

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ MOULOUD MAMMERRI DE TIZI-OUZOU
FACULTÉ DES SCIENCES
DÉPARTEMENT DE CHIMIE



DOMAINE : SCIENCES DE LA MATIÈRE
FILIÈRE : CHIMIE
SPÉCIALITÉ : [CHIMIE PHARMACEUTIQUE]

MEMOIRE DE MASTER ACADEMIQUE

THÈME

**Étude Physico-Chimique, Phyto-Chimique et Biologique des
Extraits du Laurier noble (*Laurus nobilis L.*) et Formulation
d'une Crème Hydratante à Base de son Huile Essentielle**

Présenté par :

NEKKAH Kamelia

AIBECHE Agnes

Mémoire soutenu publiquement, le 25/06/2025 devant le jury composé de :

<i>Nom et Prénom</i>	<i>Grade</i>	<i>Affiliation</i>	<i>Qualité</i>
KHELLAFI NASSIMA	MAA	UMMTO	Président
BENCHOULAK MOUNIR	MAA	UMMTO	Examineur
BENAZZOUZ KINZA	MCB	UMMTO	Encadrant
/	/	/	/

Remerciements

Avant toute chose, on rend grâce à Dieu, source infinie de lumière et de force, pour nous avoir guidé tout au long de ce parcours, éclairant nos doutes et insufflant en nos la persévérance nécessaire à l'aboutissement de ce mémoire.

On tient tout d'abord à exprimer notre profonde gratitude à madame BENAZZOUZ Kinza Maître de conférences classe B à la faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques à l'UMMTO pour sa disponibilité, ses conseils avisés, et son accompagnement tout au long de ce travail et surtout pour sa qualité humaine, sa modestie et sa gentillesse, qu'elle trouve ici toute notre reconnaissance et notre respect.

Notre gratitude va aussi à tous les membres du jury qui, ont accepté de porter un jugement à ce mémoire ;

À Madame KHELLAFI Nassima, pour l'honneur qu'elle nous a fait en acceptant de présider ce présent jury.

À Monsieur BENCHOULAK Mounir, pour l'honneur qu'il nous a fait en acceptant d'examiner notre travail.

Nous exprimons notre profonde gratitude à madame IBOUKHOULEF Hamida, chef de spécialité chimie pharmaceutique pour son suivi attentif et sa disponibilité constante. Nous remercions également l'ensemble des enseignants, en particulier Monsieur BENCHOULAK Mounir et madame BENAZZOUZ Amina qui ont déployé tous leurs efforts pour nous offrir une formation d'excellence.

A madame Sonia Sahoui, femme d'une grande gentillesse et d'une modestie exemplaire, ainsi qu'à son mari Mohand TIGHILT, pour leur accueil chaleureux et leur immense bonté. Leur aide précieuse lors de l'extraction de l'huile essentielle a été d'un soutien inestimable, et leur générosité a profondément marqué cette étape de notre travail. Merci du fond du cœur.

Nous exprimons nos vifs remerciements pour l'ensemble des ingénieurs des laboratoires chimie-pharmaceutique, chimie physique, chimie organique de la faculté des sciences, recherche en entomologie appliquée de la faculté des Sciences Biologique et Agronomique de l'UMMTO, pour leur soutien et disponibilité, qui nous ont permis d'effectuer notre travail dans de très bonnes conditions.

Nous tenons à remercier toute personne ayant contribué, soutenue dans la réalisation de ce mémoire.

Enfin, à mon binôme et à moi-même, je dédie ce dernier paragraphe. Nous avons traversé ensemble ce voyage, entre nuits blanches et cafés partagés, entre éclats de rire et moments de doute. Ce mémoire est le fruit de notre complicité, de notre persévérance commune et de notre volonté farouche de ne jamais céder. Nous avons appris que la réussite n'est pas seulement une destination, mais un chemin fait d'efforts, de patience et de confiance mutuelle.

Dédicace

A mon père Mohand et ma mère Safia ; nulle dédicace peut exprimer ce que je vous dois. Vous êtes les racines profondes qui ont nourri mon être, depuis mon plus jeune âge vous avez été mes premiers enseignants, votre amour inconditionnel et votre patience infinie ont été mon refuge et ma force. À travers vos sacrifices discrets, vous avez bâti les fondations solides sur lesquelles j'ai pu m'élever; Votre soutien constant, a guidé chacun de mes pas.

Ce mémoire est le reflet humble de votre dévouement et de votre foi en moi. Merci d'avoir cru en mes capacités quand moi-même je doutais, et d'avoir toujours été là, à chaque instant.

A ma grande sœur Maya ; mes frères : Yacine, Zino et Yahia ; mes compagnons de vie, Je vous remercie pour votre hospitalité sans égal et votre affection si sincère.

A mes grands-parents, mes oncles, mes tantes, cousins et cousines, la vie est un paradis sur terre parce que vous y existez.

Je dédie ce travail à mon compagnon Oualid, pilier de ma vie et source inépuisable de soutien moral. Dans chaque de doute et de difficulté, tu as été là à mes cotes, offrant ton écouté, ta patience et ta force. Ta présence constante et ton amour indéfectible m'ont permis de surmonter les obstacles et d'avancer avec confiance. Merci d'avoir cru en moi.

A ma chère amie Chahrazed, complice de mes premiers pas depuis la première année jusqu'aujourd'hui, avec qui j'ai partagé tant de rires et de larmes. Ta présence fidèle à chaque étape de ce parcours a été un véritable trésor. Merci pour ta joie, ton écoute et ton soutien.

A la meilleure des binômes : Agnès qui a partagé avec moi les moments difficiles de ce travail et a toute sa famille.

A mes amis et mes collègues de la promotion. A tous ceux qui ont contribué de loin ou de près, à la réalisation de ce travail.

Enfin à toutes les personnes qui comptent pour moi, intervenues dans ma vie à un moment ou à un autre et qui ont participé à faire de moi celle que je suis aujourd'hui.

Kamelia

Dédicace

C'est avec un cœur rempli de gratitude que je dédie ce travail aux êtres qui ont illuminé mon chemin, guidé mes efforts et nourri mon esprit de leur présence précieuse.

À mes parents bien-aimés, ma maman Dalila et mon papa Mohammed. Vous êtes la source de mon courage, les racines de ma vie. Maman, ta tendresse, ta force silencieuse et ton amour infini m'ont toujours enveloppée comme une douce chaleur. Papa, ta patience, ton regard fier et ta confiance inébranlable m'ont donné des ailes. Vous êtes mon refuge, mes piliers, et je vous dois tout.

À mes deux frères, Yacine et Ramy, mes repères pleins d'énergie, d'humour et de sincérité. Votre présence m'a souvent redonné le sourire et la motivation, même dans les moments les plus sombres. Merci d'être là, simplement, comme vous êtes.

À ma grande sœur adorée, Imène, mon étoile dans le ciel. Ta présence dans ma vie est un trésor. Tu es celle qui m'écoute sans juger, qui me comprend sans parler. Tu as été mon épaule, mon moteur, ma force tranquille. Je t'aime profondément, et je ne pourrai jamais assez te remercier pour tout.

À ma tendre grand-mère Fatima, dont la sagesse, l'amour inconditionnel et les prières discrètes m'ont accompagnée à chaque étape. Tu incarnes la douceur et le courage à la fois. Ton amour m'a enveloppée comme une bénédiction.

À ma grand-mère Sadia, en remerciement pour sa présence et son soutien tout au long de mon parcours.

À toute ma famille, de près ou de loin, merci pour votre affection, vos mots encourageants, votre fierté exprimée parfois timidement mais toujours ressentie. Vous avez tous contribué à ce chemin, chacun à votre manière.

À mes amies, qui ont su me faire rire, me soutenir, me distraire quand il le fallait et me rappeler que je n'étais jamais seule. Vous avez été un véritable soutien moral et affectif, et je vous en suis infiniment reconnaissante.

À mes camarades de promotion, pour les partages, les efforts communs, les moments de fatigue et de réussite vécus ensemble. Ce parcours aurait été bien différent sans vous.

À ma binôme Kamelia, merci pour ton sérieux, ton écoute, ta patience et ton engagement. Travailler à tes côtés a été une belle expérience humaine et professionnelle. Merci pour ta confiance et ta persévérance.

Et enfin, à toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont croisé mon chemin au cours de ces années : un mot, un sourire, un conseil, un geste – tout a compté. Vous avez, parfois sans le savoir, nourri mon courage et mon espoir. À vous tous, merci du fond du cœur.

Agnes

Liste des abréviations

AFNOR : Association Française de Normalisation

APG III : Angiosperm Phylogeny Group III (classification botanique)

CG-MS : Chromatographie Gazeuse couplée à la Spectroscopie de Masse

Cm⁻¹ : centimètre inverse (unité utilisée en spectroscopie IR)

DMSO : Diméthylsulfoxyde

DO : Densité Optique

E/H : Émulsion Eau dans Huile

E/H/E : Émulsion Eau dans Huile dans Eau (double émulsion)

EAG : Équivalent Acide Gallique

FDA : Food and Drug Administration (États-Unis)

FRAP : Ferric Reducing Antioxidant Power

GN : Gélose Nutritive

GRAS : Generally Recognized As Safe

H/E : Émulsion Huile dans Eau

H/E/H : Émulsion Huile dans Eau dans Huile (double émulsion)

HPLC : Chromatographie Liquide à Haute Performance

IA : Indice d'Acide

IR : Spectroscopie InfraRouge

ISO : Organisation Internationale de Normalisation

mPa·s : millipascal-seconde (unité de viscosité)

MH : Milieu Mueller Hinton

MO : Matière Organique

Na₂CO₃ : Carbonate de Sodium

NFV : Norme Française pour les Produits Végétaux

P. aeruginosa : *Pseudomonas aeruginosa*

PR : Pourcentage de Répulsion

ROS : Reactive Oxygen Species (Espèces Réactives de l'Oxygène)

S. aureus : *Staphylococcus aureus*

T. castaneum : *Tribolium castaneum*

tr/min : tour par minute

UFC : Unité Formant Colonie

UV-Visible : Ultraviolet-Visible

Glossaire

Antalgique : Soulage la douleur sans agir sur sa cause ni altérer la conscience.

Antibactérienne : est une substance possédant la capacité de tuer des bactéries.

Anticancérigène : Inhibe le développement des cellules cancéreuses.

Anticoagulant : Préviend la formation de caillots sanguins.

Antiœdémateuse : Agent réduisant ou prévenant la formation d'œdèmes (accumulation de liquide dans les tissus).

Anticonvulsivant : Stabilise l'activité électrique anormale du cerveau pour prévenir les crises convulsives.

Antifongique : Se dit d'une substance qui agit contre les infections provoquées par les champignons ou les levures parasites.

Anti-inflammatoire : Substance réduisant l'inflammation ou la réponse immunitaire excessive.

Antioxydant : Molécule qui neutralise les radicaux libres, protégeant les cellules du stress oxydatif.

Antiparasitaire : Élimine ou bloque le développement des parasites.

Antiseptique : Substance qui élimine les germes ou empêche la prolifération des bactéries et virus sur les surfaces externes du corps.

Antispasmodique : Substance qui combat les spasmes en inhibant la contraction des muscles lisses, notamment au niveau de l'intestin et des voies urinaires.

Antitumoral : Inhibe la croissance des cellules tumorales.

Antiviral : perturbant le cycle de réplication d'un ou de plusieurs virus.

Cardiovasculaire : Agit sur le cœur et les vaisseaux sanguins.

Coalescence : Fusion de gouttelettes initialement regroupées, formant une seule gouttelette plus grosse, ce qui peut entraîner la séparation de l'émulsion en deux phases distinctes.

Crémage / Sédimentation : Les particules peuvent se déplacer en fonction de leur densité vers le haut « crémage » ou vers le bas « sédimentation ».

Diurétique : Substance qui augmente la production d'urine et favorise l'élimination de l'eau et des sels du corps.

Floculation : Agrégation d'un nombre plus ou moins grand des particules de la phase dispersée.

Hypotenseur : Diminue la pression artérielle.

Immunorégulatrice : Régule la réponse du système immunitaire.

Immunostimulant : Renforce les défenses immunitaires.

Inversion de phase : Se traduit par un brusque changement du sens de l'émulsion (une émulsion L/H devient H/L et, inversement, une émulsion H/L devient L/H).

Mûrissement d'Ostwald : Les plus petites gouttelettes en solution dans la phase continue se dissolvent et se déposent sur des gouttelettes plus grosses.

Vasoprotectrice : Protège les vaisseaux sanguins contre les altérations

Antioxydant : Substance pharmacologique capable de soulager ou d'atténuer la douleur sans altérer la conscience. Elle agit sur les voies nociceptives périphériques ou centrales.

Liste des figures

Figure 1 : Feuilles de <i>Laurus nobilis</i> L.	2
Figure 2: Arbuste de <i>Laurus nobilis</i> L.	2
Figure 3: Répartition de <i>Laurus nobilis</i> L. dans le monde	3
Figure 4 : Composés chimiques majoritaires identifiés dans l'huile essentielle des feuilles de laurier noble.....	4
Figure 5 : Structure chimique des phénols	5
Figure 6 : Structure chimique des coumarines	6
Figure 7: Structures génériques des principaux flavonoïdes	6
Figure 8: Structure chimique des tanins hydrolysables (a) et tanins condensés (b).....	7
Figure 9: Structure de l'unité isoprénique.....	8
Figure 10: Structure chimique de la morphine	9
Figure 11: Structure du 1,4-benzoquinone	9
Figure 12: Structure chimique d'une saponine stéroïdienne	9
Figure 13: Représentation schématique des émulsions simples et multiples	14
Figure 14: Représentation schématique des mécanismes de déstabilisation d'une émulsion	15
Figure 15: structure d'un agent tensioactif	16
Figure 16: Méthodologie expérimentale	18
Figure 17: Etapes de préparation du matériel végétale	20
Figure 18 : Poudre de feuilles de laurier avant et après déshydratation.....	20
Figure 19 : Etapes de préparation de l'extrait aqueux par infusion.....	24
Figure 20 : Etapes de préparation de l'extrait hydrométhanolique par macération.....	24
Figure 21 : Protocole du dosage des polyphénols totaux.....	26
Figure 22 : Diagramme du dosage des flavonoïdes.....	27
Figure 23 : Etapes d'extraction de l'huile essentielle de <i>Laurus nobilis</i> L : (a) immersion des feuilles dans l'eau ; (b) montage d'hydrodistillation ; (c) décantation et séparation des 2 phases ; (d) stockage de l'huile essentielle.....	28
Figure 24 : Schéma représentatif du processus de fabrication de la crème.....	38
Figure 25 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique.....	42
Figure 26 : Courbe d'étalonnage de la quercétine.....	43
Figure 27 : Evaluation de l'activité insecticide d'huile essentielle de <i>Laurus nobilis</i> L. par le test de répulsion.....	47
Figure 28 : Evolution des absorbances de l'activité antioxydante en fonction des concentrations préparées.....	48
Figure 29 : Crème élaborée.....	50
Figure 30 : Taille des gouttelettes de la crème.....	51
Figure 31 : Dispersion du bleu de méthylène dans la crème.....	52

Liste des tableaux

Tableau I : Classification botanique de <i>Laurus nobilis</i> L.	3
Tableau II : Différents systèmes d'émulsions	13
Tableau III : Souches bactérienne utilisées.....	19
Tableau IV : Tests phytochimiques	22
Tableau V : Pourcentage de répulsion selon le classement de Mc Donald	32
Tableau VI : Matières premières utilisées pour la formulation de la crème.....	36
Tableau VII : Résultats des paramètres physico-chimiques caractérisant les feuilles de laurier noble	40
Tableau VIII : Résultats d'analyse phytochimique de <i>Laurus nobilis</i> L.	40
Tableau IX : Rendement en extraits.....	41
Tableau X : Teneurs en polyphénols totaux et en flavonoïdes	42
Tableau XI : Propriétés organoleptiques de l'HE de <i>Laurus nobilis</i> L.	43
Tableau XII : Propriétés chimiques de l'HE de <i>Laurus nobilis</i> L.....	43
Tableau XIII : Propriétés chimiques de l'HE de <i>Laurus nobilis</i> L.	44
Tableau XIV : Résultats de l'analyse IR des extraits de <i>Laurus nobilis</i> L.....	45
Tableau XV : Classement d'huile essentielle de <i>Laurus nobilis</i> L. selon ses propriétés de répulsion ..	47
Tableau XVI : Diamètres des zones d'inhibitions (moyenne ± ET) en mm	49
Tableau XVII : Propriétés organoleptiques de la crème préparée	50
Tableau XVIII : Résultats de stabilité sous microscope après 7 jours de conservation à différentes températures	52

Table des Matières

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction.....1

Partie 1 : Revue Bibliographique

Chapitre I : Généralités sur la plante *Laurus nobilis* L.

I.1. Histoire et traditions.....	2
I.2. Dénomination de la plante	2
I.3. Description botanique	2
I.4. Taxonomie.....	3
I.5. Répartition géographique.....	3
I.6. Composition chimique de <i>Laurus nobilis</i> L.....	4

Chapitre II : Métabolites secondaires

II.1. Classification des métabolites secondaires.....	5
II.1.1. Composés phénoliques.....	5
II.1.1.1. Coumarines.....	5
II.1.1.2. Flavonoïdes	6
II.1.1.3. Tanins	7
II.1.1.4. Rôle et intérêt des composés phénoliques.....	7
II.1.2. Terpénoïdes	8
II.1.3. Alcaloïdes.....	8
II.1.4. Quinones libres	9
II.1.5. Saponines	9

Chapitre III : Huiles essentielles

III.1. Définition de l'aromathérapie	10
III.2. Définition des huiles essentielles	10
III.3. Techniques conventionnelles d'extraction	10
III.3.1. Extraction par entraînement à la vapeur d'eau	10
III.3.2. Extraction au moyen de solvants	11
III.3.3. Extraction par expression à froid.....	11
III.3.4. Extraction par hydrodiffusion.....	11
III.4. Utilisation des huiles essentielles	11

III.5. Activités thérapeutiques et pharmacologiques de l'huile essentielle de laurier noble	12
III.5.1. Activité antibactérienne et antivirale	12
III.5.2. Activité mucolytique et expectorante	12
III.5.3. Activité antispasmodique, antalgique et anti-inflammatoire	12
III.5.4. Activité insecticide et répulsive	12
III.5.5. Activité Immunorégulatrice	12
III.5.6. Activité anticonvulsivante et rééquilibrante	12
III.5.7. Autres utilisations	12

Chapitre IV : Notions sur les émulsions

IV.1. Produit cosmétique	13
IV.2. Les émulsions	13
IV.2.1. Définition	13
IV.2.2. Différents systèmes d'émulsion	13
IV.2.3. Classification	14
IV.2.3.1. Emulsions simples	14
IV.2.3.2. Emulsions multiples	14
IV.2.4. Instabilité des émulsions	14
IV.2.5. Formulation d'une émulsion	15

Partie 2 : Partie Expérimentale

Chapitre V : Matériels et méthodes

V.1. Cadre d'étude	18
I.2. Objectif d'étude	18
V.3. Matériel	19
V.3.1. Appareillage et réactifs	19
V.3.2. Matériel biologique	19
V.3.3. Matériel végétal	19
V.4. Caractérisation physico-chimique des feuilles sèches de <i>Laurus nobilis</i> L.	20
V.4.1. Teneur en eau (Humidité)	20
V.4.2. Teneur en cendres	21
V.4.3. Détermination du pH	21
V.5. Etude Phytochimique des feuilles sèches de <i>Laurus nobilis</i> L.	22
V.5.1. Préparation de l'infusé	22
V.5.2. Tests phytochimiques	22
V.6. Préparation des extraits de <i>Laurus nobilis</i> L.	24

V.6.1 Extrait aqueux (EAQ)	24
V.6.2 Extrait hydrométhanolique.....	24
V.6.3 Calcul du rendement en extrait sec	24
V.7. Dosage des polyphénols et des flavonoïdes.....	25
V.7.1. Dosage des polyphénols.....	25
V.7.2. Dosage des flavonoïdes.....	26
V.8. Extraction de l'huile essentielle de <i>Laurus nobilis</i> par Hydrodistillation.....	27
V.8.1. Caractérisation de l'huile essentielle.....	28
V.8.1.1 Caractérisation organoleptique	28
V.8.1.2 Caractérisation chimique	28
V.8.1.3 Caractérisation physique.....	30
V.8.1.4. Analyse spectrométrie infrarouge de l'huile essentielle et des extraits de <i>Laurus nobilis</i> L.	30
V.9. Test des activités biologiques.....	31
V.9.1 Activité insecticide	31
V.9.1.1 Test d'inhalation	31
V.9.1.2 Test de répulsion	32
V.9.2. Activité antioxydante	32
V.9.2.1 Test du pouvoir de réduction du fer : FRAP (Ferric reducing antioxidant power).....	32
V.9.3 Activité antibactérienne.....	33
V.9.3.1 Repiquage et vérification de la pureté des souches bactériennes	33
V.9.3.2 Coloration de Gram	33
V.9.3.3 Evaluation de l'activité antibactérienne	34
V.10 Formulation d'une crème hydratante	35
V.10.1 Type d'émulsion.....	35
V.10.2 Processus de la formulation	38
V.10.3 Contrôle qualité de la crème préparée.....	39
V.10.3.1 Caractères organoleptiques.....	39
V.10.3.2 Examen microscopique.....	39
V.10.3.3 Mesure du p H	39
V.10.3.4 Mesure de la viscosité.....	39
V.10.3.5 Test de stabilité à la centrifugation	39
V.10.3.6 Test de stabilité à la température de stockage.....	39
V.10.3.7 Sens de l'émulsion.....	39

Chapitre VI : Résultats et discussion

VI.1. Paramètres physico-chimiques de la poudre de laurier noble.....	40
VI.2. Screening phytochimique de la poudre de feuilles de laurier noble	40
VI.3. Rendement en extraits.....	41
VI.4. Résultats du dosage des Polyphénols totaux et des flavonoïdes.....	42
VI.5. Caractérisation de l'huile essentielle.....	43
VI.5.1. Caractérisations organoleptiques.....	43
VI.5.2. Caractérisations physico-chimiques.....	43
VI.5.2.1. Caractéristiques chimiques	43
VI.5.2.2. Caractéristiques physiques.....	44
VI.6. Analyse spectroscopique (Spectre Infrarouge)	44
VI.7. Activités biologiques de l'huile essentielle.....	46
VI.7.1. Activité insecticide	46
VI.7.1.1. Test d'inhalation.....	46
VI.7.1.2. Test de répulsion	46
VI.7.2. Résultats de l'activité antioxydante.....	47
VI.7.3. Résultats de l'activité antibactérienne.....	48
VI.8. Contrôle de la formulation pharmaceutique (crème hydratante)	50
VI.8.1. Analyse macroscopique.....	50
VI.8.2. Analyse microscopique.....	51
VI.8.3. Mesure de pH	51
VI.8.4. Mesure de la viscosité	51
VI.8.5. Test de stabilité	51
VI.8.5.1. Stabilité à la centrifugation.....	51
VI.8.5.2. Test de stabilité à la température de stockage.....	51
VI.8.6. Sens de l'émulsion	52
Conclusion et perspectives.....	53

Références bibliographiques

Annexes



Introduction

La médecine par les plantes est née avec l'homme, car c'est à son profit que celui-ci a appris à connaître les qualités bienfaisantes ou nocives des végétaux. L'emploi des plantes comme remède remonte à l'antiquité. Les connaissances dans ce domaine se sont transmises de génération en génération grâce aux guérisseurs et aux féticheurs. L'étude de certaines d'entre elles n'a pas échappé au progrès de la science [1].

