.5.2. Ré-isolement des souches bactériennes

À l'aide d'une anse de platine, prélever un inoculum à partir d'une colonie et réaliser un ensemencement en stries dans une boîte de pétri contenant le milieu Nutrient Agar, incuber les boîtes pendant 24 h à 37 °C.

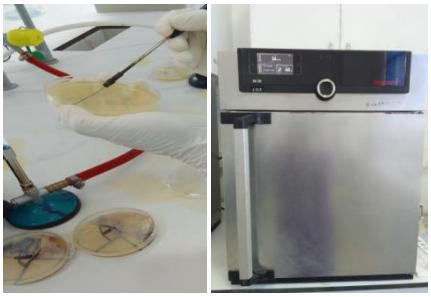


Figure III.15: Ré- isolement des souches bactériennes

III.5.3. Préparation de l'eau physiologique

- Verser 500 mL d'eau distillée dans une fiole jaugée de 1 L.
- Peser 9 g de NaCl à l'aide d'une balance, puis les ajouter à l'aide d'un entonnoir.
- Agiter avec un agitateur magnétique et compléter avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge. Stériliser les tubes bien fermés à l'autoclave

III.5.4. Préparation de l'inoculum

- Préparer des suspensions pour chaque espèce bactérienne.
- À l'aide d'une pipette pasteur, prélever deux à trois colonies pures et bien isolées, puis les transférer dans un tube contenant 9 mL d'eau physiologique stérile.
- Agiter au vortex pendant quelques secondes afin d'homogénéiser la suspension.



Figure III.16: Préparation de l'inoculum

III.5.5. Dilution de l'extrait

Des dilutions de l'extrait à 1/1 ,1/1.5et ½ ont été préparées à l'aide d'eau distillée.

III.5.6. Ensemencement

- Le milieu de culture utilisé est Mueller-Hinton, couramment utilisé pour les tests de sensibilité aux agents antimicrobiens.
- Tremper un écouvillon stérile dans la suspension microbienne.
- Essorer l'écouvillon sur la paroi interne du tube contenant d'eau physiologique pour éliminer l'excès.
- Frotter l'écouvillon sur toute la surface de la gélose Mueller-Hinton en stries serrées.
- Répéter l'opération trois fois en tournant la boîte de 60° à chaque passage et en faisant pivoter l'écouvillon.
- Terminer en passant l'écouvillon sur la périphérie de la gélose.
- Pour plusieurs boîtes de Pétri, recharger l'écouvillon à chaque utilisation.

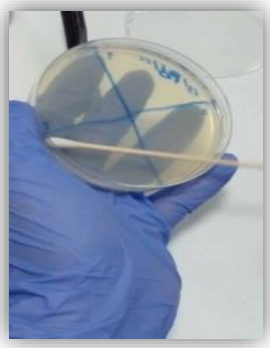


Figure III.17:Ensemencement de la suspension microbienne

III.5.7. Méthode de diffusion en puits

À l'aide d'une pipette pasteur stérile, réaliser des puits dans la gélose, introduire un volume de 60 µL de l'extrait dans chaque puits, prévoir un témoin négatif (le solvant de l'extrait) laisser diffuser les extraits au réfrigérateur pendant 1h.

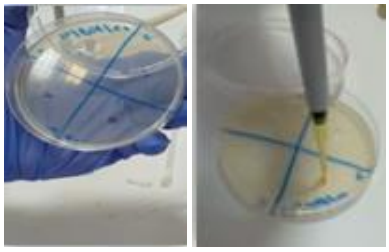


Figure III.18: Dépôt des extraits dans les puits

III.5.8. L'incubation

L'incubation est réalisée pendant 24 h à 37 °C pour les bactéries, La lecture des résultats est effectuée par observation de la présence ou de l'absence de croissance microbienne.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Conclusion et perspectives

Cette étude a permis d'optimiser l'extraction des composés phénoliques à partir des feuilles de Laurus nobilis par macération hydro-alcoolique, ainsi que d'évaluer leurs activités biologiques. Les résultats obtenus montrent que le rendement d'extraction est fortement influencé par les paramètres opératoires, notamment la température, le volume du solvant, la proportion d'éthanol et le temps d'extraction. Les meilleures conditions expérimentales ont été obtenues à 50 °C, avec 80 mL de solvant contenant 30 % d'éthanol, permettant d'atteindre un rendement maximal de 28,54 %.