Actuellement, les plantes aromatiques possèdent un atout considérable grâce à la découverte progressive des applications de leurs huiles essentielles dans les soins de santé ainsi que leurs utilisations dans d'autres domaines d'intérêt économique. Leurs nombreux usages font qu'elles connaissent une demande de plus en plus forte sur les marchés mondiaux vu leurs propriétés médicinales en l'occurrence les propriétés anti-inflammatoires, antiseptiques, antivirales, antifongiques, bactéricides, antitoxiques, insecticides, tonifiantes, stimulantes, et calmantes [2].

Bien que plusieurs huiles essentielles aient été identifiées et caractérisées, seules quelques-unes présentent une valeur commerciale significative, en raison de leur composition chimique, de leurs activités biologiques. La compréhension de ces propriétés est essentielle pour garantir leur qualité et optimiser leur utilisation dans les différents secteurs [3].

Dans cette étude, nous avons choisi de nous intéresser au *Laurus nobilis* L., une plante aromatique de la famille des Lauraceae, utilisée depuis l'Antiquité pour ses propriétés médicinales et culinaires. Connue sous le nom de laurier noble, cette espèce est traditionnellement appréciée pour ses effets bénéfiques sur la digestion, ainsi que pour ses vertus antiseptiques et anti-inflammatoires. Ses feuilles sont également prisées en cuisine, tandis que ses composés bioactifs suscitent un intérêt croissant dans le domaine de la santé et en cosmétique.

Ce travail a pour objectif principal l'étude approfondie du *Laurus nobilis* L., à travers plusieurs volets complémentaires : une caractérisation phytochimique et physico-chimique de la plante, l'extraction et l'analyse de son huile essentielle, l'évaluation de ses activités biologiques (antioxydante, antibactérienne et insecticide). Ces différentes analyses ont abouti à la mise au point d'une crème cosmétique hydratante naturelle formulée à partir de l'huile essentielle extraite.

Dans cette optique, notre travail a été structuré en trois grandes parties :

- La première partie de ce travail est structurée en quatre chapitres : elle aborde les généralités sur la plante *Laurus nobilis*, les métabolites secondaires, les huiles essentielles, ainsi que les notions de base relatives aux émulsions, en lien avec la formulation cosmétique.
- La deuxième partie est consacrée aux travaux expérimentaux, elle décrit les différentes méthodes mises en œuvre pour atteindre les objectifs fixés : la récolte et l'identification de la plante (*Laurus nobilis*), les analyses phytochimiques et physico-chimiques, l'extraction de son huile essentielle, l'évaluation de ses activités biologiques (antioxydante, antibactérienne, insecticide), ainsi que la formulation d'une crème cosmétique hydratante bio à base de cette huile essentielle.
- La troisième partie est dédiée à la présentation et l'interprétation des résultats obtenus.
- Ce travail s'achève par une conclusion générale qui présente les principaux résultats obtenus ainsi que les perspectives qui en découlent.



Partie 1

Revue Bibliographique



Chapitre 1
Généralités sur la plante

I.1. Histoire et traditions

En Grèce ancienne, le laurier jouait un rôle crucial dans les rituels de divination à Delphes, où la Pythie mâchait des feuilles de laurier avant de rendre ses oracles. Le laurier était également consacré à Apollon, symbole de gloire et d'immortalité, et couronnait les vainqueurs des Jeux Olympiques. À Rome, le laurier était utilisé à la fois comme médicament et épice. Pendant les fêtes de Saturnales, les feuilles étaient tressées en guirlandes. Le laurier était également associé à Esculape, dieu de la Médecine. Ses feuilles étaient consommées en infusion pour leurs effets toniques sur l'estomac et la vessie, et sous forme de cataplasme pour soulager les piqûres d'insectes [4].

I.2. Dénomination de la plante

Le laurier noble, également appelé laurier commun, laurier-sauce ou laurier d'Apollon. Le nom latin *Laurus* est d'origine celtique et signifie "toujours vert", en référence à son feuillage persistant. Le laurier est également un symbole de succès, notamment à travers l'expression "Bacca Lauri" qui désigne le baccalauréat en latin, signifiant "baies de laurier" [5]. Il possède plusieurs noms vernaculaire, Rand, est « le nom le plus connue en Algérie ».

I.3. Description botanique

Le laurier noble, *Laurus nobilis* L., appartient à la famille des Lauracées, qui comprend environ 32 genres et 2000 à 2500 espèces [6]. Ce grand arbuste possède une écorce gris foncé et lisse, avec des feuilles vert foncé brillantes sur le dessus et plus pâles en dessous. Les feuilles sont allongées ou lancéées, avec des extrémités pointues et un pétiole court. Le limbe a un bord ondulé légèrement épaissi et recourbé vers l'intérieur, mesurant environ 5 à 12 cm de long et 2 à 6 cm de large. Lorsqu'elles sont froissées, les feuilles libèrent une odeur aromatique [7] (Figure1, 2).

Le laurier peut atteindre une hauteur de 2 à 6 mètres en culture, et jusqu'à 15 mètres à l'état sauvage. Il présente un feuillage dense, vert foncé et persistant. Sa croissance est généralement lente, atteignant environ 5 à 6 mètres en vingt ans. Il peut facilement vivre cent ans [7]



Figure 1 : Feuilles de *Laurus nobilis* L.
(Prise personnelle)



Figure 2: Arbuste de *Laurus nobilis* L.
[8]

I.4. Taxonomie

Le tableau I montre un classement se référant à la classification botanique selon APG III

Tableau I : Classification botanique de *Laurus nobilis* L. [5]

Catégorie	Description botanique
Règne	Plantae (Plantes)
Sous-règne	Plantes vasculaires
Embranchement	Spermatophytes (Plantes à graines)
Sous-embranchement	Angiospermae (Plantes à fleurs)
Classe	Dicotylédones
Sous-classe	Dialypétales
Ordre	Laurales
Famille	Lauraceae
Genre	<i>Laurus</i>
Espèce	<i>Laurus nobilis</i> L.

I.5. Répartition géographique

Laurus nobilis L., est originaire de la région méditerranéenne et d'Asie Mineure. Actuellement, il est cultivé dans de nombreux pays méditerranéens, notamment la Turquie, l'Algérie, la France, la Grèce, le Maroc, le Portugal, l'Espagne, la Belgique, les îles Canaries, le Mexique, l'Amérique centrale et le sud des États-Unis [9]. La Turquie est un important producteur et fournisseur de feuilles de laurier [10] (Figure3).

Il y a plus de 20 millions d'années, les forêts de lauriers couvraient une grande partie du bassin méditerranéen pendant le Tertiaire. Cependant, en raison des glaciations de la période quaternaire, ces forêts ont été déplacées vers des zones plus tempérées, comme l'Afrique du Nord et les archipels Macaronésiens. Le laurier est cultivé commercialement pour ses feuilles aromatiques, mais il est également largement cultivé en Europe et aux États-Unis comme plante ornementale [11].

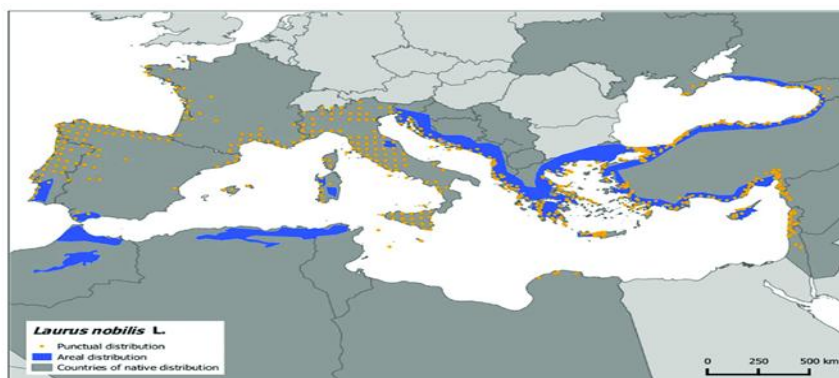


Figure 3: Répartition de *Laurus nobilis* L. dans le monde [11]

I.6. Composition chimique de *Laurus nobilis* L.

De nombreuses études ont été réalisées pour la détermination de la composition chimique des feuilles de *Laurus nobilis* L et elles ont prouvé qu'elles sont riches en substances actives, avec une composition chimique diversifiée. Elles contiennent environ 1 à 3 % d'huile essentielle [12], principalement composée de cinéol, pinènes (α et β), sabinene, linalol, eugénol, terpinéol, ainsi que divers esters et terpénoïdes. Les proportions de ces composés varient selon l'origine géographique de la plante. [13,14]. On peut également trouver des lactones sesquiterpéniques dérivées du germacranolide costunolide [15].

Les feuilles contiennent également des flavonoïdes polaires (comme les dérivés glycosylés de quercétine, kaempférol et catéchine) et apolaires (quatre dérivés acylés de kaempférol). On y trouve également des lactones sesquiterpènes, des alcaloïdes d'isoquinoline [16], et une quantité significative de vitamine E [17,18]. Cette richesse en composés bioactifs contribue aux propriétés médicinales et aromatiques du laurier noble (Figure 4).

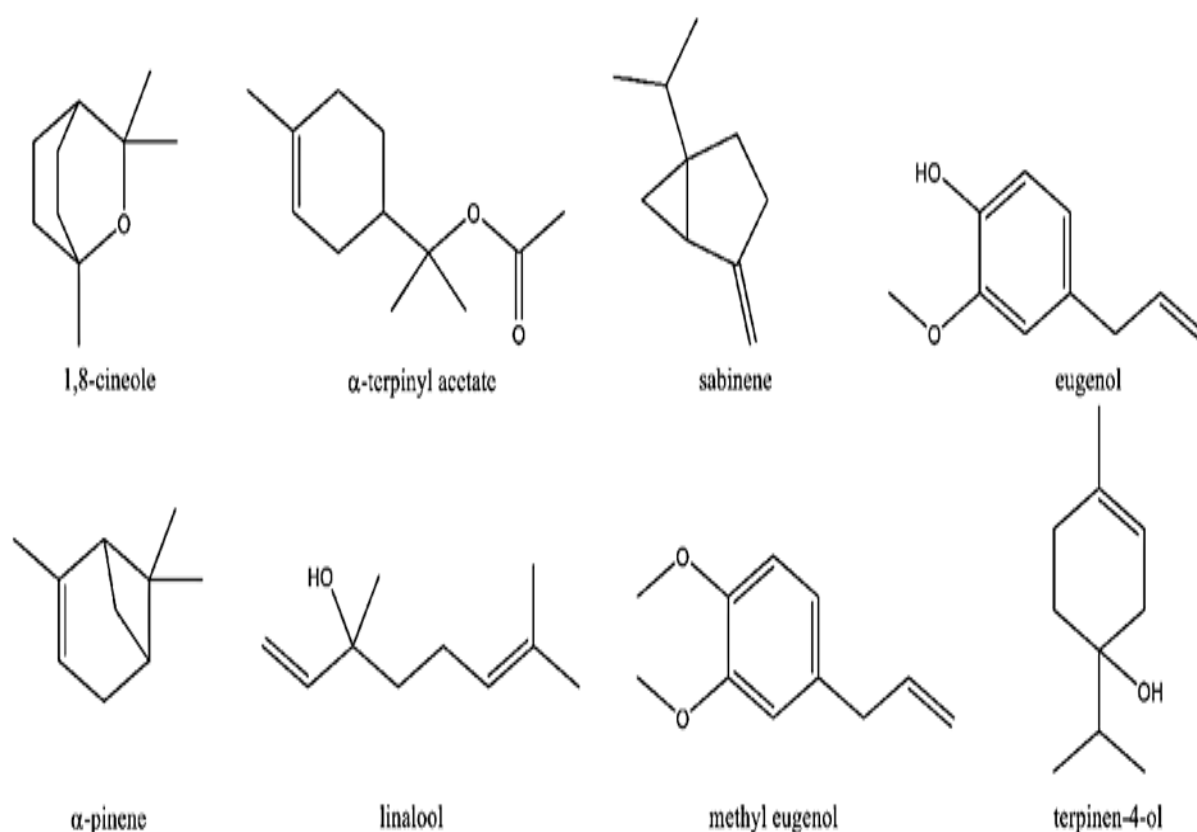


Figure 4 : Composés chimiques majoritaires identifiés dans l'huile essentielle des feuilles de laurier noble [19]



Chapitre 11
Métabolites secondaires

Les plantes possèdent la capacité de synthétiser différentes molécules organiques appelées métabolites secondaires. Ces composés se caractérisent par des structures de squelette carboné uniques et complexes [20].

Bien qu'ils ne soient pas essentiels à la survie d'une cellule (ou d'un organisme), ces métabolites secondaires jouent un rôle essentiel en favorisant la croissance et la survie des plantes face à différents stress environnementaux. Leurs effets se manifestent à long terme, soutenant la croissance et la résilience des plantes dans des conditions environnementales difficiles [21].

Les métabolites secondaires peuvent être classés en différentes catégories en fonction de leur structure et de leurs fonctions :

II.1. Composés phénoliques

Les composés phénoliques, issus des plantes, forment un vaste groupe de métabolites secondaires aux propriétés antioxydantes, anti-inflammatoires et anticancérigènes. Ils protègent contre le stress oxydatif et certaines maladies. Ces composés, caractérisés par des cycles aromatiques hydroxylés, peuvent se polymériser en molécules plus grandes comme les proanthocyanidines et les lignanes. Ils sont souvent conjugués à d'autres composés naturels sous forme d'esters ou de glycosides [22] (Figure 5).

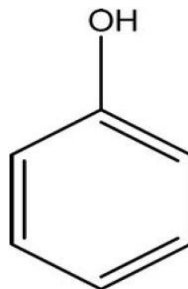


Figure 5 : Structure chimique des phénols [23]

Parmi les principales classes de composés phénoliques, on distingue les coumarines, les flavonoïdes et les tanins, qui se différencient par leur structure chimique et leurs fonctions biologiques.

II.1.1. Coumarines

Les coumarines sont des métabolites secondaires naturels appartenant à la famille des benzopyranones, présents dans de nombreuses plantes sous forme libre ou conjuguée. Bien qu'elles ne soient pas essentielles au métabolisme primaire, elles jouent un rôle important dans la défense des végétaux et l'interaction avec l'environnement (antioxydant, antifongique,

répulsif, etc.). De plus, elles présentent un large éventail d'activités pharmacologiques, notamment anticoagulantes, anti-inflammatoires, immunostimulantes et antitumorales [24].

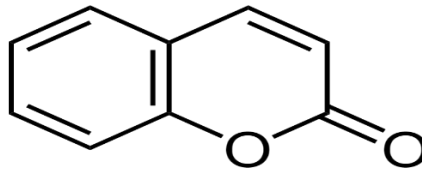


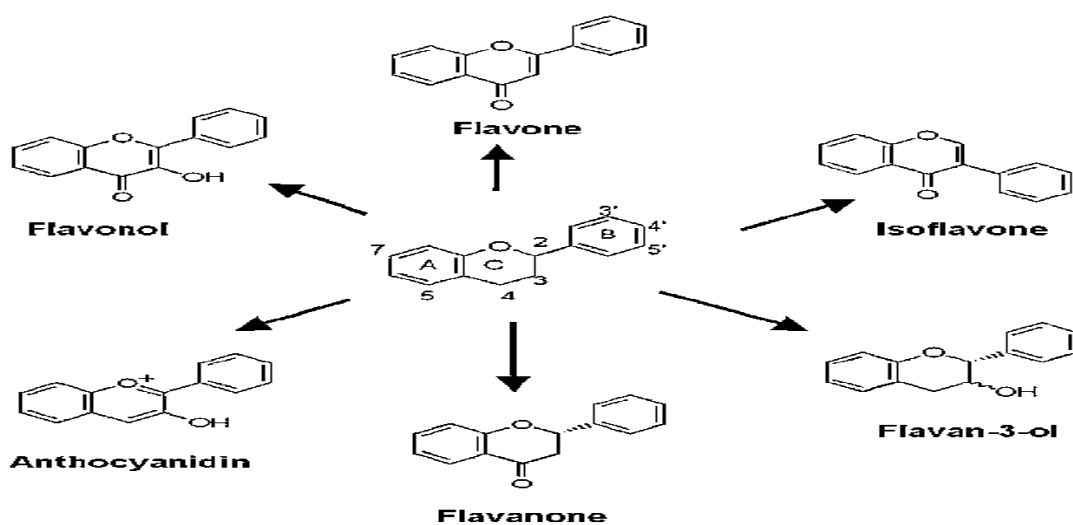
Figure 6 : Structure chimique de base des coumarines [24]

II.1.2. Flavonoïdes

Le terme "flavonoïdes" désigne un groupe très large de composés polyphénoliques caractérisés par un faible poids moléculaire avec une structure benzo- γ -pyrane. Ces composés sont largement répandus dans le règne végétal et se trouvent de manière universelle chez les plantes vasculaires, généralement sous forme de glycosides [25].

Ces composés possèdent un large éventail d'activités pharmacologiques, notamment leurs propriétés antioxydantes, qui leur confèrent la capacité de protéger les cellules du stress oxydatif lié aux pathologies associées au vieillissement, telles que les maladies d'Alzheimer et de Parkinson [26].

Les flavonoïdes sont répartis en 13 sous-classes, dont les principales comprennent les flavones, les flavonols, les flavan-3-ols, les isoflavones, les flavanones et les anthocyanidines. Ces composés partagent tous une structure de base commune appelée squelette C6-C3-C6 (diphénylpropane), biosynthétisée à partir de deux voies métaboliques distinctes : la partie C6-C3 est dérivée de l'acide shikimique, tandis que la partie C6 résulte de la condensation de trois



unités d'acétate [27] (Figure7)

Figure 7: Structures génériques des principaux flavonoïdes [28]

II.1.3. Tanins

Les tanins constituent les métabolites secondaires les plus répandus chez les plantes, représentant souvent entre 5 % et 10 % du poids sec des feuilles d'arbres. Ils jouent un rôle essentiel dans la défense des feuilles contre les insectes herbivores, agissant par dissuasion et/ou toxicité [29].

Les tanins, qui sont des polyphénols, se divisent principalement en deux classes selon leur structure : les tanins condensés et les tanins hydrolysables [30].

- **Tanins condensés** (ou proanthocyanidines) : polymères de flavan-3-ols (catéchine, épicatechine) et flavan-3,4-diols, reliés par des liaisons C4-C8. Très répandus dans le règne végétal (Angiospermes, Gymnospermes, Ptéridophytes) [30].
- **Tanins hydrolysables** : Composés d'esters de sucres simples (comme le glucose ou le xylose) et d'acides phénoliques (acide gallique ou ellagique), les tanins hydrolysables se divisent en deux groupes : les gallotanins et les ellagitanins. Facilement hydrolysables en milieu acide, ils libèrent leurs acides phénoliques constitutifs, ce qui permet leur quantification par des méthodes analytiques telles que la chromatographie ou la colorimétrie. [31] (Figure 8).

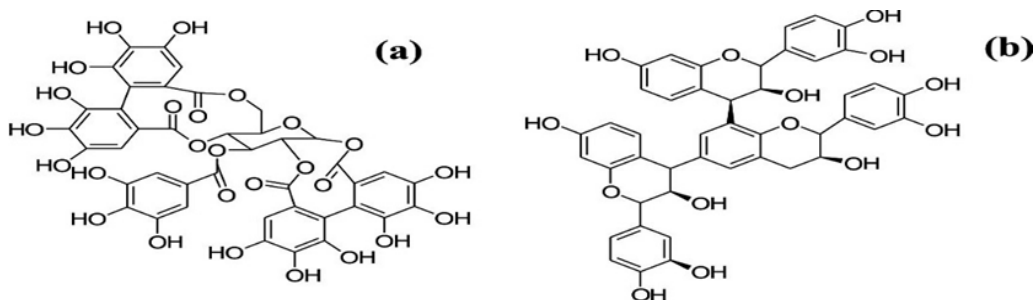


Figure 8: Structure chimique des tanins hydrolysables (a) et tanins condensés (b)[32]

II.1.1.4. Rôle et intérêt des composés phénoliques

- **Chez les végétaux**

Les composés phénoliques sont des métabolites secondaires essentiels pour les plantes. Ils servent de défense chimique contre les prédateurs et les pathogènes, attirent les pollinisateurs grâce à leurs pigments, et facilitent la dispersion des graines. Ils régulent également la croissance et aident les plantes à répondre aux stress environnementaux comme les rayons UV ou la sécheresse. En somme, ces composés sont vitaux pour la survie, la reproduction et l'adaptation des plantes dans leur écosystème [33].

- **Chez les humains**

Les composés phénoliques offrent de nombreux bienfaits pour la santé, notamment des propriétés antimicrobiennes, antioxydantes, anti-inflammatoires et anti-cancéreuses. Ils agissent également comme phytoœstrogènes, influençant les récepteurs hormonaux, et ont des effets bénéfiques sur le métabolisme et la neuroprotection. Bien que leur biodisponibilité soit

parfois limitée, leur métabolisation par le microbiote intestinal peut générer des composés actifs, renforçant leur potentiel thérapeutique. Ces composés représentent une source prometteuse pour la prévention et le traitement de diverses maladies [34]

II.1.2. Terpénoïdes

Les terpénoïdes, ou isoprénoïdes, sont le plus grand groupe de métabolites spécialisés des plantes, caractérisés par une grande diversité structurale et fonctionnelle. Constitués d'unités d'isoprène, ils sont classés selon leur taille, allant des monoterpénoïdes (C10) aux tétraterpénoïdes (C40), incluant les caroténoïdes. Les terpénoïdes comprennent notamment les triterpènes, qui sont à l'origine des stéroïdes et des stérols, molécules indispensables à la structure membranaire et à la signalisation cellulaire. Sur le plan fonctionnel, ces composés jouent un rôle fondamental dans les interactions écologiques des plantes (défense, communication, attraction des pollinisateurs), tout en présentant un grand potentiel d'application dans les domaines pharmaceutique, cosmétique, agroalimentaire et énergétique [35, 36] (Figure 9).

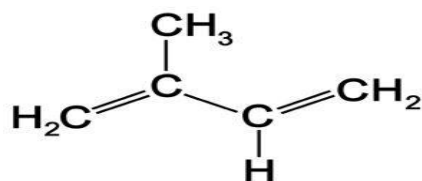


Figure 9: Structure de l'unité isoprénique [37]

II.1.3. Alcaloïdes

Les alcaloïdes sont des composés organiques cycliques, présents principalement dans les plantes, mais aussi chez certains microorganismes, invertébrés marins et insectes. Certains alcaloïdes retrouvés chez les animaux proviennent de leur alimentation et servent de défense contre les prédateurs. Chimiquement, ils sont constitués d'azote, d'hydrogène et de carbone, et la plupart contiennent aussi de l'oxygène. Ce sont des solides cristallisables, peu solubles dans l'eau mais bien solubles dans des solvants organiques. Leur caractère basique, dû à la présence d'azote, leur confère une réaction alcaline, ce qui explique leur nom « alcaloïdes » [38].

Les alcaloïdes, comme la morphine découverte en 1804, présentent un intérêt majeur en raison de leurs diverses activités biologiques. Utilisés en médecine comme analgésiques, anticancéreux ou antipaludéens, ils sont également exploités en agriculture comme pesticides naturels. Leur diversité chimique en fait des outils précieux pour la recherche scientifique et le développement de nouveaux médicaments [39] (Figure 10).

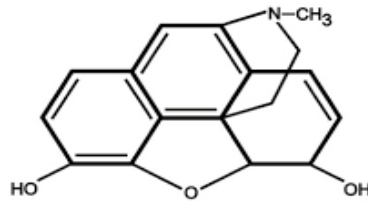


Figure 10: Structure chimique de la morphine [40]

II.1.4. Quinones libres

Les quinones libres sont des composés organiques oxydés, dérivés de cycles aromatiques comme le benzène ou le naphthalène, comportant des groupes cétone conjugués. Leur réactivité chimique repose sur leur capacité à subir des réactions redox et à interagir avec des nucléophiles biologiques, générant parfois des espèces réactives de l'oxygène (ROS). Ces propriétés chimiques leur confèrent une large gamme d'activités biologiques, en particulier anticancéreuse, antimicrobienne, antiparasitaire et anti-inflammatoire, faisant d'elles des structures clés dans le développement de nouveaux agents thérapeutiques [41] (Figure 11).

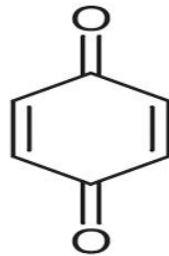


Figure 11: Structure du 1,4-benzoquinone [42]

II.1.5. Saponines

Les saponines sont des composés amphiphiles naturels, caractérisés par une structure moléculaire composée d'une partie hydrophile (sucres, tels que des pentoses, hexoses ou acides uroniques) et d'une partie lipophile (appelée sapogénine), qui peut être soit un stéroïde soit un triterpène. La plupart des sapogénines identifiées sont des triterpènes [43]. Les saponines possèdent des propriétés biologiques variées, offrant une protection aux plantes contre les insectes et les pathogènes. Elles interagissent avec le cholestérol, bénéficiant ainsi la santé cardiovasculaire. En agriculture, elles servent à contrôler les nuisibles en affectant leur croissance et alimentation. Leurs propriétés tensioactives sont également exploitées dans les secteurs pharmaceutique, cosmétique et alimentaire [44] (Figure 12).

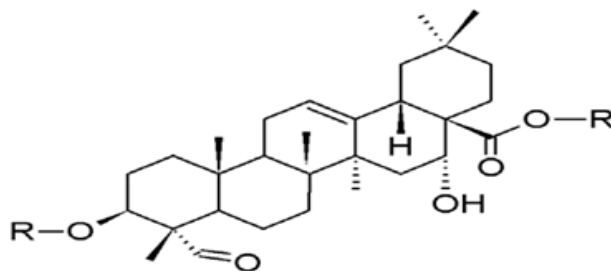


Figure 12: Structure chimique d'une saponine stéroïdienne [45]



Chapitre III
Huiles essentielles

III.1. Définition de l'aromathérapie

L'aromathérapie, qui combine "aroma" (parfum) et "thérapie" (traitement), est une pratique naturelle utilisée depuis plus de 6 000 ans par des civilisations comme l'Égypte, la Chine et l'Inde pour soigner le corps, l'esprit et l'âme. Elle repose sur les huiles essentielles, extraites de plantes (fleurs, feuilles, racines, etc.), riches en composés actifs (alcools, terpènes, cétones) aux propriétés antibactériennes, antivirales et relaxantes. Administrées par inhalation, massage ou application cutanée, ces huiles agissent sur les nerfs olfactifs et le cerveau, influençant l'humeur, le stress et la vigilance [46].

En milieu clinique, l'aromathérapie peut être bénéfique pour la gestion des symptômes tels que la douleur, les nausées, l'anxiété, la dépression, le stress et l'insomnie. Elle est particulièrement utile dans des contextes spécifiques comme l'anxiété préopératoire, l'oncologie, les soins palliatifs (notamment pour le confort en phase terminale) [47].

III.2. Définition des huiles essentielles

Il existe plusieurs définitions des huiles essentielles :

Les huiles essentielles (HE) sont des liquides aromatiques composés d'un mélange de substances volatiles et odorantes, responsables des essences et des parfums caractéristiques des plantes [48].

La définition de la Commission de la pharmacopée européenne : « Produit odorant, généralement de composition complexe, obtenu à partir d'une matière première végétale botaniquement définie, soit par entraînement à la vapeur d'eau, soit par distillation sèche, soit par un procédé mécanique approprié sans chauffage [49].

Selon la définition de l'Organisation internationale de normalisation (ISO), le terme « huile essentielle » est réservé à un « produit obtenu à partir de matières premières végétales, soit par distillation à l'eau ou à la vapeur, soit à partir de l'épicarpe des agrumes par un procédé mécanique, ou par distillation sèche » (ISO 9235, 1997), c'est-à-dire uniquement par des moyens physiques [50].

L'Association Française de Normalisation (AFNOR, Edition 2000), a défini les huiles essentielles comme étant : des produits obtenus soit à partir de matières premières naturelles par distillation à l'eau ou à la vapeur d'eau, soit à partir des fruits de *Citrus* par des procédés mécaniques et qui sont séparés de la phase aqueuse par des procédés physiques [51].

III.3. Techniques conventionnelles d'extraction

Plusieurs méthodes sont utilisées pour l'extraction des huiles essentielles :

III.3.1. Extraction par entraînement à la vapeur d'eau

L'extraction par entraînement à la vapeur d'eau est une méthode couramment utilisée pour obtenir des huiles essentielles (HE). Elle consiste à exposer directement le matériel végétal à un flux de vapeur, permettant la condensation des composés volatils en une phase aqueuse (hydrolat) et une phase organique (huile essentielle). Cette technique préserve la qualité des

huiles en évitant l'hydrolyse et la dégradation des molécules aromatiques. Elle assure une distillation rapide et efficace, extrayant jusqu'à 95 % des composés volatils en 30 minutes, idéale pour l'industrie et la parfumerie [52].

III.3.2. Extraction au moyen de solvants

L'extraction par solvants volatils est une méthode sans chauffage adaptée aux plantes sensibles à la chaleur, comme le jasmin ou la rose. Un solvant (hexane, éthanol) dissout les molécules odorantes, puis est évaporé pour obtenir un extrait concentré en parfums, cires et résines. Après purification sous pression réduite, on obtient une concrète (pour les fleurs) ou un résinoïde (pour les plantes sèches). Cet extrait est ensuite traité à l'alcool pour produire l'absolue, une essence très fine. Cependant, la présence de traces résiduelles de solvants limite son usage médical, le réservant à des applications spécifiques [53].

III.3.3. Extraction par expression à froid

L'extraction par expression à froid est une méthode mécanique spécifiquement utilisée pour récupérer les huiles essentielles contenues dans l'épicarpe des agrumes. Apparue au 19^e siècle en Italie, elle s'est ensuite développée au Brésil, en Californie et en Floride.

Ce procédé repose sur un grattage mécanique des peaux imprégnées d'essence, dont l'huile est entraînée par de l'eau avant d'être séparée par décantation. Il permet d'obtenir des huiles essentielles précieuses, telles que celles de citron, de pamplemousse, de bergamote et de bigarade [54].

III.3.4. Extraction par hydrodiffusion

L'hydrodiffusion est une méthode d'extraction des huiles essentielles utilisant de la vapeur et de l'eau. La matière végétale est placée sur une grille au-dessus de l'eau, tandis que la vapeur est injectée par le bas. Elle traverse ensuite la plante, entraînant les huiles essentielles qui se condensent sur une surface refroidie, se séparant ensuite de l'eau [55].

III.4. Utilisation des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont employées dans divers domaines grâce à leurs propriétés bénéfiques pour la santé, la beauté et le bien-être. Voici quelques-uns des principaux secteurs où elles sont utilisées :

- **En Pharmacie**

Les huiles essentielles sont couramment utilisées en pharmacie pour leurs propriétés médicinales, notamment comme agents antimicrobiens, expectorants, décongestionnants ou carminatifs. Elles servent également à aromatiser les préparations pharmaceutiques, améliorant ainsi leur goût et leur odeur [56].

- **En agroalimentaire**

Reconnues comme sûres (GRAS) par la FDA, les huiles essentielles sont utilisées comme additifs antimicrobiens et antioxydants dans les aliments. Intégrées directement ou dans des films comestibles, elles contrôlent les pathogènes et améliorent la sécurité alimentaire [57].

- **En cosmétologie**

Les huiles essentielles (HE) sont largement utilisées en cosmétologie et en dermatologie pour leurs propriétés variées. En cosmétologie, elles servent d'agents de parfumage, améliorent l'apparence de la peau et des cheveux, et offrent des solutions adaptées aux différents types de peaux et besoins [58].

III.5. Activités thérapeutiques et pharmacologiques de l'huile essentielle de laurier noble

L'huile essentielle de *Laurus nobilis* est reconnue pour ses effets bénéfiques sur la santé : elle soulage les troubles respiratoires (grippe, bronchite), les douleurs (dentaires, articulaires, cutanées), réduit le stress et renforce la confiance en soi. Elle possède également des propriétés antiseptiques, antibactériennes, antivirales, antifongiques, digestives et favorise la concentration [59].

III.5.1. Activité antibactérienne et antivirale

L'huile a une action antimicrobienne modérée mais large, due au 1,8-cinéole et à l'eugénol. Elle est efficace contre *E. coli*, *L. plantarum*, *S. typhimurium* et *S. aureus*, notamment dans les infections buccales grâce à son activité anti-biofilm. Elle agit aussi contre certains virus comme l'herpès (HSV-1) [60,61].

III.5.2. Activité mucolytique et expectorante

Les oxydes terpéniques (comme le 1,8-cinéole) fluidifient les sécrétions bronchiques et stimulent la clairance muco-ciliaire, ce qui aide à dégager les voies respiratoires [59].

III.5.3. Activité antispasmodique, antalgique et anti-inflammatoire

Grâce à l'acétate de terpényle et à l'eugénol, l'huile a des effets antispasmodiques, antidouleur et anti-inflammatoires, notamment sur les douleurs dentaires. Son effet anti-inflammatoire est comparable à celui du piroxicam, mais plus prolongé [59].

III.5.4. Activité insecticide et répulsive

Elle est un répulsif naturel efficace contre les moustiques (*Culex pipiens*), pouvant en repousser jusqu'à 83 % à faible dose [62,63].

III.5.5. Activité Immunorégulatrice

Le 1,8-cinéole stimule le système immunitaire en augmentant les γ - et β -globulines, renforçant ainsi les défenses naturelles de l'organisme [59].

III.5.6. Activité anticonvulsivante et rééquilibrante

Traditionnellement utilisée comme anti-épileptique, l'huile aurait des effets régulateurs sur le système nerveux autonome. Cependant, ces propriétés reposent sur des observations plus que sur des preuves expérimentales solides [64].

III.5.7. Autres utilisations

Elle peut être appliquée localement (diluée) pour traiter les mycoses, l'herpès, les troubles digestifs et les affections bucco-dentaires. Moins agressive que le clou de girofle, elle reste néanmoins efficace grâce à ses propriétés antalgiques, antiseptiques et anti-inflammatoires [19].



Chapitre IV
Notions sur les émulsions

La Pharmacopée Européenne définit les préparations semi-solides comme des produits homogènes destinés à une application cutanée ou sur certaines muqueuses. Elles sont formulées pour une action locale ou transdermique des principes actifs, ou pour exercer une fonction émoullissante ou protectrice.

IV.1. Produit cosmétique

L'article L5131-1 du Code de la Santé Publique définit réglementairement un produit cosmétique comme toute substance ou préparation destinée à être mise en contact avec les parties superficielles du corps humain - épiderme, systèmes pileux et capillaires, ongles, lèvres et organes génitaux externes - ou avec les dents et les muqueuses buccales, à des fins exclusives ou principales de nettoyage, de parfumage, de modification de l'apparence, de protection, de maintien en bon état ou de correction des odeurs corporelles [65].

IV.2. Les émulsions

IV.2.1. Définition

Une émulsion est un système dispersé hétérogène composé de deux liquides non miscibles, généralement une phase huileuse et une phase aqueuse, dans lequel l'un des liquides est dispersé sous forme de fines gouttelettes de l'ordre du micron dans l'autre. Malgré son aspect macroscopiquement homogène, sa structure microscopique reste hétérogène. La stabilité de cette dispersion est assurée par la présence d'émulsifiants qui forment un film autour des gouttelettes, empêchant leur coalescence. Les émulsions sont des systèmes thermodynamiquement instables, fréquemment utilisés en cosmétologie comme préparations liquides ou semi-solides destinées à être appliquées telles quelles ou à servir d'excipients [66].

IV.2.2. Différents systèmes d'émulsion

Les émulsions se divisent en trois grandes familles selon la dimension des gouttelettes de la phase dispersée, comme indiqué dans le tableau ci-dessous

Tableau II: Différents systèmes d'émulsions [67]

Système	Caractéristiques
Macros-émulsions	Il s'agit de systèmes dispersés hors équilibre, formés de deux liquides non miscibles, où le diamètre moyen des gouttelettes est d'au moins un micromètre.
Nano/mini émulsions	Ce sont des systèmes biphasés dont les gouttelettes ont une taille comprise entre 20 et 200 nm. Ils apparaissent transparents ou translucides à l'œil nu et présentent une grande stabilité vis-à-vis de la sédimentation ou du crémage.
Microémulsions	Ce sont des systèmes monophasiques obtenus grâce à un émulsifiant, permettant la coexistence des molécules des phases aqueuse et huileuse. Ils sont thermodynamiquement stables.

IV.2.3. Classification

Selon la dispersion de la phase aqueuse et la phase huileuse, il existe essentiellement deux types d'émulsions

IV.2.3.1. Emulsions simples

- **Emulsions Eau dans Huile (E / H) :** dans ce type d'émulsions, dont la taille des particules est d'environ 1 μ m, l'huile est en phase externe et l'eau en phase interne. Ces émulsions se présentent sous forme de préparations opaques. De couleur "blanchâtre à jaunâtre" en fonction de la nature des corps gras, elles sont non conductrices du courant électrique, non lavables à l'eau et laissent un film résiduel gras sur la peau après application. On y retrouve généralement les crèmes cosmétiques dites "nourrissantes" (crèmes pour le bain, crèmes pour les peaux très sèches, sèches, etc.) [68].
- **Emulsions Huile dans Eau (H / E) :** elles sont les plus nombreuses. L'eau représente la phase externe et la taille des particules huileuses dispersées varie entre 1 μ m et 100 μ m. Les préparations résultantes sont opaques, de couleur blanche, conductrices du courant électrique et lavables à l'eau. D'étalement facile, elles ne laissent pas ou très peu, un film résiduel gras sur la peau [68].

IV.2.3.2. Emulsions multiples

- **Emulsions eau dans huile dans eau (E/H/E) :** sont des systèmes multiphasiques complexes où une première émulsion eau-dans-huile (E/H), constituée de microgouttelettes aqueuses dispersées dans une phase huileuse continue, est elle-même émulsifiée dans une phase aqueuse externe [69].
- **Emulsions huile dans eau dans huile (H/E/H) :** sont des système multiphasiques complexes où une première émulsion huile-dans-eau (H/E), constituée de microgouttelettes huileuses dispersées dans une phase aqueuse continue, est elle-même dispersée dans une phase huileuse externe [69].