L'étude cinétique a mis en évidence une augmentation globale du rendement avec le temps de macération, la valeur maximale étant obtenue après 24 h, considérée comme la durée optimale dans les conditions expérimentales étudiées.

Les essais antioxydants réalisés par la méthode DPPH ont révélé une activité antioxydante importante de l'extrait, avec une inhibition maximale de 88,23 % et une IC_{50} minimale de 6,90 µg/mL après 12 h d'extraction. Par ailleurs, les tests antimicrobiens ont montré que l'extrait de Laurus nobilis présente une activité inhibitrice variable selon les souches bactériennes testées, l'extrait brut affichant les meilleurs résultats, notamment vis-à-vis de Pseudomonas aeruginosa.

Ces résultats confirment le potentiel des feuilles de Laurus nobilis comme source naturelle de composés bioactifs susceptibles d'être valorisés dans les domaines pharmaceutique, alimentaire et biotechnologique. En perspective, il serait intéressant de caractériser les composés phénoliques responsables des activités observées, d'étudier leur stabilité, de comparer différentes techniques d'extraction et d'étendre les essais biologiques à d'autres micro-organismes ainsi qu'à des études in vivo, afin de mieux valoriser cette ressource végétale et d'élargir ses applications potentielles.

Références Bibliographiques

1. **Al-Hussaini R., &Mahasneh A. M. 2009. Microbial growth and quorum sensing antagonist activities of herbal plants extracts. Molecules 14(9): 3425-3435.**
2. **Alimi, D., Hajri, A., Jallouli, S., & Sebai, H. (2021). In vitro acaricidal activity of essential oil and crude extracts of Laurus nobilis, (Lauraceae) grown in Tunisia, against arthropod ectoparasites of livestock and poultry: Hyalomma scupense and Dermanyssus gallinae. Veterinary Parasitology, 298, 109507. https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2021.109507.**
3. **Annelise L, FrançoiseC-M, Camille B. (2017).Huile essentielle de Laurier noble. Actualités pharmaceutiques, Vol. 56, n°571, p 57–60.**
4. **Ballabio R, Goetz P. (2010) Huile de graine/fruit de laurier Laurus nobilis L., Laurus azorica (Seub.) Franco, Laurus novocanariensis Rivas Mart., Lousã, Fern. Prieto, E. Dias, J.C. Costa et C. Aguiar. Phytothérapie. 2010;8(2): pp. 141-144.**
5. **Barla A, Topçu G, Oksuz S, Tumen G, Kingston, DG. (2007). Identification of cytotoxic sesquiterpene from Laurus nobilis L. Food chemistry, Vol. 104, n° 4, p 1478- 1484.**
6. **Barla A, Topçu G, Oksuz S, Tumen G, Kingston, DG. (2007). Identification of cytotoxic sesquiterpene from Laurus nobilis L. Food chemistry, Vol. 104, n° 4, p 1478- 1484**
7. **Barla A., Topçu G., Öksüz S., Tümen G., & Kingston D. G. 2007. Identification of cytotoxic sesquiterpenes from Laurus nobilis L. Food chemistry, 104 (4): 1478-1484.**
8. **Bechkri C et Meslem B.(2018). L'évaluation de l'activité anticoagulante des polysaccharides isolés de feuille de Laurus nobilis L. Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master : Spécialité : Toxicologie : Université des Frères Mentouri Constantine.P19.**
9. **Beloud A. (2005). Plantes médicinales d'Algérie. 5ème édition. Ben aknoun Alger. P124 -125.**
10. **Beloued A., 2005. Plantes médicinales d'Algérie. Office des publications universitaires. Alger. 124p.**
11. **Beloued, A. (2009). Laurier, description, habitat, composition chimique. Dans Plantes Médicinales d'Algérie.**
12. **Bendjersi, F. Z. (2017). Etude de la composition chimique des extraits de Laurus nobilis L (Doctoral dissertation, Faculté de Chimie). American Journal of Plant Sciences, Vol.14 No.5.**
13. **Botineau M,Pelt J., 2015. Guide des plantes à fruits charnus comestibles et toxiques. Paris: Ed.**
14. **Bouchaale, I., Kahalerras, A., & Zouaoui, S. (2015). Etude comparative de l'activité antibactérienne des huiles essentielles de Laurus nobilis de deux régions (Algérie et Tunisie). Mémoire Master : Université de Guelma.**
15. **Bounatirou, S., Smiti, S., Miguel, M. G., Faleiro, L., Rejeb, M. N., Neffati, M., Costa, M. M., Figueiredo, A. C., Barroso, J. G. et Pedro, L. G. (2007).**