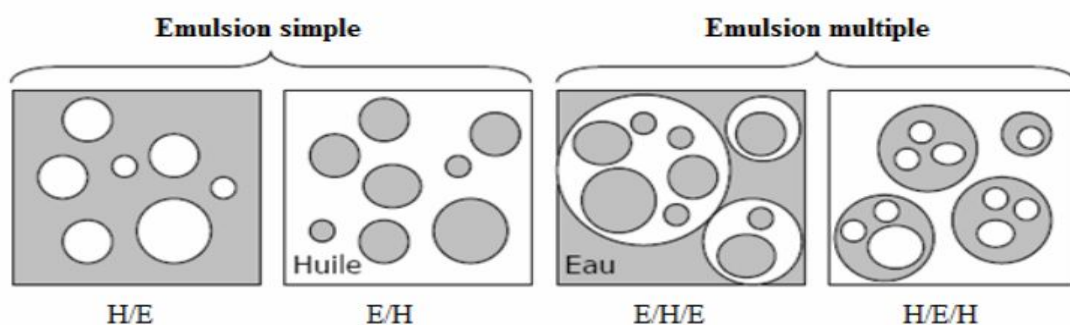


Figure 13: Représentation schématique des émulsions simples et multiples [70]

V.2.4. Instabilité des émulsions

Les émulsions sont des systèmes thermodynamiquement instables en raison de l'immiscibilité naturelle de leurs phases (eau et huile). Cette instabilité se manifeste par des phénomènes de coalescence (fusion des gouttelettes), de sédimentation (dépôt) et de crémage (migration vers la surface), conduisant à une séparation progressive des phases. Plusieurs

facteurs influencent cette déstabilisation, notamment la température, la taille des gouttelettes, la concentration en émulsifiants et les conditions de cisaillement. Par exemple, une augmentation de la température réduit la viscosité de la phase continue et affaiblit les films interfaciaux, accélérant ainsi la rupture de l'émulsion. De même, une agitation excessive ou une quantité insuffisante de tensioactifs favorise la coalescence des gouttelettes.

Pour limiter cette instabilité, des agents stabilisants (tensioactifs, polymères) sont utilisés afin de renforcer la barrière interfaciale et maintenir la dispersion des phases [71].

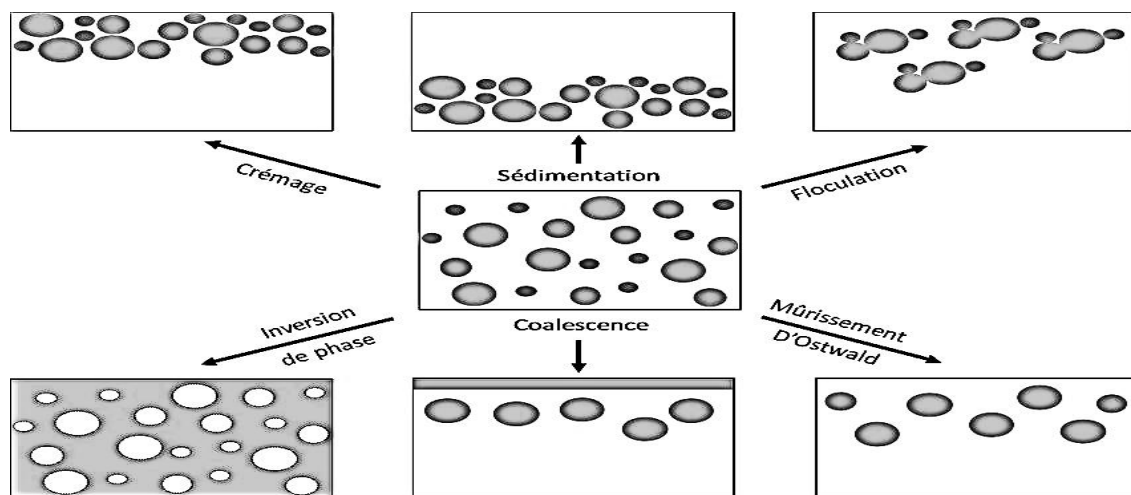


Figure 14: Représentation schématique des divers mécanismes de déstabilisation d'une émulsion [72]

IV.2.5. Formulation d'une émulsion

La formulation d'une émulsion consiste à mélanger deux phases non miscibles, généralement une phase aqueuse et une phase huileuse, en présence d'un agent tensioactif qui permet de stabiliser le mélange. Le choix des composants (huiles, eau, tensioactifs, additifs) et leurs proportions sont essentiels pour obtenir la stabilité, la texture et les propriétés recherchées.

La méthode de préparation (ordre d'incorporation, agitation, température) influence aussi la taille des gouttelettes et la stabilité finale de l'émulsion. Plusieurs variables, comme la fraction de phase aqueuse, la nature des huiles et le type de tensioactif, doivent être soigneusement ajustées pour éviter l'inversion de phase et assurer la performance du produit final [73].

- **Phase aqueuse ou phase hydrophile :** Il s'agit généralement d'une solution aqueuse contenant différents composants hydrosolubles essentiels. Elle comprend principalement de l'eau comme solvant principal, ainsi que des électrolytes (ions minéraux, acides et bases), des nutriments (vitamines et glucides), et des macromolécules biologiques (protéines notamment). Cette phase joue un rôle important dans la formulation des émulsions, apportant à la fois stabilité et propriétés fonctionnelles au système. Sa composition précise varie en fonction de l'application souhaitée, permettant d'adapter les caractéristiques physico-chimiques de l'émulsion finale [74].
- **Phases lipophile ou phase huileuse :** constitue la partie hydrophobe des émulsions, composée d'un mélange d'huiles, cires et graisses d'origine végétale, animale ou

minérale, ainsi que de composés synthétiques. Ces ingrédients, pouvant être liquides, solides ou semi-solides à température ambiante, déterminent les propriétés clés de l'émulsion : stabilité, texture et fonctionnalités (pouvoir occlusif, capacité à véhiculer des actifs). Leur sélection et combinaison sont adaptées en fonction de l'application finale (cosmétique, pharmaceutique ou alimentaire) [74].

- **Les additifs** : sont des ingrédients utilisés dans les produits cosmétiques pour remplir principalement trois fonctions : la conservation, l'aromatisation et la coloration.
 - **Les parfums** : ce sont des mélanges de substances odorantes liposolubles. Ils procurent une expérience sensorielle agréable à l'utilisateur, confèrent une identité olfactive unique au produit et peuvent également avoir des propriétés actives, notamment lorsqu'il s'agit d'huiles essentielles.
 - **Les colorants** : ce sont des composés destinés à donner une couleur attrayante au produit, améliorant ainsi son aspect visuel et son acceptabilité par le consommateur.
 - **Les conservateurs** : ils jouent un rôle important dans la prévention de la dégradation du produit.
 - **Les conservateurs antimicrobiens** : ils empêchent la croissance des micro-organismes. Exemples : acide sorbique, acide déhydroacétique, acide benzoïque, acide salicylique, formol, chlorure de benzalkonium, triclosan, chlorhexidine, glutaraldéhyde.
 - **Les antioxydants** : ils préviennent l'oxydation des composants sensibles, notamment les corps gras. Exemples : tocophérol (vitamine E), acide ascorbique (vitamine C), huiles essentielles (thym, romarin) [75].
- **Tensioactifs** : sont des molécules amphiphiles composées d'une tête hydrophile et d'une queue hydrophobe. Ils s'orientent aux interfaces eau/huile ou eau/gaz, réduisant ainsi la tension superficielle et stabilisant le système.
Les tensioactifs se répartissent en quatre grandes classes, selon la nature de la charge portée par leur tête hydrophile : les anioniques, chargés négativement, les cationiques, chargés positivement, les zwitterioniques, possédant à la fois des charges positives et négatives, et les non ioniques, qui ne portent aucune charge. Chacune de ces classes présente des propriétés spécifiques qui déterminent leur utilisation dans les formulations pharmaceutiques, cosmétiques ou industrielles [72]



Figure 15: structure d'un agent tensioactif [76]

➤ **Notion des HLB (balance hydrophile–lipophile)**

Le facteur HLB est un paramètre essentiel dans la conception des émulsions. Introduit par Griffin en 1949, il permet de quantifier le caractère hydrophile ou lipophile d'un tensioactif à travers une échelle numérique allant de 0 à 20. Les valeurs faibles correspondent à des tensioactifs lipophiles, solubles préférentiellement dans la phase huileuse, tandis que les valeurs élevées désignent des tensioactifs hydrophiles, solubles dans la phase aqueuse.

Ce facteur est déterminant pour orienter la formation des émulsions selon leur type :

- Les tensioactifs à HLB élevé (généralement supérieur à 10) favorisent la formation d'émulsions huile-dans-eau (H/E).
- Les tensioactifs à HLB faible (inférieur à 10) sont adaptés aux émulsions eau-dans-huile (E/H).

La valeur du facteur HLB d'un mélange binaire de tensioactifs est calculée à partir des HLB individuels de chaque composant et de leur proportion dans le mélange selon l'équation suivante :

$$HLB_m = (HLB_a \times X) + ((HLB_b) \times (1-X))$$

D'ou :

- HLB_m : représente la valeur du HLB du mélange,
- HLB_a : valeur du HLB du tensioactif lipophile,
- HLB_b : valeur du HLB du tensioactif hydrophile,
- X : correspond à la fraction (ou pourcentage) du tensioactif lipophile dans le mélange.

Cette approche permet d'adapter la formulation aux exigences spécifiques du produit, en optimisant la stabilité et les propriétés fonctionnelles de l'émulsion [77]



Partie 2

Partie Expérimentale

V.1. Cadre d'étude

Notre travail expérimental a été réalisé au sein de laboratoire pédagogique de chimie pharmaceutique du département de Chimie, Faculté des Sciences de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou (UMMTO).

I.2. Objectif d'étude

Cette étude, visait à caractériser le laurier (*Laurus nobilis* L.) sur les plans physicochimique et phytochimique et à évaluer les activités biologiques de ses extraits et huiles essentielles et enfin élaboration d'une formulation pharmaceutique (Figure 16).

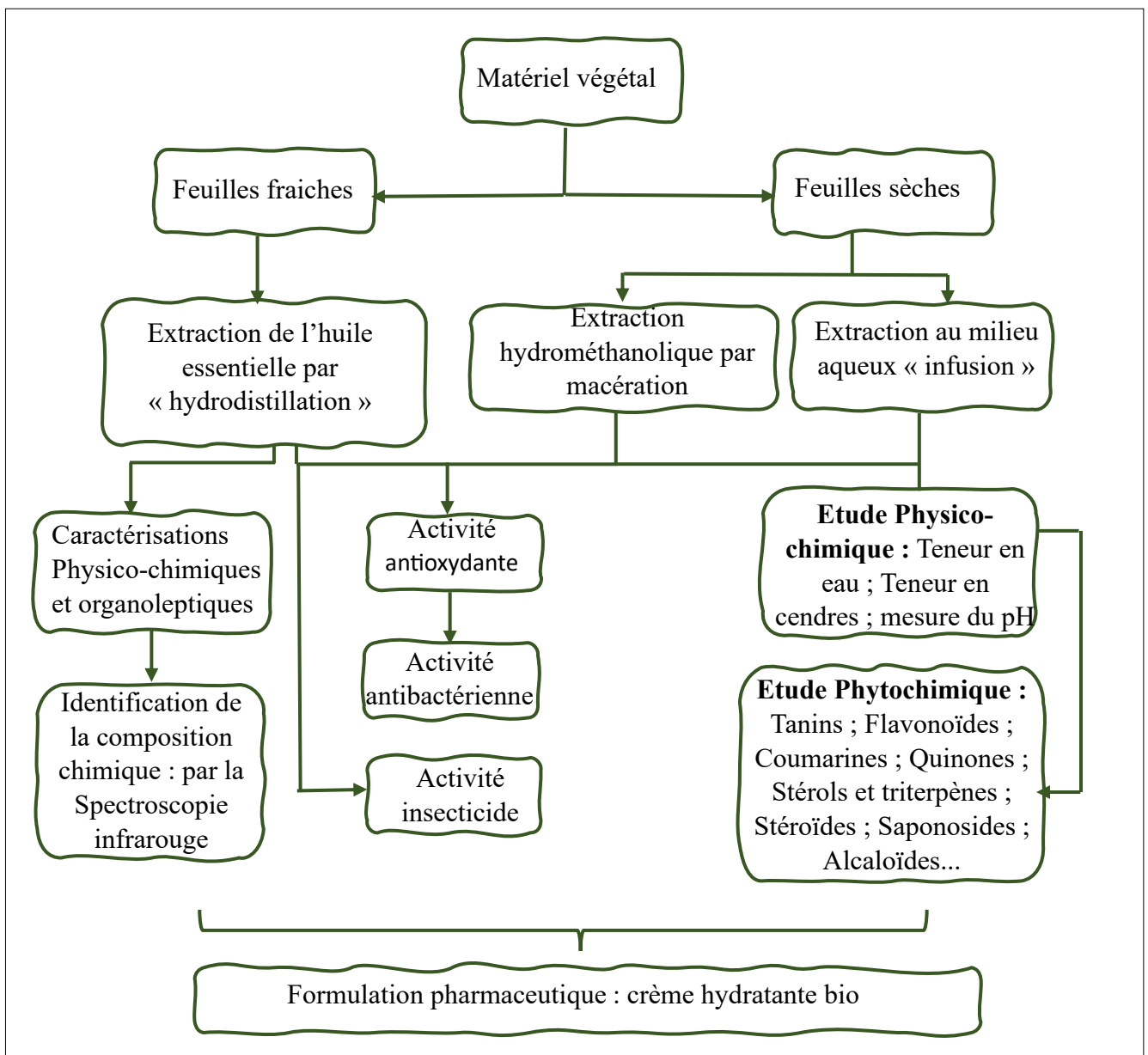


Figure 16: Méthodologie expérimentale

V.3. Matériel

V.3.1. Appareillage et réactifs

Le matériel de laboratoire utilisé dans l'étude expérimentale (solvant, réactif chimique et appareillages) sont cités en annexe (N°1)

V.3.2. Matériel biologique

V.3.2.1. Microorganismes testés

Les extraits de la plante ont été testés sur des microorganismes (bactéries) provenant du laboratoire de Microbiologie du département de Biochimie-Microbiologie de l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou (Tableau III).

Tableau III: Souches bactérienne utilisées

Souche testée	Type	Aspect morphologique	Référence
<i>Staphylococcus aureus</i>	Gram positif	Cocci en grappe en violet	MU 50
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Gram négatif	Bacille en rose	ATCC 27853

V.3.3. Matériel végétal

La plante *Laurus nobilis* L. utilisée au cours de cette expérimentation a été récoltée au mois de février 2025 dans la région d'Azazga, de la wilaya de Tizi-Ouzou.

Après la récolte, la plante est séchée à l'abri de la lumière et de l'humidité à température ambiante, pour préserver l'intégralité des composés actifs pendant environ trois semaines.

Une fois le séchage terminé, les feuilles sont séparées des tiges et réduites en poudre fine à l'aide d'un broyeur. La poudre obtenue est ensuite stockée dans des flacons en verre hermétiquement fermés (Figure 17).



Figure 17 : Etapes de préparation du matériel végétal.

V.4. Caractérisation physico-chimique des feuilles sèches de *Laurus nobilis* L.

V.4.1. Teneur en eau (Humidité) [78]

➤ Principe

L'humidité ou la teneur en eau est la quantité d'eau (pourcentage d'eau) contenue dans l'échantillon à analyser (feuilles de laurier).

➤ Mode opératoire

- Cinq grammes d'échantillon en poudre ont été placés dans un verre de montre.
- L'échantillon a été mis dans l'étuve à 105°C pendant 2h30min.
- Le verre de montre a été retiré de l'étuve, puis déposé dans un dessiccateur afin d'éviter la réhydratation.
- L'échantillon a été pesé à l'aide d'une balance de précision 0,001. L'opération est refaite

pour le même échantillon jusqu'à l'obtention d'un poids constant.

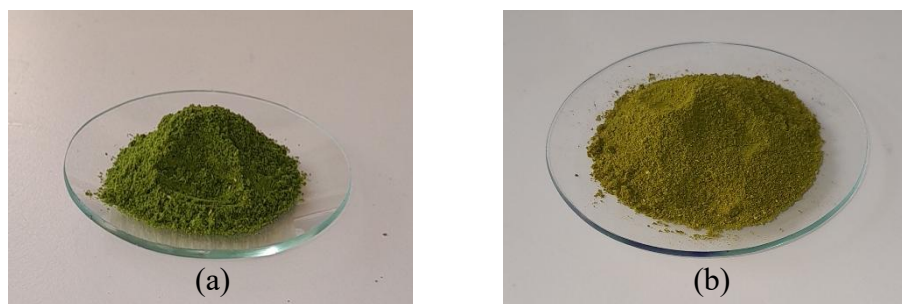


Figure18 : Poudre de feuilles de laurier avant (a) et après(b) déshydratation

➤ **Expression des résultats**

La teneur en eau a été déterminée selon la formule suivante :

$$H (\%) = \frac{M1-M2}{M} \times 100$$

- **H** : Humidité (%).
- **M1** : Masse de la capsule (tare) + la matière fraîche avant séchage en g.
- **M2** : Masse de l'ensemble après séchage en g.
- **M** : Masse de la prise d'essai en g.

V.4.2. Teneur en cendres [79]

➤ **Principe**

Calciner les échantillons à 550°C dans un four à moufle jusqu'à l'obtention de cendres blanchâtres.

➤ **Mode opératoire**

- Cinq grammes de l'échantillon ont été pesés dans des capsules en porcelaine.
- Les capsules ont été placées dans un four à moufle à 550 °C pendant 5 heures.
- Après incinération, les capsules ont été retirées du four et placées dans un dessiccateur.
- Après refroidissement les capsules ont été pesées à l'aide d'une balance de précision 0,0001.

➤ **Expression des résultats**

$$MO (\%) = \frac{M1-M2}{p} \times 100$$

- **MO** : Matière organique en g
- **M1** : Masse de la capsule + prise d'essai en g
- **M2** : Masse de la capsule + cendres en g
- **P** : Masse de prise d'essai en g

La détermination de la teneur en cendres (Tc) est calculée comme suit :

$$TC = 100 - MO$$

V.4.3. Détermination du pH [80]

Le potentiel d'hydrogène (pH) est une variable qui permet la détermination de l'acidité d'un produit donné mesuré par un pH-mètre.

➤ Principe

Le pH d'une solution, mesurant son acidité ou son alcalinité, est déterminé à l'aide d'un pH-mètre. Cet appareil se compose d'une sonde (électrode) plongée dans la solution et d'un boîtier électronique affichant la valeur numérique du pH.

➤ Mode opératoire

- Deux grammes de poudre ont été pesés à l'aide d'une balance, puis mélangés avec 15 ml d'eau distillée chaude. Le mélange a été laissé au repos jusqu'à refroidissement.
- Le pH-mètre a été étalonné à l'aide de solutions tampons.
- Un volume approprié de l'échantillon a été prélevé afin de permettre l'immersion de l'électrode, puis la valeur du pH a été notée sur l'écran du pH-mètre.
- L'électrode a été rincée à l'eau distillée avant et après chaque mesure.

V.5. Etude Phytochimique des feuilles sèches de *Laurus nobilis* L.

Cette technique permet d'identifier les différents métabolites secondaires présents dans un organe végétal à travers des réactions physico-chimiques. Les tests, réalisés sur de la poudre de *Laurus nobilis* ou sur son infusé, révèlent la présence ou l'absence de composés spécifiques. Les résultats sont ensuite classés selon les critères suivants :

- Réaction franchement positive : (+ + +), Réaction moyennement positive : (+ +), Réaction positive : (+), Réaction négative : (-) [81].

V.5.1. Préparation de l'infusé

L'extrait aqueux est obtenu par infusion de 20 g de poudre de feuilles sèches de *Laurus nobilis* L dans 100ml d'eau distillée bouillante, après 20min de contact, la phase aqueuse est filtrée sur un papier filtre. Le filtrat est ajusté à 100ml et conservé dans un flacon stérile opaque à l'abri de la lumière.

V.5.2. Tests phytochimiques

Les tests effectués sont indiqués avec leur mode opératoire dans le tableau IV :

Tableau IV: Tests phytochimiques

Tests	Mode opératoire
Tanins	Introduire dans un tube à essais 1ml d'infusé à 5% et ajouter quelques gouttes de solution aqueuse diluée de FeCl₃ à 1% . En présence de tanins, il se développe une coloration verdâtre ou bleu-noirâtre [82].
Flavonoïdes (Anthocyanes)	L'ajout de 5 ml d'acide sulfurique (H₂SO₄) à 5 ml de l'infusé provoque une coloration rouge en milieu acide, tandis que l'ajout de 5 ml d'hydroxyde d'ammonium (NH₄OH) donne une coloration bleu-violacée en milieu basique, révélant ainsi la présence d'anthocyanes [82].

Coumarines	Un mélange de 2 ml d'infusé avec 3 ml de NaOH à 10% produit une coloration jaune après agitation, confirmant la présence de coumarines [83].
Quinones libres	1g de poudre est placée dans un tube contenant 15 à 30 ml d'éther de pétrole . Après agitation et un repos de 24 heures , les extraits sont filtrés et concentrés à l'aide d'un évaporateur rotatif. La présence de quinones libres est mise en évidence par l'ajout de quelques gouttes de NaOH à 10 % , entraînant une coloration jaune, rouge ou violette de la phase aqueuse [84].
Alcaloïdes	5g de poudre mélangée avec 25ml de H₂SO₄(10%) , agitation et macération puis filtration et lavage avec de l'eau distillée puis compléter jusqu'à 25ml de H₂SO₄ . Introduire 1 ml du filtrat dans un tube à essai et ajouter 5 gouttes de réactif de Dragendorff (solution aqueuse d'iodobismuthite de potassium). La présence d'alcaloïdes a été caractérisée par précipité orange [85].
Stérols et triterpènes	1g de poudre a été introduit dans un tube à essais, puis 20 mL d'éther ont été ajoutés. Le tube a été bouché, agité, puis laissé au repos pendant 24 heures afin d'assurer un bon contact entre l'échantillon et le solvant. Après ce temps, le mélange a été filtré, et le volume a été complété à nouveau à 20 mL avec de l'éther . 10 ml de l'extrait ont ensuite été évaporés à sec dans une capsule. Le résidu obtenu a été dissous dans 1 mL d'anhydride acétique et 1 mL de chloroforme , puis la solution a été recueillie dans un tube à essais. À l'aide d'une pipette, 1 à 2 mL d'acide sulfurique concentré ont été ajoutés délicatement au fond du tube, sans agitation. La formation d'un anneau rouge-brunâtre ou violacé à la zone de contact des deux liquides, accompagnée d'une coloration verte ou violette de la phase surnageante, a indiqué la présence de stérols et de triterpènes [86].
Stéroïdes	5 ml d'anhydride acétique sont ajoutés à 5 ml d'infusé , puis repris dans un tube à essai dans lequel sont ajoutés 0,5 ml de H₂SO₄ concentré . L'apparition d'une coloration violette qui vire au bleu puis au vert indique une réaction positive [87].
Saponosides	5ml de l'infusé sont mélangés avec 2ml d'eau distillée , puis la solution est fortement agitée. La présence des saponosides est évaluée comme suit : <ul style="list-style-type: none"> - Pas de mousse = test négatif - Mousse moins de 1cm = test faiblement positif - Mousse de 1-2 cm= test positif - Mousse plus de 2 cm= test très positif [88].

V.6. Préparation des extraits de *Laurus nobilis* L.

V.6.1 Extrait aqueux (EAQ)

L'EAQ a été préparé par infusion à 90°C (20min, 350 tr/min) de 20 g de poudre dans 100 ml d'eau distillée, suivi d'une double filtration sur des compresses stériles puis sur du papier filtre. L'extrait aqueux est concentré sous vide (rotavapeur, 35°C), puis séché dans l'étuve à 40°C et conservé à 4°C jusqu'à utilisation [81].



Figure 19 : Etapes de préparation de l'extrait aqueux par infusion

V.6.2 Extrait hydrométhanolique

Macération de 20 g de poudre de feuilles de *Laurus nobilis* dans 100 ml de méthanol/eau (80 :20) sous agitation pendant 24h à l'obscurité), ensuite une double filtration est réalisée (compresses stériles + papier filtre). L'extrait méthanolique est concentré sous vide (rotavapeur, 35°C), puis séché dans l'étuve à 40°C et conservé à 4°C jusqu'à utilisation [81].



Figure 20 : Etapes de préparation de l'extrait hydrométhanolique par macération

V.6.3 Calcul du rendement en extrait sec

Le rendement de la plante en extrait sec est le rapport entre le poids de l'extrait et le poids de la plante à traiter [89]. Le rendement qui est exprimé en pourcentage a été calculé par la formule suivante :

$$R \% = (PE/PA) \times 100$$

Où :

- R : Rendement de l'extrait en pourcentage ;
- PE : Poids de l'extrait en g ;
- PA : Poids de la poudre de *Laurus nobilis* en g.

V.7. Dosage des polyphénols et des flavonoïdes

V.7.1. Dosage des polyphénols

➤ Principe

La teneur en polyphénols totale des différents extraits de *Laurus nobilis* a été déterminée par la méthode Folin-Ciocalteu [90].

Ce réactif de couleur jaune est un mélange d'acides phosphotungstique ($H_3PW_{12}O_{40}$) et phosphomolybdique ($H_3PMo_{12}O_{40}$), est réduit en oxydes bleus de tungstène (W_8O_{23}) et de molybdène (Mo_8O_{23}) lors de l'oxydation du phénol. Cette réaction qui se produit dans des conditions alcalines est réalisée avec du carbonate de sodium. La coloration bleue dont l'intensité est proportionnelle à la quantité de polyphénols présents dans l'échantillon est mesurée à 765 nm [91].

➤ Mode opératoire

Le protocole de dosage des polyphénols totaux suivit est celui décrit par (Singleton et Rossi, 1965) [92] avec quelques modifications. 500 μ l du réactif Folin-Ciocalteu sont ajoutés à 100 μ l d'extrait (aqueux et hydrométhanolique) dilué (1 :10). Après 4 min, 400 μ l d'une solution de carbonate de sodium Na_2CO_3 (75 mg/ml) ont été ajoutés tout en agitant les tubes au vortex. Après 2 h d'incubation à température ambiante et à l'abri de la lumière, l'absorbance à 765 nm a été mesurée.

La courbe d'étalonnage est réalisée par l'acide gallique (0-500 μ g/ml) dans les mêmes conditions que l'échantillon. Les concentrations des composés phénoliques sont déterminées à partir de la courbe d'étalonnage. Les résultats sont exprimés en μ g équivalent d'acide gallique par mg d'extrait (μ g EAG/ mg).

Les étapes de dosage des polyphénols totaux sont représentées dans la figure 21 :

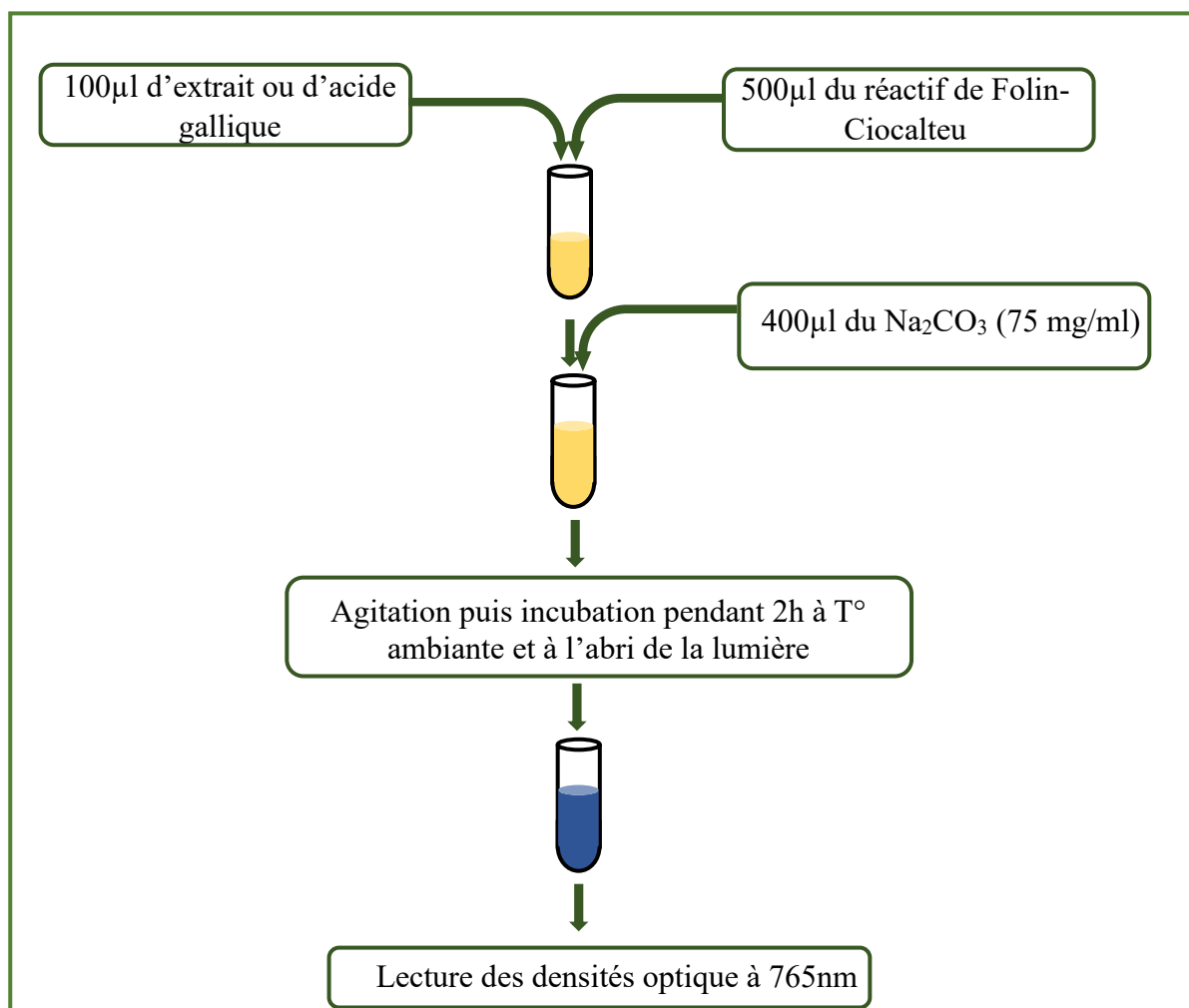


Figure 21 : Protocole du dosage des polyphénols totaux [92]

V.7.2. Dosage des flavonoïdes

➤ Principe

La teneur totale en flavonoïdes a été déterminée par la méthode de colorimétrie du chlorure d'aluminium en utilisant la quercétine comme étalon.

➤ Mode opératoire

Le protocole de dosage des flavonoïdes suivit est celui décrit par (Dehpour et al., 2009) [93]. Pour cela, 500 µl de chaque extrait (aqueux et hydrométhanolique) sont mélangés avec 1500 µl de méthanol à 95 %, 100 µl de chlorure d'aluminium (AlCl_3 à 10 %) et 100 µl d'acétate de potassium (CH_3COOK 1M), puis complétés avec 2,8 ml d'eau distillée tout en agitant les tubes au vortex. Après agitation et incubation à l'obscurité pendant 30 minutes, l'absorbance est mesurée à 415 nm à l'aide d'un spectrophotomètre UV-Visible.

La courbe d'étalonnage est réalisée avec de la quercétine (0-250 µg/ml) dans les mêmes conditions que l'échantillon. Les concentrations en flavonoïdes sont déterminées à partir de la

courbe d'étalonnage. Les résultats sont exprimés en μg équivalent de quercétine par mg d'extrait ($\mu\text{g EQ/ mg}$).

Les étapes de dosage des flavonoïdes sont représentées dans la figure ci-dessous :

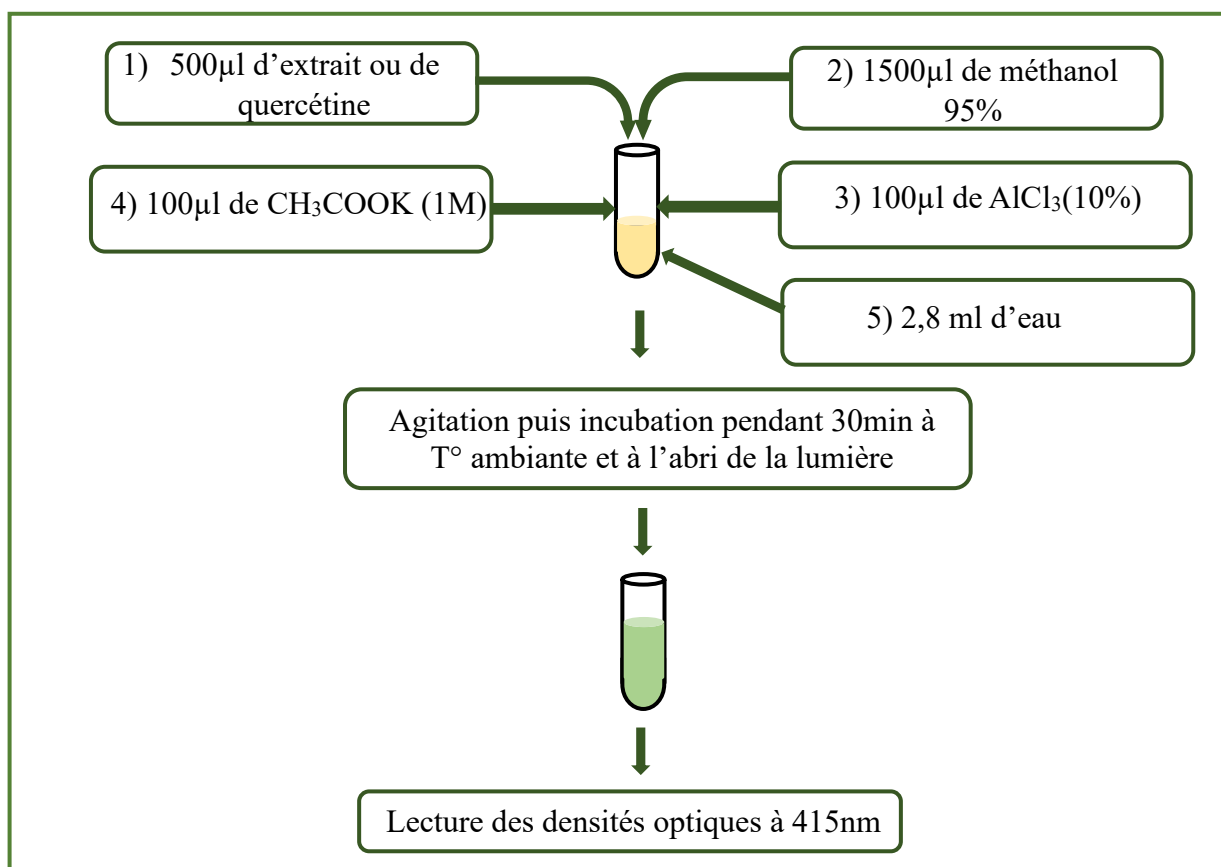


Figure 22 : Protocole du dosage des flavonoïdes [93]

La teneur en composés phénoliques (TCP) ou la teneur en flavonoïdes (TF) d'échantillons analysés est calculée par la formule suivante :

$$T = C.V / M$$

Soit :

C : concentration de l'extrait en polyphénols ou en flavonoïdes ;

V : volume de solvant utilisé pour l'extraction ;

M : masse en gramme de la prise d'essai.

V.8. Extraction de l'huile essentielle de *Laurus nobilis* par Hydrodistillation

➤ Mode opératoire

L'extraction de l'huile essentielle de *Laurus nobilis* a été réalisée à l'entreprise "SOSA bio" située à Souk El Had (Tizi-Ouzou), avec laquelle notre université avait établi un partenariat. La propriétaire, Sonia SAHOUI, nous a accueillis chaleureusement et nous a permis

d'utiliser leurs installations pour effectuer l'extraction à grande échelle dans des alambics de 12 litres, ce qui a considérablement réduit notre temps de travail tout en augmentant la quantité de l'huile extraite.

1 Kg de feuilles fraîches ont été placées dans un alambic rempli aux deux tiers d'eau distillée puis soumis à ébullition douce pendant 2 heures, Les vapeurs d'huiles essentielles passent à travers un tube vertical, puis dans un serpentin de refroidissement où elles se condensent. Les gouttelettes formées s'accumulent dans un tube rempli d'eau distillée. L'huile essentielle, étant moins dense que l'eau, flotte à la surface et récupérées par décantation puis conservée dans des flacons opaques bien scellés à une température de 4-5 °C (Figure 23).

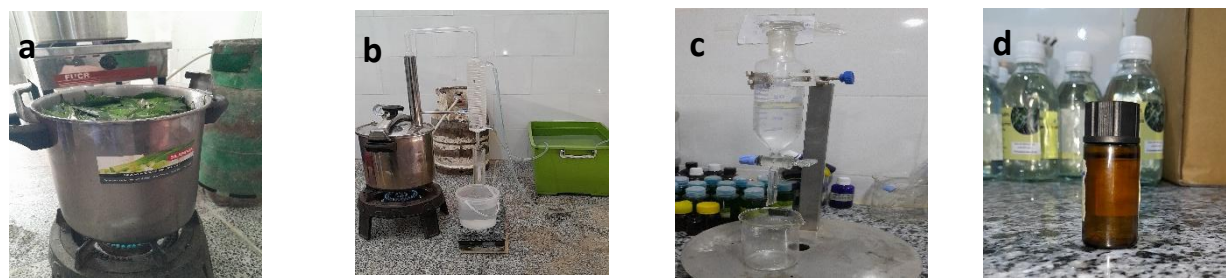


Figure 23 : Etapes d'extraction de l'huile essentielle de *Laurus nobilis* L : (a) immersion des feuilles dans l'eau ; (b) montage d'hydrodistillation ; (c) décantation et séparation des 2 phases ; (d) stockage de l'huile essentielle.

V.8.1. Caractérisation de l'huile essentielle

V.8.1.1 Caractérisation organoleptique

Dans cette étude, trois critères organoleptiques clés sont examinés pour évaluer la qualité de l'HE : l'odeur, la couleur et l'aspect. Ces caractéristiques sensorielles sont essentielles pour déterminer la qualité globale de l'huile essentielle.

V.8.1.2 Caractérisation chimique

Les propriétés chimiques étudiées ont été déterminées selon les normes de l'Association Française de Normalisation (AFNOR) et l'Organisation Internationale de Standardisation (ISO).

V.8.1.2.1. Indice d'acide

L'indice d'acide est le nombre de milligrammes d'hydroxyde de potassium nécessaire à la neutralisation des acides libres contenus dans 1 g d'huile essentielle [94].

➤ Mode opératoire

Un gramme d'huile essentielle a été pesé, puis dissous dans 5 mL d'éthanol à 95 %. Quelques gouttes de phénolphthaléine ont été ajoutées, et le mélange a été titré avec une solution de KOH alcoolique à 0,1 mol/L jusqu'à l'apparition d'une coloration rose persistante. Le volume de KOH utilisé a été noté. L'indice d'acide (IA) a ensuite été calculé selon la formule suivante :

$$IA = V.C. 56,11 / M$$

V : volume (ml) de KOH utilisé pour titrage ;

C : concentration en (mol/l) de KOH ;

M : masse en (g) de la prise d'essai.

V.8.1.2.2. Indice de peroxyde

L'indice de peroxyde a été déterminé par titrage iodométrique (ISO 3960 -1977 (F)) [94]. La méthode est basée sur le traitement d'une prise d'essai, en solution dans de l'acide acétique et du chloroforme, par une solution d'iodure de potassium. L'iode libéré a été titré à l'aide d'une solution de thiosulfate de sodium.

➤ Mode opératoire

Un gramme de l'huile à analyser a été introduit dans un erlenmeyer, puis 30 mL d'un mélange composé de deux volumes de chloroforme et trois volumes d'acide acétique ont été ajoutés. Le mélange a été agité jusqu'à dissolution complète de l'échantillon. Ensuite, 1 mL d'une solution saturée d'iodure de potassium a été incorporé. Après une agitation de 1 minute, 30 ml d'eau ont été ajoutés. Le titrage a été effectué à l'aide d'une solution de thiosulfate de sodium 0,01 M, ajoutée lentement sous agitation vigoureuse, jusqu'à disparition presque complète de la coloration jaune. Quelques gouttes d'empois d'amidon ont ensuite été ajoutées, et le titrage a été poursuivi, toujours sous agitation énergique, jusqu'à disparition totale de la coloration. Un essai à blanc a été réalisé dans les mêmes conditions expérimentales. L'indice de peroxyde est ensuite calculé selon la formule suivante :

$$I_p = 10. (n_2 - n_1) / m$$

m: Masse de la prise d'essai (g) ;

n_1 : Volume de thiosulfate de sodium 0,01 M (ml) ;

n_2 : Volume de thiosulfate de sodium 0,01 M de l'essai de blanc (ml).

V.8.1.2.3. Miscibilité à l'éthanol

La miscibilité d'une huile essentielle à l'éthanol est évaluée en ajoutant progressivement un mélange hydroéthanolique à l'huile essentielle à 20 °C jusqu'à obtenir un mélange limpide [95].

➤ Mode opératoire

Introduire 1 ml d'huile dans une éprouvette à 20 °C, puis en ajoutant progressivement un mélange hydroéthanolique (80 % ou 90 %) par petites fractions de 0,1 ml sous agitation jusqu'à obtenir une solution limpide. Le volume d'éthanol nécessaire pour atteindre cette limpidité définit le degré de miscibilité, exprimé sous la forme « **1 volume d'huile dans V volumes d'éthanol à X %** »

V.8.1.2.4. Potentiel hydrogène (pH)

Cette mesure a été effectuée à l'aide du papier pH.