Composition chimique, activités antioxydante et antibactérienne des huiles essentielles isolées du Thymus capitatus Hoff. et Link tunisien. Food Chemistry, 105(1), 146-155.

16. **Bouyahya A., (2016) Les huiles essentielles comme agents anticancéreux : actualité sur le mode d'action. , Phytothérapie. (pp. DOI 10.1007/s10298-).**
17. **Brown J. E., Khodr H., Hider R. C., Rice-Evans C. (1998) Structural dependence of flavonoid interactions with Cu2+ ions. Biochem. J. 330: 1173-1178.**
18. **Bruneton J. (1999) Pharmacognosie et photochimie des plantes médicinales. 3ème Ed Tec&Doc. Paris.**
19. **Bruneton, J. (1993). Pharmacognosie: phytochimie plantes médicinales, p5.**
20. **Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. LWT – Food Science and Technology, 28(1), 25–30.**
21. **Chmit M., Kanaan H., Habib J., Abbass M., Mcheik A., &Chokr A. 2014. Antibacterial and antibiofilm activities of polysaccharides, essential oil, and fatty oil extracted from Laurus nobilis growing in Lebanon. Asian Pacific Journal of Tropical Medicine 7: S546-S552.**
22. **Dacosta, Y. (2003) Les phytonutriments bioactifs. Ed Yves Dacosta. Paris. 317 p.**
23. **Dadalioglu I, Evrendilek G. (2004). Chemical compositions and antibacterial effects of essential oils of Turkish oregano, bay laurel, Spanish lavender and fennel on common foodborne pathogens. J Agric Food Chem, Vol .52, n°26, p 8255-60.**
24. **Dall'Acqua, S., Cervellati, R., Speroni, E., Costa, S., Guerra, M. M. P., Stella, L., Greco, E. A., & Innocenti, G. (2009b). Phytochemical Composition and Antioxidant Activity of Laurus nobilis L. Leaf Infusion. Journal of Medicinal Food, 12(4), 869–876.**
25. **Demir V, Guhan T, Yagcioglu AK, Degirmencioglu A. (2004). Mathematical modeling and the Determination of some Quality Paramaters of Air-dried Bay leaves. Biosystems Engineering, Vol .88, n° 3, p325-335.**
26. **Demir V, Guhan T, Yagcioglu AK, Degirmencioglu A. (2004).Mathematical Demir V. E. D. A. T., Gunhan T. U. N. C. A. Y., Yagcioglu A. K., &Degirmencioglu A. D. N. A. N. 2004. Mathematical modelling and the determination of some quality parameters of air-dried bay leaves. Biosystems engineering 88(3): 325-335.**
27. **Demir V., Guhan T., Yagcioglu A.K., Ddegirmencioglu A., (2004) Mathematical modeling and the Determination of some Quality Paramaters of Air-dried Bay leaves. Biosystems Engineering. 88 (3): 325-335.**
28. **Demo A., Petrakis C., Kefalas P., Bosliou D., 1998, Nutrient antioxidants in some herbs and Mediterranean plans leaves. Food Research international. 31 (5) : 351-354.des feuilles de Glycyrrhiza glabra. [These] : Biochimie : Université Oran.**
29. **Dias M.I. ; Barros L. ; Dueñas M. ; Alves R. C. ; Oliveira M. B. P. ; Santos-Buelga C. ; Ferreira I.C. (2014). Nutritional and antioxidant contributions of Laurus nobilis L. leaves: would be more suitable a wild or a cultivated sample. Food chemistry, 156: 339-346.**