V.8.1.3 Caractérisation physique

V.8.1.3.1. Densité relative à 20 °C (d₂₀)

C'est le rapport de la masse d'un certain volume d'une huile essentielle à 20°C, à la masse d'un volume égal d'eau distillée à 20 °C [96].

Mode opératoire

Le pycnomètre (volume : 4,88 mL) a été pesé vide avec une précision de 0,001 g. Il a ensuite été rempli d'eau distillée, soigneusement essuyé à l'extérieur, puis pesé de nouveau. Après avoir vidé, nettoyé et séché le pycnomètre, l'opération a été répétée avec l'huile essentielle. Cette méthode a permis de déterminer la densité en comparant les masses obtenues pour l'eau et pour l'huile essentielle. La densité relative de l'huile essentielle à 20 °C (d₂₀) a ensuite été calculée à l'aide de la formule suivante :

$$d^{20} = (m_2 - m_0) / (m_1 - m_0)$$

m₀ : masse de pycnomètre vide (g) ;

m₁ : masse du pycnomètre rempli d'eau (g) ;

m₂ : masse du pycnomètre rempli d'HE (g).

V.8.1.3.2. Indice de réfraction

C'est le rapport entre le sinus de l'angle d'incidence et le sinus de l'angle de réfraction d'un rayon lumineux de longueur d'onde déterminée, passant de l'air dans l'huile essentielle maintenue à une température constante [97].

Mode opératoire

Régler le réfractomètre en utilisant l'eau distillée comme référence, dont l'indice est de 1,333 à 20 °C. Ensuite, placez deux gouttes d'huile essentielle sur le prisme principal, fermez délicatement le prisme secondaire, et effectuez la lecture à une température stable. Cette méthode permet d'obtenir avec précision l'indice de réfraction de l'HE. L'indice de réfraction IR, à la température de référence t, est donné par l'équation suivante :

$$n_D^t = n_D^{t_1} + (t_1 - t) F$$

t₁ est la température de mesure, en degrés Celsius ;

t est la température de référence, en degrés Celsius ;

F est un facteur égal à 0,000 35 à t = 20 °C

V.8.1.4. Analyse spectrométrie infrarouge de l'huile essentielle et des extraits de *Laurus nobilis* L.

Afin de mettre en évidence les groupements fonctionnels constitutifs de l'HE et des extraits testés, nous avons eu recours à la spectrophotométrie à infrarouge qui est une méthode

d'analyse rapide, simple et précise [98]. Ce test a été réalisé au niveau du laboratoire d'analyse de la faculté des Sciences de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. L'absorption du rayonnement infrarouge de l'échantillon est mesurée en transmission et en fonction de nombre d'onde, typiquement de 4000 à 500 cm^{-1} . L'appareil utilisé est le spectrophotomètre à transformé de Fourier du type SHIMADZU piloté par le logiciel « LabSolutions » qui fournit un spectre. Pour cela on dépose une goutte d'HE et des extraits sur le compartiment échantillon après l'avoir bien essuyé et on lance le logiciel pour avoir les spectres d'absorption.

V.9. Test des activités biologiques

V.9.1 Activité insecticide

Le test de l'activité insecticide de l'huile essentielle de *Laurus nobilis* a été mené sur l'espèce d'insecte *Tribolium castaneum*, également connue sous le nom du petit ver de farine. Ces insectes ont été fournis aimablement par Mme BENAZZOUZ K. Un élevage en masse a été réalisé selon Laviolette et Nardon (1963) [99] dans des bocaux en verre contenant 200 grammes de semoule, avec des couvercles perforés, pendant une période de 40 jours.

Mise en évidence de l'activité insecticide

L'activité insecticide d'huile et d'extrait de laurier a été mise en évidence par le test d'inhalation et le test de répulsion sur les adultes de *Tribolium castaneum*.

V.9.1.1 Test d'inhalation

L'objectif de ce test est d'étudier l'effet de l'huile essentielle de laurier sur le taux de mortalité par inhalation en faisant recours à la méthode représentée par Papachristos et Stampoulos (2002) [100].

- Suspendre des disques de papier wattman de 2cm imbibés avec les doses de 30 ; 40 et 60 μl de l'huile essentielle de laurier à l'aide d'un fil.
- 20 individus de *Tribolium castaneum* ont été introduits dans chaque bocal, avec 3 répétitions ; tandis qu'un témoin négatif sans HE a également été préparé.
- Mettre 20g de semoule fine ou de farine dans chaque bocal.
- Le comptage des individus morts a été effectué quotidiennement pendant 24 ; 48 ; 72 ; 96 ; 120 ; 144h.

Le taux de mortalité est calculé en suivant la formule d'Abbott (1925) [101], et cela en prenant en considération la mortalité naturelle (M_t) observé au niveau du témoin négatif.

$$M_c = \frac{M_o - M_t}{100 - M_t}$$

M_c : Mortalité corrigée.

M_o : Mortalité de l'échantillon testé.

Mt : Mortalité dans le témoin non traité (témoin négatif)

V.8.1.2 Test de répulsion

Il a été réalisé dans des boîtes de Pétri pour évaluer l'effet d'huiles essentielles de laurier ; pour ce test nous avons suivi les étapes suivantes :

- Découper un disque du papier Wattman de 10 cm en deux parties.
- Un demi-disque est imprégné avec les concentrations suivantes : 10 ; 20 et 30 μ l de l'huile diluée dans du DMSO, tandis que l'autre partie du disque est imprégné avec de DMSO.
- Les deux parties (celle imprégnée avec l'HE et l'autre traitée avec le DMSO) sont rassemblées à l'aide d'un ruban adhésif et déposées au fond d'une boîte de Pétri.
- 20 individus de *T. castaneum* sont déposés sur le ruban adhésif. (Le test est répété 3 fois).
- Au bout de 30min, nous avons compté le nombre d'individus présents sur chaque demi-disque.

$$\text{Pr (\%)} = \frac{(\text{NS}-\text{NH})}{(\text{NS}+\text{NH})} \times 100$$

Le pourcentage de répulsion est déterminé en utilisant la formule suivante :

Ns : Nombre d'insectes présents sur le demi disque traité avec le solvant (DMSO) ;

NH : Nombre d'insectes présent sur le demi-disque traité avec l'HE.

Le pourcentage de répulsion est calculé et attribué à l'une des différentes classes répulsives, selon le classement de Mc Donald (1970) [102], qui sont représentés dans le tableau V

Tableau V: Pourcentage de répulsion selon le classement de Mc Donald (1970)

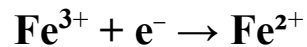
Classe	Intervalle de répulsion	Propriétés
Classe 0	$\text{PR} \leq 0.1 \%$	Très faiblement répulsif
Classe I	$0.1 \% < \text{PR} \leq 20 \%$	Faiblement répulsif
Classe II	$20 \% < \text{PR} \leq 40 \%$	Modérément répulsif
Classe III	$40 \% < \text{PR} \leq 60 \%$	Moyennement répulsif
Classe IV	$60 \% < \text{PR} \leq 80 \%$	Répulsif
Classe V	$80 \% < \text{PR} \leq 100 \%$	Très répulsif

V.9.2. Activité antioxydante

V.9.2.1 Test du pouvoir de réduction du fer : FRAP (Ferric reducing antioxidant power)

Le pouvoir réducteur d'un extrait est directement lié à son activité antioxydante. Cette méthode évalue la capacité des extraits à réduire le fer ferrique (Fe^{3+}) contenu dans le complexe

(K₃[Fe(CN)₆]) en fer ferreux (Fe²⁺). Initialement jaune, le fer ferrique se transforme en une forme bleue verte lorsqu'il capte un électron. Ce changement de couleur, est proportionnel à l'activité antioxydante de l'extrait [103]. La réaction peut être représentée par l'équation :



➤ Mode opératoire

Un volume de 0,125 ml de l'échantillon (aqueux ; hydrométhanolique ; HE), préparé à différentes concentrations (0,1 ; 0,2 ; 0,4 ; 0,6 ; 0,8 ; 1 mg/ml), est mélangé avec 2,5 ml d'une solution tampon de phosphate 0,2 M (pH 7) et 2,5 ml d'une solution à 1 % de ferricyanure de potassium (K₃ [Fe (CN)₆]). Le mélange est incubé à 50 °C pendant 30 minutes, puis refroidi à température ambiante. Ensuite, 2,5 ml d'acide trichloracétique à 10 % sont ajoutés pour arrêter la réaction, puis les tubes sont centrifugés à 1500 tours par minute pendant 10 minutes. On prélève 2,5 ml du surnageant, auquel on ajoute 2,5 ml d'eau distillée et 0,5 ml d'une solution de chlorure de fer (FeCl₃) à 0,1 %. L'absorbance est ensuite mesurée à 700 nm à l'aide d'un spectrophotomètre contre un blanc.

L'augmentation de l'absorbance indique une élévation du pouvoir réducteur. Le test a été réalisé pour chacun des échantillons étudiés. L'acide ascorbique a été utilisé comme témoin positif. [81].

V.9.3 Activité antibactérienne

V.9.3.1 Repiquage et vérification de la pureté des souches bactériennes

➤ Repiquage des souches bactériennes

Dans des boîtes de Pétri contenant de la gélose nutritive (GN), un repiquage a été réalisé pour les souches *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 et *Staphylococcus aureus* MU 50 en utilisant la méthode des stries serrées, puis les boîtes ont été incubées à 37°C pendant 24 heures.

➤ Vérification de la pureté des souches bactériennes

La pureté des souches *Staphylococcus aureus* MU 50 ; *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 50 est vérifiée par la coloration de Gram.

V.9.3.2 Coloration de Gram

La coloration de Gram est une coloration différentielle microbiologique qui permet de distinguer la forme des cellules bactériennes ainsi que leurs modes de regroupement et de les classer selon la composition et la structure de leurs parois, elle est établie par Hans Christian Gram 1884.

➤ Principe

Lors de la réalisation de la coloration de Gram, les bactéries réagissent de deux manières distinctes :

- Les bactéries à Gram négatif se décolorent rapidement. En effet, leur paroi est pauvre en peptidoglycanes et riche en lipides. La dissociation de ces lipides rend la paroi poreuse, ce qui entraîne la décoloration du cytoplasme.

- Les bactéries à Gram positif conservent leur coloration violette, car leur paroi est principalement composée d'une épaisse couche de peptidoglycane, ce qui empêche l'alcool d'agir et de les décolorer.
- **Mode opératoire**

Selon la méthode décrite par Delarras (2007) [104], ce test s'effectue comme suit :

- Préparation du frottis : déposer sur une lame une goutte d'eau sur laquelle on ajoute un prélèvement provenant d'une culture jeune, bien étaler en une couche mince homogène ensuite une fixation s'effectue par passage du frottis dans la flamme du bec bunsen 4 à 5 fois.
- Recouvrir le frottis avec le colorant primaire (violet de Gentiane) et laisser agir pendant une minute. Le colorant est rejeté sans rinçage.
- Verser le Lugol et laisser agir une minute, puis rincer avec l'eau distillée.
- Décolorer à l'alcool entre 15 et 30 secondes et rincer à l'eau.
- Recouvrir avec la Fushsine pendant une minute.
- Laver à l'eau courante.
- Sécher la lame et observer à l'immersion sous microscope optique au grossissement X 100.

V.9.3.3 Evaluation de l'activité antibactérienne

➤ Préparation des disques

Découper le papier wattman en disques de 6 mm de diamètre, les stériliser et les conserver jusqu'à leurs utilisations.

➤ Préparation de l'inoculum

• Préparation de la pré-culture

Les souches bactériennes à tester ont été cultivées dans des boîtes de Pétri contenant la gélose nutritive puis incubées pendant 24 heures à 37°C afin d'obtenir une culture jeune, en phase exponentielle de croissance.

• Préparation de la suspension bactérienne

A partir d'une culture jeune de 18 heures, quelques colonies identiques et isolées sont prélevées puis émulsionnées dans l'eau physiologique stérile à 0,9 %, bien homogénéisé la suspension bactérienne. Pour la standardisation, l'absorbance (DO) est mesurée à l'aide d'un spectrophotomètre réglé à une longueur d'onde de 620 nm, on admet uniquement une valeur comprise entre 0,08 et 0,1 qui est l'équivalent d'une charge bactérienne de 10^7 - 10^8 UFC /ml.

• Ensemencement des boîtes

A partir de cet inoculum préalablement préparé, de nouvelles boîtes sont ensemencées par écouvillonnage en faisant tourner trois fois la boîte d'environ 60°, afin de maintenir une distribution homogène des souches bactériennes sur le milieu Mueller Hinton (MH). Trois

boîtes sont préparées pour chacune des deux souches (une pour l'extrait aqueux, une pour l'extrait hydrométhanolique et une pour l'huile essentielle).

- **Préparations des dilutions**

L'huile essentielle et les extraits ont été dilués avec le DMSO, pour permettre leurs diffusions dans la gélose.

- **Méthode de l'antibiogramme**

La détermination du pouvoir antibactérien d'huile essentielle et des extraits de la plante *Laurus nobilis* L. vis-à-vis des deux souches a été évaluée par la méthode de diffusion sur milieu solide Muller Hinton (MH) (Perez et al., 1990) [105] et (Nair et Chanda, 2005) [106].

Des disques de papier Wattman stériles de 6 mm de diamètre, sont déposés sur la surface du milieu MH pour chaque boîte. Ces disques sont ensuite imprégnés par 10 µL de chaque échantillon à tester. Un témoin négatif (imbibé de DMSO) et un témoin positif d'antibiotique (Gentamicine) sont utilisés.

Les boîtes ont été laissées à température ambiante pendant 15 à 20 min afin de permettre la diffusion des extraits puis incubées à 37° pendant 24 heures.

La lecture des résultats est effectuée par le calcul du diamètre de la zone d'inhibition qui entoure chaque disque à l'aide d'une règle.

L'évaluation de l'effet antibactérien de l'extrait / l'huile essentielle vis-à-vis des souches bactériennes est exprimée comme suit :

- Souche résistante ou non sensible (-) : diamètre < 8 mm
- Souche sensible (+) diamètre entre 9 et 14 mm
- Souche très sensible (++) diamètre en 15 et 19 mm
- Souche extrêmement sensible (+++) diamètre > 20 mm

V.10 Formulation d'une crème hydratante

L'objectif de cette formulation est de concevoir une crème hydratante naturelle, stable et performante, sous forme d'émulsion huile dans eau, en sélectionnant des ingrédients de haute qualité. Cette formulation inclut notamment l'huile essentielle de laurier (*Laurus nobilis*), reconnue pour ses propriétés apaisantes contre les infections cutanées, ainsi que pour sa capacité à adoucir et purifier la peau, ce qui la rend idéale pour un nettoyage en douceur.

V.10.1 Type d'émulsion [107 , 108]




Cette formule d'émulsion sera donc de type L/H pour les raisons suivantes :



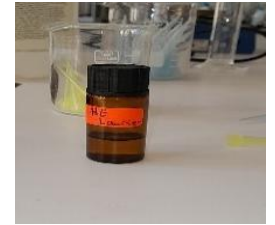


- Les émulsions L/H sont souvent plus stables que les émulsions H/L. En effet, les gouttelettes d'huile dispersées ont un habitat plus stable dans la phase aqueuse continue.

- Bonne tolérance.
- Facilité de nettoyage : les émulsions L/H pouvant être rapidement éliminées avec de l'eau.
- Un fort pouvoir pénétrant (contrairement aux émulsions H/L qui est faible).
- Les émulsions L/H peuvent offrir des capacités d'hydratation, c'est pourquoi elles sont fréquemment utilisées dans les produits cosmétiques et de soins personnels.

Les matières premières utilisées sont résumées dans le tableau VI :

Tableau VI: Matières premières utilisées pour la formulation de la crème

Matières premières	Propriétés	Bienfaits	Illustration
Huile de coco	Aspect : peu solide ; Couleur : blanc à ivoire nacré ; Odeur : odeur sucrée ; Toucher : assez sec ; Densité : 0.91, Indice de saponification : 248 265 mg KOH/g	Hydratation profonde et nourrissante ; Apaise les irritations cutanées ; Adoucit et lisse la peau ; lutte contre le vieillissement cutané Riche en vitamine E, K et fer	
Huile d'amande douce	Aspect : liquide huileux fluide ; Couleur : légèrement jaune ; Odeur : douce et discrète ; Toucher : gras ; Densité : 0.91-0.92, Indice de saponification : 189-196 mg KOH/g	Améliorer la pénétration dans la peau ; c'est l'une des plus douces huiles de base pour les crèmes ; agent hydratant ; diminuer les rougeurs, apaise les sensations d'irritation sur la peau	
Vitamine E	Huile non visqueuse, claire à légèrement jaune, avec une odeur discrète et une texture non collante. Sa densité est d'environ 0,95 g/cm ³ . Une molécule liposoluble appartenant, soluble dans les corps gras mais insoluble dans l'eau	Un puissant antioxydant, Elle renforce la barrière cutanée en formant un film protecteur qui limite la perte d'eau, ce qui améliore l'hydratation et maintient la peau douce et souple ; stabilise les huiles et beurres végétaux	

<p>Beurre de karité</p>	<p>Aspect : beurre solide d'aspect cireux à T amb ; huileux au-delà de 34°C Couleur : jaune clair à beige ; Odeur : caractéristique de graine aux notes d'amande, Toucher : riche et fondant, Densité : 0.90 à 20°C. Point de fusion : à 35°C, Indice de saponification : 160-200</p>	<p>Apporte une hydratation intense et des propriétés réparatrices ; protéger la peau contre les agressions environnementales et répare les dommages cutanés. Action préventive contre les vergetures</p>	
<p>Cire d'abeille</p>	<p>Produit 100% naturel, mélange complexe d'esters gras, d'acides gras et de composés hydrocarbonés. Elle permet d'épaissir et d'augmenter le pouvoir filmogène. Elle est aussi appréciée pour stabiliser les émulsions et réaliser des crèmes très protectrices,</p>	<p>Agit comme un émulsifiant naturel, aidant à stabiliser la crème et à créer une texture crémeuse</p>	
<p>Huile essentielle de <i>Laurus nobilis</i> L</p>	<p>Liquide mobile, limpide à jaune pâle, huileux au toucher avec une odeur, fraîche, épicée, camphrée</p>	<p>Régénératrice cutanée et antioxydante : favorise la cicatrisation et protège la peau du vieillissement</p>	
<p>Glycérine</p> <chem>OCC(O)CO</chem>	<p>La glycérine se présente sous la forme d'un liquide transparent, visqueux, incolore, faiblement toxique, au goût sucré</p>	<p>Aide également à améliorer la texture de la crème, la rendant plus lisse et facile à appliquer</p>	
<p>Span 60</p> <chem>CCCCCCCCCCCCCCCCOC(=O)C1C(O)C(O)C1O</chem>	<p>Nom UICPA : octadécanoate de [(2R)-2-[(2R,3R,4S)-3,4-dihydroxyoxolan-2-yl]-2-hydroxyéthyl] Formule : C₂₄H₄₆O₆ Masse molaire : 430,618 g/mol ; Masse volumique : 1,00g·cm⁻³</p>	<p>C'est un <u>tensioactif</u> non ionique utilisé en tant qu'additif (<u>numéro E491</u>) dans la fabrication de produits alimentaires et pharmaceutiques. Il possède des propriétés émulsifiantes et dispersantes.</p>	

Tous les produits utilisés ont été achetés dans le commerce local, à l'exception du Span et de la glycérine, qui ont été fournis par le laboratoire pédagogique de chimie pharmaceutique.

V.10.2 Processus de la formulation

Le processus de la formulation est représenté dans le schéma ci-dessous :

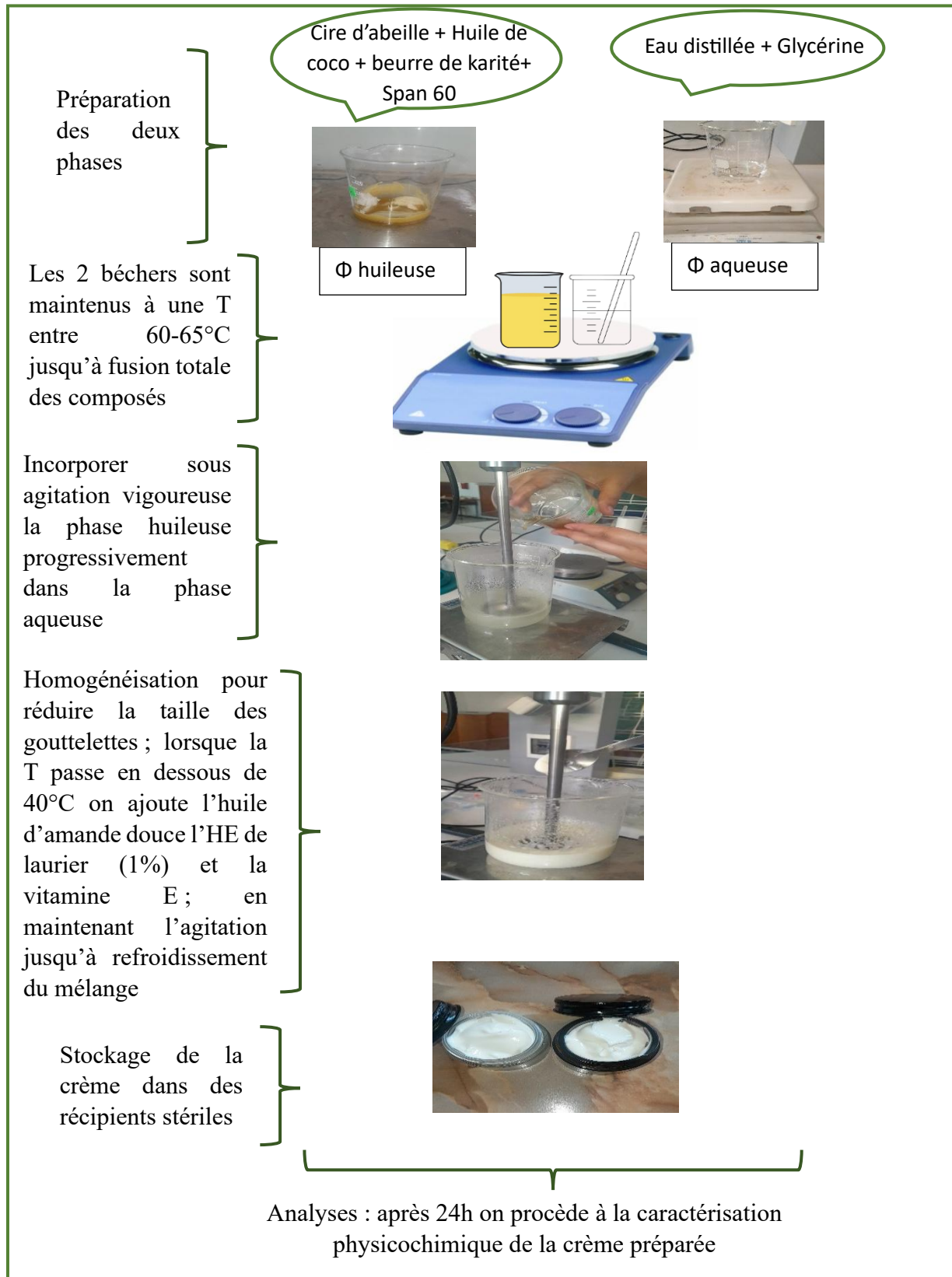


Figure 24 : Schéma représentatif du processus de fabrication de la crème

V.10.3 Contrôle qualité de la crème préparée

Une fois que le produit est formulé, il est impératif de procéder à des tests et analyses de qualité pour s'assurer de sa sécurité, de son efficacité et de sa conformité aux normes réglementaires. Parmi les tests réalisés in vitro on distingue :

V.10.3.1 Caractères organoleptiques

L'observation de la consistance, l'aspect, l'odeur et la couleur de l'émulsion.

V.10.3.2 Examen microscopique

Cet examen est réalisé en plaçant une petite quantité de la crème entre lame et lamelle d'un microscope photonique et de faire une observation au grossissement X 4 pour contrôler la dispersion des gouttelettes du liquide dans l'émulsion.

V.10.3.3 Mesure du pH

Se fait en solubilisant 1g de la crème préparée dans 10ml d'eau distillée bien homogénéisée. Introduire l'électrode dans cette solution et lire le pH sur l'écran de l'appareil de type (Hanna Instruments™ HI2210)

V.10.3.4 Mesure de la viscosité

La viscosité d'une crème est une mesure clé de sa consistance, exprimant son épaisseur et sa résistance à l'écoulement. Elle influence directement la texture, la sensation à l'application et la facilité d'étalement sur la peau.

La mesure consiste à immerger un rotor du viscosimètre de type (NDJ series) dans la crème, à le faire tourner à une vitesse contrôlée, et à mesurer la résistance au mouvement pour déterminer la viscosité. Le contrôle de la température et le choix du rotor sont essentiels pour obtenir des résultats précis et reproductibles.

V.10.3.5 Test de stabilité à la centrifugation

Ce test consiste à soumettre la crème pendant 15 minute à des vitesses de centrifugation successives 3000 tours/mn et 6000tours/mn et on note chaque fois l'apparition ou non des phénomènes de crémage ; sédimentation ou déphasage.

V.10.3.6 Test de stabilité à la température de stockage

La température constitue un facteur clé dans l'étude de la stabilité des produits finis. C'est pourquoi nous avons choisi d'exposer la crème à des températures extrêmes afin d'évaluer l'impact des variations thermiques sur sa stabilité. La détermination de la température critique du changement d'état sera très utile pour préciser les précautions éventuelles de stockage. Les températures testées dans cette étude sont 4 °C, 25 °C et 40 °C pendant 7 jours.

V.10.3.7 Sens de l'émulsion

V.10.3.7.1 Test de coloration / test de solubilité des colorants :

Dans ce test, une petite quantité de colorant soluble dans l'eau, tel que le bleu de méthylène est ajouté à l'émulsion, si l'eau est la phase continue (émulsion H / E), le colorant se dissoudra uniformément dans tout le système. Si l'huile est la phase continue (émulsion E / H), le colorant restera sous forme d'amas à la surface du système.



Chapitre VI
Résultats et discussion

VI.1. Paramètres physico-chimiques de la poudre de laurier noble

Les données collectées sur certains paramètres physico-chimiques de la poudre des feuilles du laurier noble sont présentées dans le tableau (VII)

Tableau VII: Résultats des paramètres physico-chimiques caractérisant les feuilles de laurier noble

Tests	Teneur en eau (Humidité) %	Teneur en cendres (%)	pH
<i>Laurus nobilis</i> L	8.8	5.036	6.08
AFNOR [109]	≤ 10	≤ 8	5,5 – 6,5

La poudre de feuilles de laurier noble présente une teneur en eau de 8,8%, inférieure au seuil de 10% fixé par la norme AFNOR (NF T75-300). Cette valeur optimale garantit une bonne stabilité du produit en limitant le développement microbien et en préservant ses qualités. La conformité à cette norme atteste de la qualité du procédé de séchage suivie de la fiabilité de la poudre de feuilles de laurier noble.

La teneur en cendres calculée est de 5,036 %, cela indique une faible quantité de matière inorganique présente dans le produit, nettement inférieur à la limite de 8% prescrite par la Pharmacopée Européenne. Cette valeur suggère que la poudre est principalement composée de matières organiques, ce qui est cohérent avec l'origine végétale du laurier noble. Une teneur en cendres relativement basse est généralement considérée comme un indicateur de qualité, car elle implique une faible contamination par des substances minérales ou des impuretés.

Concernant le pH mesuré, il est de 6,08, correspond à la plage 5,5-6,5 recommandée par l'AFNOR. Cette valeur indique une légère acidité proche de la neutralité. Cette acidité modérée pourrait contribuer à préserver les propriétés antioxydantes et antimicrobiennes du laurier noble, ce qui est bénéfique pour diverses applications, notamment dans les produits de soins personnels ou dans l'industrie agroalimentaire.

VI.2. Screening phytochimique de la poudre de feuilles de laurier noble

Les résultats de l'analyse phytochimique des extraits de *Laurus nobilis*, obtenus sont présentés dans le tableau ci- dessous

Tableau VIII: Résultats d'analyse phytochimique de *Laurus nobilis* L.

Métabolites secondaires	Indication	Laurier noble
Tanins	Bleu-vert	++
Flavonoïdes	Rouge	++

Quinones libres	Phase aqueuse vire au jaune	+++
Alcaloïdes	Orange	++
Coumarines	Jaune	+++
Stéroïdes	Violet	-
Saponines	Présence d'une mousse entre 1 à 2cm	+++
Stérols et triterpènes	Anneau rouge	+++

Légende : (-) : négatif ; (+) : faiblement positif ; (++) : Positif ; (+++) : Fortement positif

Les résultats de l'analyse phytochimique révèlent la présence de tanins, de flavonoïdes, de quinones libres, d'alcaloïdes, de coumarines, de saponosides, et de stérols et triterpènes, mais avec des proportions variables. Ces composés contribuent aux propriétés médicinales et biologiques de la plante, notamment ses activités antioxydantes, antimicrobiennes et anti-inflammatoires.

Cependant, le screening phytochimique des feuilles de *Laurus nobilis* n'a pas révélé la présence de stéroïdes. Ce résultat contraste avec celui rapporté par Sghir et Zegrari. (2022) [110], où la présence de stéroïdes a été détectée. Cette divergence pourrait s'expliquer par plusieurs facteurs, notamment la variation des conditions environnementales, la saison de récolte, la méthode d'extraction employé (infusion, décoction, macération), ou encore la sensibilité des tests utilisés. Il est également possible que les stéroïdes soient présents en très faible concentration, en dessous du seuil de détection de notre méthode.

VI.3. Rendement en extraits

La détermination des rendements en extraits bruts a révélé des taux intéressants pour les extraits polaires, avec 12,21 % pour l'extrait hydrométhanolique (EM) et 10,25 % pour l'extrait aqueux (EA). Les rendements d'extraction, ainsi que l'aspect et la couleur des extraits, sont présentés dans le tableau (IX)

Tableau IX: Rendement en extraits

Extraits	Aspect	Couleur	Rendement (%)
MeOH/H₂O	Pâte collante	Verdâtre	12.21
AQ	Pâte collante	Marron clair	10.25

Les rendements d'extraction obtenus dans cette étude s'avèrent inférieurs à ceux rapportés dans la littérature. En effet, les travaux antérieurs de Turk et al. (2019) et Rizwana et al. (2019) [111 , 112] indiquent des rendements plus élevés pour les extraits hydrométhanolique

(15,49% avec du méthanol à 80% [111] et 52% [112]) et aqueux (27% [112]). Cette différence pourrait s'expliquer par plusieurs facteurs méthodologiques, notamment les conditions d'extraction (temps, température, ratio solvant/matière végétale) ou les caractéristiques du matériel végétal utilisé (origine géographique, période de récolte, méthode de séchage).

VI.4. Résultats du dosage des Polyphénols totaux et des flavonoïdes

Afin de caractériser les extraits obtenus à partir des feuilles de *Laurus nobilis* L., un dosage des composés phénoliques totaux [113] et des flavonoïdes [114] a été réalisé. Le choix de ces familles de composés repose sur leur implication majeure dans les propriétés pharmacologiques des plantes médicinales. Les gammes d'étalonnages sont présentées dans les figures 25 et 26 et les résultats dans le tableau X.

Tableau X: Teneurs en polyphénols totaux et en flavonoïdes

Extrait	Teneur en polyphénols ($\mu\text{g EAG/mg}$)	Teneur en flavonoïdes ($\mu\text{g EQ/mg}$)
EM	384,25 \pm 1,3	24,7 \pm 0,3
EA	287 \pm 0,25	15,94 \pm 0,64

La teneur en polyphénols totaux de laurier noble a été évaluée à 287 \pm 0,25 $\mu\text{g EAG/mg}$ pour l'extrait aqueux et 384,25 \pm 1,3 $\mu\text{g EAG/mg}$ pour l'extrait hydrométhanolique. Ces valeurs sont supérieures à celles rapportées par Yakhlef et al. (2011) [115], qui a énoncé respectivement 129,09 $\mu\text{g EAG/mg}$ et 166,81 $\mu\text{g EAG/mg}$. Cette différence peut être attribuée à plusieurs facteurs, tels que l'origine des échantillons, les conditions d'extraction ou les méthodes analytiques utilisées.

La teneur en flavonoïdes totaux a été estimée à 24,7 \pm 0,3 $\mu\text{g/mg}$ dans l'extrait hydrométhanolique des feuilles de *Laurus nobilis* L., et à 15,94 \pm 0,64 $\mu\text{g EAG/mg}$ dans l'extrait aqueux. Ces valeurs sont nettement supérieures à celles rapportées dans les travaux de Miliani (2018) [81], où les teneurs étaient respectivement de 9,68 $\mu\text{g/mg}$ et 2,85 $\mu\text{g/mg}$ pour les extraits hydrométhanolique et aqueux. Cette différence peut être attribuée à plusieurs facteurs, notamment l'origine botanique du matériel végétal, les conditions de récolte, la méthode d'extraction, ou encore les techniques de dosage utilisées.

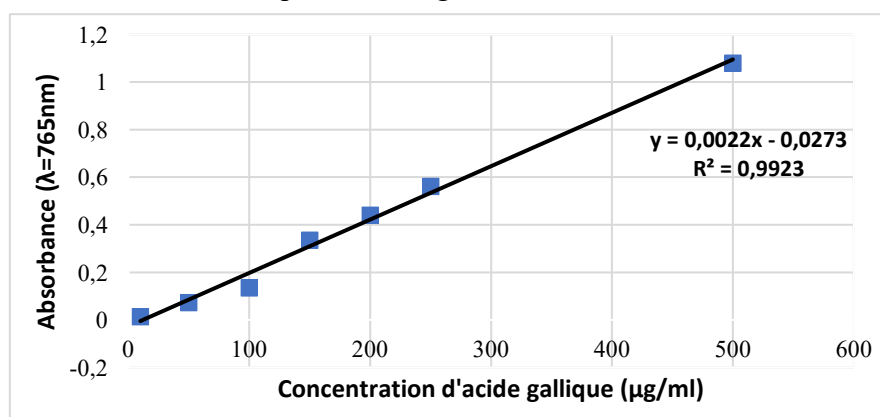


Figure 25 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique.

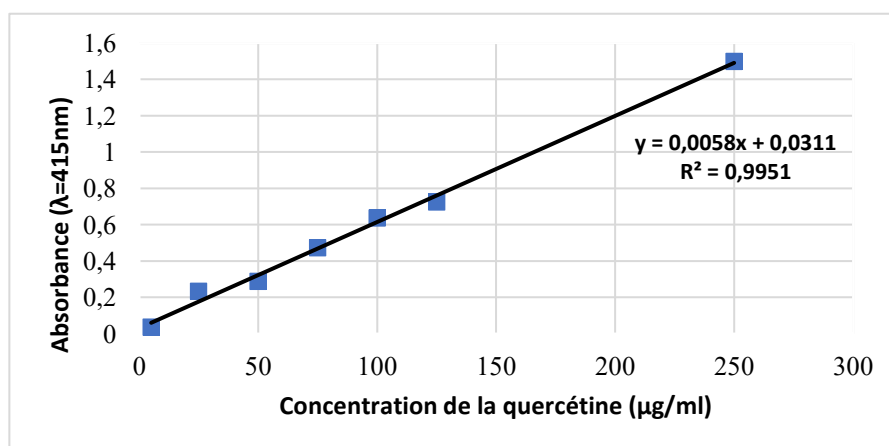


Figure 26 : Courbe d'étalonnage de la quercétine

VI.5. Caractérisation de l'huile essentielle

VI.5.1. Caractérisations organoleptiques

L'analyse organoleptique permet de vérifier et contrôler la qualité des HE. Les paramètres organoleptiques de notre HE sont présentés dans le tableau XI, en accord avec les normes AFNOR.

Tableau XI: Propriétés organoleptiques de l'HE de *Laurus nobilis* L.

Caractéristiques	Aspect	Odeur	Couleur
HE extraite de <i>Laurus nobilis</i> L.	Liquide limpide	Épicée et cinéolée	Jaune pâle
AFNOR [116]	Liquide mobile, limpide	Aromatique, fraîche et légèrement épicée	Incolore à jaune pâle

VI.5.2. Caractérisations physico-chimiques

VI.5.2.1. Caractéristiques chimiques

Les caractéristiques chimiques de l'essence extraite de laurier noble *Laurus nobilis* L. sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau XII: Propriétés chimiques de l'HE de *Laurus nobilis* L.

Caractéristiques	IA	IP	Miscibilité à l'éthanol à 80°	pH
HE extraite de <i>Laurus nobilis</i> L.	1.96	12	1v/2v	6
AFNOR	≤ 2,5	< 20	1v/2v	5-6,5

L'indice d'acide (ou acidité) indique d'une part le degré de conservation d'une huile et d'autres part la qualité d'huile alimentaire ; souvent cet indice est de valeur inférieure ou égale

à 2. Le résultat obtenu pour l'huile essentielle de *Laurus nobilis* L. analysée est conforme avec celui des normes AFNOR [116]

Le "Code of Practice" de l'IFRA (International Fragrance Association), 38^{ème} Amendement recommande que l'indice de peroxyde ne doive pas dépasser 20mEqO₂/ Kg d'huile. La valeur de l'IP obtenue avec l'HE de *Laurus nobilis* L. (12 mEq d'O₂/Kg) est conforme aux normes IFRA, huile ne présente aucun état d'oxydation.

Le pH des HE est compris entre 5-6,5 (un caractère acide), et l'huile essentielle étudiée est conforme à cette exigence. Par conséquent, ce résultat peut amener à un bon caractère stabilisateur contre les micro-organismes ; ce qui permettra à cette huile de jouer le rôle d'un conservateur dans les produits alimentaires.

La bonne miscibilité des HEs montre la possibilité de l'utiliser dans les préparations pharmaceutiques.

VI.5.2.2. Caractéristiques physiques

Les caractéristiques physiques de l'HE de laurier noble sont présentées dans le tableau XIII :

Tableau XIII : Propriétés physiques de l'HE de *Laurus nobilis* L.

Caractéristiques	Densité à 20 °C (d ₂₀)	Indice de réfraction
HE extraite de <i>Laurus nobilis</i> L.	0.919	1.482
AFNOR	0,905 – 0,929	1,465 – 1,470

VI.6. Analyse spectroscopique (Spectre Infrarouge)

Le spectre infrarouge se présente sous forme d'une suite de bandes d'absorption, fine et plus ou moins larges, l'axe des abscisses représente le nombre d'onde en cm⁻¹, il est orienté de la droite vers la gauche (de 400 cm⁻¹ à 4000 cm⁻¹). L'axe des ordonnées est orienté vers le haut et représente la transmittance en %. Dans la pratique, on ne cherche pas à identifier toutes les bandes compte tenu de leur grand nombre ; on vérifie seulement la présence ou l'absence d'une bande caractéristique d'un groupement fonctionnel donné.

Les résultats de l'étude spectroscopique par IR ont révélé la présence de divers groupements fonctionnels dans l'extrait aromatique (HE) et les deux extraits aqueux et hydrométhanolique des feuilles du laurier noble (*Laurus nobilis* L.). Les résultats sont présentés dans (le tableau XIV) et (annexe 06)

Tableau XIV: Résultats de l'analyse IR des extraits de *Laurus nobilis* L.

Extraits	Nombre d'onde (cm ⁻¹)	Nature de vibration	Liaison	fonctions
Huile essentielle	977	Déformation hors du plan	CH=CH ₂	Alcènes aromatique
	1252	Elongation	C-O	Ethers Esters Acides
	1366	Déformation dans le plan	CH ₃	Alcanes
	1456	Déformation dans le plan	CH ₂ N-H	Alcanes Amines secondaires
	1637	Déformation dans le plan	C=C C=O	Alcènes Amides
			N-H	Amines primaires
	2952	Elongation	O-H	Acides
3318	Elongation	O-H N-H	Alcools et phenols Acides Amines secondaires	
		C-O	Ether aromatique	
Extrait hydrométhanolique	1017	Elongation	C-O	Ether aromatique
	1634	Déformation dans le plan	C=C C=O	Alcènes Amides
			N-H	Amines primaires
	3302	Elongation	O-H N-H	Alcools et phenols Acides Amines secondaires
C-O			Ether aromatique	
Extrait aqueux	1017	Elongation	C-O	Ether aromatique
	1634	Déformation dans le plan	C=C C=O	Alcènes Amides
			N-H	Amines primaires
	3302	Elongation	O-H N-H	Alcools et phenols Acides Amines secondaires

Les spectres IR confirment la diversité chimique de *Laurus nobilis* L., avec des profils distincts selon le type d'extrait, où l'huile essentielle est plus riche car le spectre a révélé plusieurs bandes caractéristiques que les deux extraits qui savèrent les mêmes.

Les résultats indiquent la présence **d'alcènes de groupes hydroxyles (alcools, phénols et acides)**, de fonctions carbonylées (C=O), et de composés azotés (amines, amides N-H). Ces signatures sont typiques des métabolites secondaires du Laurier noble, tels que :

- **Terpénoïdes** (monoterpènes, sesquiterpènes, etc.) qui sont représentés sous formes d'alcènes.
- **Tanins, flavonoïdes, coumarines** représentées sous forme de **groupements hydroxyles**
- **Alcaloïdes** (composés azotés détectés via les bandes N-H des amines et amides.
- **Saponosides** Représentés par les carbonylés C-O et C=O.

Ces résultats sont en accord avec ceux obtenus dans l'analyse phytochimique car ils révèlent la présence des mêmes composés.