30. **Edeoga, H.O., Okwu, D.E. and Mbaebie, B.O. (2005). Phytochemical constituents of some Nigerian medicinal plants. African Journal of Biotechnology, 4 : 685-688.**
31. **Elharas K., Daagare A., Mesifioui A., &Ouhssine M. 2013. Activité antibactérienne de l'huile essentielle des inflorescences de Laurus Nobilis et LavandulaAngustifolia. Afrique Science : Revue Internationale des Sciences et Technologie 9(2) : 134-141.**
32. **Emeraux, E. (2019). Dossier Phytothérapie. Larousse**
33. **Emeraux, E. (2019). Propriétés biologiques des flavonoïdes : étude bibliographique et♣ évaluation de l'activité antioxydante. Sciences pharmaceutiques. (hal 03297878).**
34. **Erler F, Ulug I, Yalankaya B. (2006). Repellent activity of five essentiel oils against Cubx pipiens.Fitoterapia, Vol.77, p 491-494.**
35. **Falcone Ferreyra, M. L., Rius, S. P., & Casati, P. (2012). Flavonoids: biosynthesis, biological functions, and biotechnological applications. Frontiers in Plant Science, 3, 222.**
36. **Fang F, Shengmin S, Kuang YC, Alexander G, Chi-Tang H, Robert TR. (2005). Isolation and identification of cytotoxic compounds from Bay leaf (Laurus nobilis). Food Chemistry, Vol. 93, p 497–501.**
37. **Ferreira A, Proenc C, Serralheiro M, Araujo M. (2006). The in vitro screening foracetyl cholinesterase inhibition and antioxidant activity of medicinal plants from Portugal. Journal of Ethnopharmacology, Vol. 108, p 31-37.**
38. **Fukuyama N., Ino C., Suzuki Y., Kobayashi N., Hamamoto H., Sekimizu K., &Orihara Y. 2011. Antimicrobial sesquiterpenoids from Laurus nobilis L. Natural product research 25(14): 1295 1303.**
39. **Gee J.M., Johnson I.T. (2001) Polyphenolic compounds: interactions with the gut and implications for human health. Current Medicinal Chemistry. 8 : 1-182.**
40. **Geerts P.,Rammeloo J., Van Cauteren G., 2002. Laurus nobilis : le livre du laurier. Gand: Ed. Ludion; 131 p.**
41. **Gérard Ducerf. (2003). L' Encyclopédie des plantes bio-indicatrices, alimentaires et médicinales, livre, volume 2;104.**
42. **Gicquel T, et al., (2016), L'inflammasome NLRP3 : physiopathologie et application thérapeutique. Presse Med. http://dx.doi.org/10.1016/j.lpm.2016.01.006.**
43. **Gürbüz ø., Üstün O., Yeúilada E., Sezik E., Akyürek N. (2002) In vivo gastroprotective effects of five Turkish folk remedies against ethanol-induced lesions, J. Ethnopharmacolog. 83: 241-244.**
44. **Ham A. ; Shin J. ; Oh K. B. ; Lee S. J. ; Nam K. W. ; Uk Koo K. H. K. ; Mar W. (2011).Neuroprotective effect of the n-hexane extracts of laurus nobilise L.in modéle of Parkinson disease.the Korean society of applied pharmacology, 19 (1) :118-125.**
45. **Iserin P ; Masson M ; RestelliniJ.P YBERT E DE LA ROQUE R ET VICAN P, (2001) : larousse encyclopédie des plantes médicinales : identification, préparations, soin Edit : la rousse, paris, 335 pp Isolation and identification of cytotoxic compounds from Bay leaf (Laurus nobilis). Food**

46. Iserin P. (2001) Encyclopédie des plantes médicinales. 2ème Ed. Larousse. Londres Pp : 143 et 225-226.
47. Iserin P. (2001). Encyclopédie des plantes médicinales. Tome 2 Edition. Londres : de Larousse. P143- 225-226. 48.
48. Iserin P. (2001). Larousse Encyclopédie des plantes médicinales. Edition. Paris : de Larousse. P10-335.
49. Iserin, P. (2001). Encyclopédie des plantes médicinales. Larousse, 335 p.
50. Kang HW, Yu KW, Jun W J, Chang I S, Han SB, Kim H Y. (2002). Isolation and characterization of alkyl peroxyl radical scavenging compounds from leaves of Laurus nobilis. Biological Pharmaceutical Buletin, Vol.25, p 102–108.
51. Khan A, Zaman G, Richard A, Anderson. (2009). bay leaves improve glucose and lipid profile of people with type 2 diabetes. j Clin biochemNutr, Vol 44, p52-56.
52. Lattanzio, V., Lattanzio, V. M. T., & Cardinali, A. (2006). Role of phenolics in the resistance mechanisms of plants against fungal pathogens and insects. Phytochemistry: Advances in Research, 23-67.
53. Lee EH, Shin JH, Kim SS, Lee H, Yang S-R, Seo SR. (2018) Laurus nobilis leaf extract controls inflammation by suppressing NLRP3 inflammasome activation. J Cell Physiol.; 1–11. https://doi.org/10.1002/jcp.27434.
54. Mahmoudi, S., Khali, M. et Mahmoudi, N. (2013). Etude de l9extraction des composés phénoliques de différentes parties de la fleur d9artichaut (Cynara scolymus L.). Journal de Nature & Technologie, 09: 35-40.
55. Nadeem M. A. ; Aasim M. ; Kırıcı S. ; Karık Ü. ; Nawaz M. A. ; Yılmaz A. ; Baloch F. S. (2018). Laurel (Laurus nobilis L.): A less-known medicinal plant to the world with diffusion, genomics, phenomics, and metabolomics for genetic improvement. Biotechnological Approaches for Medicinal and Aromatic Plants: 631-653.of nitrogenous compounds. Phytochemistry, 68: 2757- 2772.
56. Nkhili, E. Z. (2009). Polyphénols de l'Alimentation : Extraction, Interactions avec les ions du Fer et du Cuivre, Oxydation et Pouvoir antioxydant. Université Cadi Ayyad-Marrakech.
57. Olivier Gand Imaël H N B. (2017). Essential Oils as an Alternative to Pyrethroids .
58. Ouibrahim A., Kaki Y. T. A., Bennadja S., Mansouri R., Kaki S. A., Khbizi S., & Djebar M. R. 2015. Activité antioxydante et anti-candidosique de l'huile essentielle de Laurus nobilis L. provenant de la région d'El Kala (Nord–Est Algérien). Algerian Journal of Natural Products (3) 3: 209-2016.
59. Ozcan B, Esen M, Sangun MK, Coleri A, Caliskan M. (2010). Effective antibacterial and antioxidant properties of methanolic extract of Laurus nobilis seed oil. Journal of Environmental Biology, Vol. 31, n°5, p 637-641.
60. Paganga G., Miller N., Rice-Evans C. A. (1999) the polyphenolic content of fruit and vegetables and teir antioxidant activities. Free Radic Res. 30: 62-153.
61. Pariente L., 2001. Dictionnaire des sciences pharmaceutiques et biologiques. 2ème Ed Académie nationale de pharmacie. Paris. 1643p.
62. Peixoto L. R. ; Rosalen P. L. ; Ferreira G. L. S. ; Freires I. A. ; de Carvalho F. G. ; Castellano ; De Castro. (2017). Antifungal activity, mode of action and anti-

biofilm effects of Laurus nobilis Linnaeus essential oil against Candida spp. Archives of Oral Biology 73: 179 -185.

63. **Quezel et Santa, 1963) Quezel, P., & Santa, S. (1963). La nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales, Tome II. Ed CNRS.**
64. **Quezel P, Santa S. (1963). La nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques Méridionales. Tome II Edition. Paris : Éditions du Centre National de la Recherche Scientifique. P 360-361.**
65. **Quezel P. et Santa S. (1963). «Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales», Edition C.N.R.S, Paris, P977.**
66. **Quezel P. et Santa S. (1963). La nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales, Tome II. Ed CNRS. Paris, P360-361.**
67. **Rozman V, Kalinovic I, Korunic K. (2007). Toxicity of naturally occurring compousds of Lamiaceae and Lauracéae to three strored-product inscts. Journal of Stored Products Research, Vol. 43, p 349-355.**
68. **Salhi N, Goumni Z, Salhi A, mehani M, Vleria et Terzi. (2015). Évaluation de l'activité antifongique in vitro des huiles essentielles de Laurus nobilis L. sur la croissance mycélienne de Fusarium sporotrichoide. Revue Elwahat pour les recherches et les études ISSN, vol .8, n° 2, p34 - 44.**
69. **Samanta, A., Das, G., & Das, S.K. (2011). Roles of flavonoids in plants. Int J Pharm Sci Tech, 6, 12-35.**
70. **Sayyah M, Valizadeh J, Kamalinejad M. (2002). Anticonvulsant activity of the leaf**
71. **Sayyah M., Valizadeh J., Kamalinejad M. (2002) Anticonvulsant activity of the leaf essential oil of Laurus nobilis against pentylenetetrazole. Phytomedicine. 9: 212-216.**
72. **Sebai, E., Abidi, A., Benyedem, H., Dhibi, M., Hammemi, I., & Akkari, H. (2022). Phytochemical profile and anthelmintic effects of Laurus nobilis essential oil against the ovine nematode Haemonchus contortus and the murine helminth model Heligmosomoides polygyrus. Veterinary Parasitology, 312, 109835. https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2022.109835**
73. **Simić M., Kundaković T., et Kovačević N. (2003). Preliminary assay on the antioxidative activity of Laurus nobilis extracts. Fitoterapia, 74(6) : 613-616.**
74. **Sofowera A. (2010) Plantes médicinales et médecine traditionnelle d'Afrique. Karthala, Economie et Développement. Paris: 384**
75. **Stursa J., 2001.Arbres et Arbustes à feuilles persistantes .Grand.Paris. P118-203.**
76. **Taarabt K. O. ; Koussa T. ; Alfeddy M.N. (2017). Caractéristiques physicochimiques et activité antimicrobienne de l'huile essentielle du Laurus nobilis L. au Maroc. Afrique science 13(1): 349 - 359.techniques séparatives à basses et hautes pressions. [These].**
77. **Tyihák E., Móricz Á M and Ott P.G. (2007) Biodetection and Determination of Biological Activity of Natural Compounds in Thin Layer Chromatography in Phytochemistry. CRC Press.**
78. **Uchiyama N, Matsunaga K, Kiuchi F, Honda G, Tsubouchi A, Nakajima Shimada J. (2002). Trypanocidal terpénoïdes from Laurus nobilis L. Chemical pharmaceutical Bulletin, Vol. 50, p 1514–1516.**

79. Wichtl, M. et Anton, R. (2009). plantes thérapeutiques: tradition, pratique officinale, science et thérapeutique .Ed .médicale international : Ouagadougou Burkina Faso.