VI.7. Activités biologiques de l'huile essentielle

VI.7.1. Activité insecticide

VI.7.1.1. Test d'inhalation

L'huile essentielle de *Laurus nobilis* L. a montré une activité insecticide modérée contre *Tribolium castaneum* lors de tests par inhalation, avec une efficacité dépendante du temps et de la concentration. Après 24 heures d'exposition, aucune mortalité n'a été observée, quelle que soit la dose testée (30, 40 ou 60 µL). À 48 heures, une mortalité a été enregistrée pour l'ensemble des doses, traduisant un effet retardé. Après 72 heures, la dose de 30 µL a provoqué une légère mortalité, tandis que les doses de 40 µL et 60 µL ont entraîné respectivement la mort de deux et trois insectes. Aucun changement supplémentaire n'a été observé au-delà de cette période, ce qui suggère une limite rapide de l'effet insecticide, même avec l'augmentation des doses. Ces résultats diffèrent de ceux rapportés par Ben jemâa et al. (2012) [117], où l'huile essentielle de *Laurus nobilis* avait montré une efficacité plus rapide et marquée dès 24 heures. Cette divergence peut s'expliquer par les différences dans les doses utilisées entre les deux études, ainsi que par d'autres paramètres expérimentaux tels que les conditions d'exposition, le mode d'administration ou la composition chimique de l'huile essentielle.

VI.7.1.2. Test de répulsion

Le test de répulsion mené avec l'huile essentielle de *Laurus nobilis* L. sur *Tribolium castaneum*, à différentes doses, révèle une réaction d'évitement significative. Les insectes se rassemblent majoritairement du côté opposé à la zone traitée, indiquant une activité répulsive notable, comme le montre la figure ci-dessous



Figure 27 : Evaluation de l'activité insecticide d'huile essentielle de *Laurus nobilis* L. par le test de répulsion

Le tableau XV présente les résultats de l'évaluation de l'activité répulsive de l'huile essentielle de *Laurus nobilis* L. sur *Tribolium castaneum*, incluant les pourcentages de répulsion et leur classification

Tableau XV: Classement d'huile essentielle de *Laurus nobilis* L. selon ses propriétés de répulsion

Huile essentielle	<i>Laurus nobilis</i> . L
Taux de répulsion (%)	100 %
Classe de répulsion	V
Effet	Très répulsive

Les résultats obtenus avec l'huile essentielle de *Laurus nobilis*, présentant une répulsion de 100 % (Classe V), sont en accord avec ceux rapportés par Teke et Mutlu. (2020) [118], qui ont également observé une efficacité maximale, confirmant ainsi la reproductibilité de cet effet.

VI.7.2. Résultats de l'activité antioxydante

L'activité antioxydante vis-à-vis du fer (Fe^{3+}) a été évaluée par spectrophotométrie, en suivant la réduction de ce dernier, qui s'accompagne d'un changement de couleur du jaune au bleu-vert dans le milieu réactionnel, à une longueur d'onde de 700 nm.

La figure ci-dessous illustre les résultats obtenus pour le test FRAP des extraits hydrométhanolique et aqueux, de l'huile essentielle de *Laurus nobilis* L., ainsi que de l'acide ascorbique.

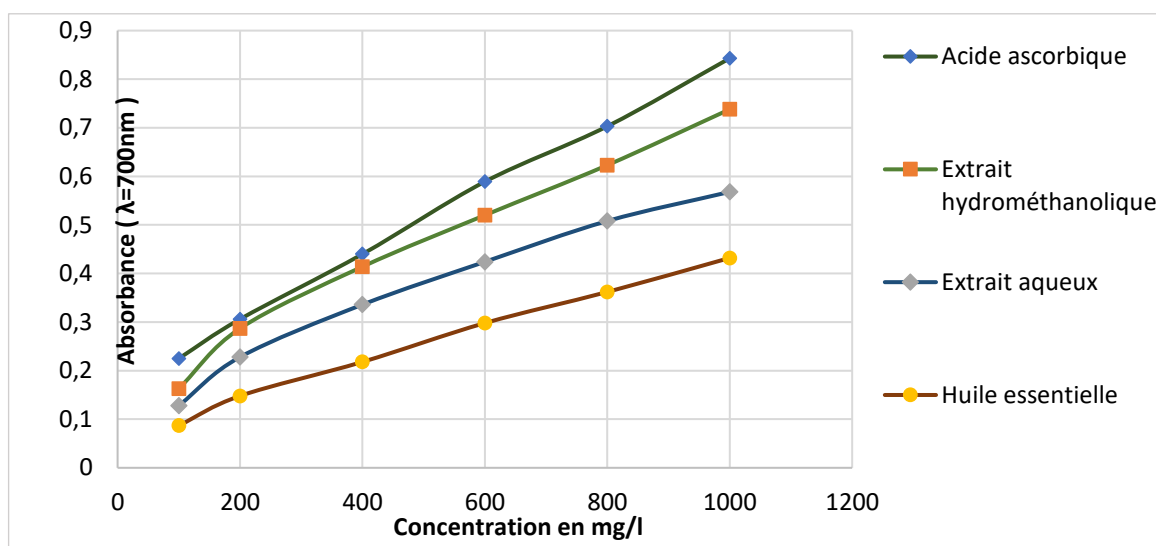


Figure 28 : Evolution des absorbances de l'activité antioxydante en fonction des concentrations préparées

L'acide ascorbique a présenté l'activité antioxydante la plus élevée, avec une absorbance atteignant environ 0,8 à la concentration de 1000mg/l, confirmant ainsi son efficacité en tant que référence standard. Parmi les extraits de *Laurus nobilis* L. évalués, l'extrait hydrométhanolique s'est distingué par une activité supérieure à celle de l'extrait aqueux et de l'huile essentielle. Cette supériorité pourrait être attribuée à sa capacité à extraire une plus grande diversité de composés phénoliques et flavonoïdiques.

Nous pouvons alors classer les activités antioxydantes par réduction du fer des échantillons comme suit :

Acide ascorbique > Extrait hydrométhanolique > Extrait aqueux > Huile essentielle

Les résultats de cette étude confirment ceux rapportés par Miliani (2018) [81], montrant que l'acide ascorbique présente l'activité antioxydante la plus élevée, suivie de l'extrait hydrométhanolique puis de l'extrait aqueux, et enfin de l'huile essentielle. Les valeurs d'absorbance présentent des variations mineures probablement dues aux différences de concentrations étudiées ou aux protocoles expérimentaux.

VI.7.3. Résultats de l'activité antibactérienne

Les résultats de l'activité antibactérienne d'huile et des extraits de *Laurus nobilis* L. ainsi que ceux de l'antibiogramme sont présentés dans le tableau XVI et annexe 07.

Tableau XVI: Diamètres des zones d'inhibitions (moyenne \pm ET) en mm

	<i>Staphylococcus aureus</i> MU 50		<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 27853	
Huiles essentielles de laurier noble	8,25mm \pm 0,5	(+)	8,625 \pm 0,5625	(+)
Extrait hydrométhanolique	13,5 mm \pm 0,5	(+)	17,25 \pm 2,875	(++)
Extrait aqueux	8,425mm \pm 0,4375	(+)	10,625 \pm 1,8125	(+)
Témoin négatif (DMSO)	0		0	
Tétracycline	10 mm	(+)	15 mm	(++)

Tous les extraits testés (huile essentielle, hydrométhanolique et aqueux) ont montré une activité antimicrobienne contre les deux souches bactériennes, contrairement au témoin négatif (DMSO), qui n'a induit aucun effet.

L'**extrait hydrométhanolique** s'est révélé le plus efficace, avec des zones d'inhibition de **13,5 \pm 0,5 mm** pour *Staphylococcus aureus* MU 50 (sensible) et **17,25 \pm 2,875 mm** pour *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 (très sensible). Ces résultats divergent de ceux rapportés par Yakhlef et al. (2011) [115], où le même extrait présentait une activité plus élevée contre *S. aureus* (21,1 \pm 0,5 mm) mais aucune efficacité vis-à-vis de *P. aeruginosa*.

L'**extrait aqueux** a également inhibé les deux souches, avec des zones de **8,425 \pm 0,4375 mm** (*S. aureus* MU 50) et **10,625 \pm 1,8125 mm** (*P. aeruginosa* ATCC 27853). En revanche, l'étude de Yakhlef et al. (2011) [115] n'a rapporté aucune activité pour *P. aeruginosa* et des résultats non déterminés pour *S. aureus*.

Les faibles zones obtenues avec l'extrait aqueux peuvent s'expliquer par le fait que les molécules bioactives à caractère bactéricides sont mieux extraites avec un solvant organique qui est le méthanol.

L'**huile essentielle** a induit une sensibilité modérée chez les deux bactéries (**8,625 \pm 0,5625 mm** pour *P. aeruginosa* ATCC 2853 et **8,25 \pm 0,5 mm** pour *S. aureus* MU 50). Ces valeurs sont inférieures à celles de Moghtader et al. [119] (29 mm et 24 mm, respectivement), mais contrastent à celles rapportées dans les travaux de Miliani (2018) [81] notant une résistance marquée de *P. aeruginosa* et une forte inhibition de *S. aureus* (33,5 \pm 1,3454 mm).

Les résultats obtenus démontrent une activité antimicrobienne inattendue de l'extrait hydrométhanolique, surpassant celle de la tétracycline (13,5 mm contre 10 mm pour *S. aureus* MU 50 ; 17,25 mm contre 15 mm pour *P. aeruginosa* ATCC 27853).

Dans nos tests, la tétracycline a démontré une efficacité réduite par rapport aux valeurs de référence établies par le Comité de l'Antibiogramme de la SFM (2018) [120] (23-31 mm pour *S. aureus* MU 50) et par Alqahtani et al. (2023) [121] (17,3-26,8 mm pour *P. aeruginosa* ATCC 27853).

Les souches testées sont sensibles à la tétracycline et montrent une sensibilité plus remarquable à l'extrait végétal. Cela est dû probablement à la présence de composés bioactifs synergiques dans l'extrait végétal, particulièrement efficaces contre *P. aeruginosa*, pourtant réputé résistant.

L'extrait hydrométhanolique mérite une investigation plus poussée comme alternative aux antibiotiques conventionnels.

VI.8. Contrôle de la formulation pharmaceutique (crème hydratante)

Nous avons préparé une crème hydratante naturelle à base d'huile essentielle de laurier noble, reconnue pour ses propriétés bénéfiques pour la peau. La formulation a été contrôlée par des analyses macroscopique et microscopique, ainsi que par la mesure du pH, de la viscosité et l'évaluation du type d'émulsion. Afin de garantir la stabilité du produit, des tests de centrifugation et une étude de conservation à différentes températures ont été réalisés.

VI.8.1. Analyse macroscopique

Les propriétés organoleptiques de notre crème élaborée sont regroupées dans (le tableau XVII)



Figure 29 : Crème élaborée

Tableau XVII: Propriétés organoleptiques de la crème préparée

Aspect	Apparence	Couleur	Odeur	Toucher	Étalement	Texture
Lisse Onctueuse Brillante	Homogène (Sans grumeaux ni phase séparée)	Blanche a légèrement ivoire	Douce et naturelle mêle des notes de noisette sucrée, une touche miellée et un léger parfum d'huile essentielle de laurier noble offrant une senteur enveloppante	Doux, non collant et laisse un film léger et agréable sur la peau avec une bonne sensation d'hydratation fraîche	Très bon étalement, très bonne pénétration après application à la main.	Légèrement épaisse

VI.8.2. Analyse microscopique

A l'aide d'un microscope optique, l'examen microscopique de la crème préparée confirme la répartition homogène des gouttelettes dispersées.

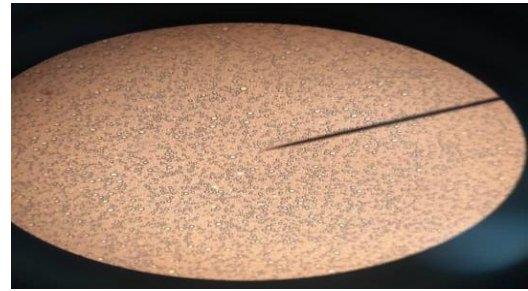


Figure 30 : Taille des gouttelettes de la crème

VI.8.3. Mesure de pH

Cette mesure est effectuée à l'aide d'un pH mètre à température ambiante, la valeur obtenue pour la crème préparée est de 6,68 donc elle est neutre et présente un pH proche de celui recommandé pour les crèmes cosmétiques (4,5 – 7) par conséquent, aucun risque d'irritation cutanée [122].

VI.8.4. Mesure de la viscosité

La viscosité de la crème a été mesurée à l'aide d'un viscosimètre, à température ambiante (24 °C), en utilisant le rotor n°4, adapté aux formulations relativement épaisses. Les résultats obtenus indiquent une viscosité de 41 756 mPa·s à une vitesse de rotation de 6 rpm (correspondant à 42 % du couple de mesure), et de 29 986 mPa·s à 12 rpm (60 % du couple). Ces résultats montrent que la viscosité diminue lorsque la vitesse de cisaillement augmente, ce qui caractérise un comportement pseudoplastique. Par conséquent, notre crème présente un caractère non newtonien, typique des formulations cosmétiques où la structure s'adapte sous contrainte mécanique.

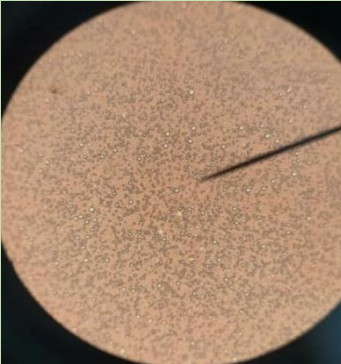

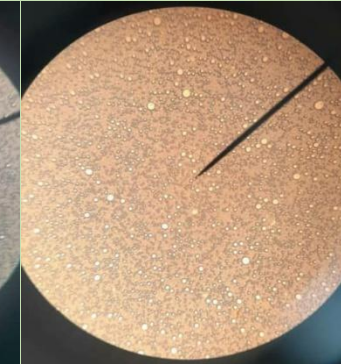
Il est important de noter qu'il n'existe pas de valeur de viscosité « de référence » pour une crème cosmétique, car celle-ci dépend de nombreux facteurs, notamment la composition et les ingrédients utilisés. Chaque formule donne une texture spécifique, ce qui rend les comparaisons directes difficiles.

VI.8.5. Test de stabilité

VI.8.5.1. Stabilité à la centrifugation : La crème cosmétique a été soumise à un test de résistance à la centrifugation à des vitesses de 3 000 tours/min et 6 000 tours/min pendant 15 minutes à température ambiante. Les résultats montrent que la crème résiste à la centrifugation et ne présente aucun phénomène de séparation de phases (annexe 08).

VI.8.5.2. Test de stabilité à la température de stockage : Un suivi de la stabilité a été effectué sur une durée d'une semaine, par observation visuelle et microscopique. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau XVIII.

Tableau XVIII: Résultats de stabilité sous microscope après 7 jours de conservation à différentes températures

	Conservation à température ambiante	Conservation à 4°C	Conservation à 40 °C
Images sous microscope			
Résultats	Les particules présentent des dimensions relativement uniformes.	Les particules se caractérisent par des tailles comparables.	La majorité des particules observées présentent des dimensions similaires.

VI.8.6. Sens de l'émulsion

La dispersion homogène du bleu de méthylène dans notre crème confirme qu'il s'agit d'une émulsion huile dans eau (H/E), couramment utilisée dans les crèmes hydratantes. La répartition uniforme du colorant indique une bonne stabilité de la formulation comme le montre la figure ci-dessous :



Figure 31 : Dispersion du bleu de méthylène dans la crème



Conclusion et perspectives

Aujourd'hui, de nombreuses plantes aromatiques et médicinales représentent une source précieuse, bien que souvent méconnue, de molécules bioactives susceptibles de contribuer au développement de nouvelles thérapies complémentaires aux traitements conventionnels. Mieux connaître et valoriser ces plantes, notamment à travers l'étude de la composition chimique de leurs substances actives, demeure l'une des principales préoccupations des chercheurs.

De nombreuses études ont été menées sur les plantes de la famille des Lauraceae, révélant leur richesse en composés bioactifs. En revanche, peu de travaux ont été consacrés à l'évaluation de la composition chimique et du potentiel antimicrobien de *Laurus nobilis* L. Dans ce contexte, nous nous sommes intéressées à une étude approfondie de cette plante, le screening phytochimique, l'extraction de l'huile essentielle, la caractérisation physicochimique, l'analyse spectrophotométrique infrarouge, ainsi que l'évaluation de son activité insecticide, antioxydante et antibactérienne. Enfin, une formulation cosmétique à base de son huile essentielle a été mise au point.

Au terme de notre travail, l'étude botanique a permis de confirmer l'identité de l'espèce. L'étude physicochimique a révélé que les feuilles de *Laurus nobilis* L. possède un pH légèrement acide, ainsi qu'une faible teneur en eau et en cendres.

Le screening phytochimique et l'analyse infrarouge ont mis en évidence la richesse des feuilles en tanins, flavonoïdes, alcaloïdes, coumarines, saponines, stérols et triterpènes, et l'absence de stéroïdes.

L'étude des caractéristiques physicochimiques et organoleptiques de l'huile essentielle est en accord avec les données de la littérature, ainsi qu'avec les normes établies par AFNOR et la pharmacopée.

L'évaluation de l'activité insecticide sur l'espèce *Tribolium castaneum* a révélé un taux de répulsion très élevé, tandis que l'effet observé lors du test d'inhalation s'est avéré faible.

L'analyse de l'activité antioxydante par la méthode FRAP a révélé que l'acide ascorbique possède l'activité la plus élevée, suivi de l'extrait hydrométhanolique, de l'extrait aqueux, et enfin de l'huile essentielle, qui présente l'activité la plus faible.

L'évaluation de l'activité antibactérienne a montré que tous les extraits testés (huile essentielle, hydrométhanolique et aqueux) possèdent une efficacité modérée contre *Staphylococcus aureus* MU 50 et *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853.

Les différents tests de contrôle réalisés sur la formulation cosmétique, à base de l'huile essentielle de *Laurus nobilis* L., incluant l'homogénéité, la stabilité, le pH, la viscosité et le test au bleu de méthylène, ont tous donné des résultats remarquables. La crème présente un pH conforme aux normes de la pharmacopée (entre 4,5 et 7) et une viscosité comprise entre 1 000 et 10 000 mPa·s, adaptée à un usage cosmétique. Le test au bleu de méthylène a confirmé le type d'émulsion obtenue.

En conclusion, cette étude a permis de confirmer les propriétés prometteuses de *Laurus nobilis* tant sur le plan phytochimique que biologique. Sa richesse en composés bioactifs, son activité insecticide, antioxydante et antibactérienne, ainsi que la mise au point d'une

formulation cosmétique stable et conforme aux normes, soulignent le potentiel de cette plante pour des applications pharmaceutiques et cosmétiques. Ces résultats ouvrent la voie à des investigations plus approfondies afin d'optimiser son exploitation et sa valorisation.

Toutefois, il serait intéressant d'approfondir l'étude de l'activité antibactérienne de *Laurus nobilis* en étendant les tests à un plus large éventail de souches bactériennes. Par ailleurs, l'exploration d'autres activités biologiques de la plante, telles que ses propriétés cicatrisantes, anti-inflammatoires et anticancéreuses, mériterait une attention particulière.

L'identification précise de la composition chimique de l'huile essentielle pourrait être améliorée grâce à l'utilisation de techniques analytiques avancées telles que la chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC-MS), la chromatographie liquide haute performance (HPLC) et la résonance magnétique nucléaire (RMN).

Les résultats obtenus pourront servir de base à des essais cliniques, notamment pour évaluer la tolérance locale et optimiser la formulation finale de produits cosmétiques ou pharmaceutiques, en particulier pour identifier les substances responsables de l'activité cicatrisante.

Enfin, l'isolation des composés bioactifs issus des huiles essentielles de plantes médicinales constitue un axe de recherche prometteur, offrant un fort potentiel de développement pour les industries pharmaceutique et cosmétique en Algérie.



Références bibliographiques

- [1] : SYLLA, T. 2008. *Contribution à l'étude de l'activité anti-inflammatoire des écorces de tige de Casuarina equisetifolia*. Thèse de doctorat en pharmacie (Diplôme d'État). Dakar : Université Cheikh Anta Diop, Faculté de Médecine, de Pharmacie et d'Odonto-Stomatologie, 200 p.
- [2] : KABERA NZEYUMWAMI, J. 2004. *Caractérisation des huiles essentielles de trois plantes aromatiques : Hyptis spicigera, Pluchea ovalis et Laggera aurita*. Mémoire de DEA, Université de Lomé, Togo, Disponible sur : <https://www.memoireonline.com/12/09/2969/Caracterisation-des-huiles-essentielles-de-trois-plantes-aromatiques--Hyptis-Spicigera-Pluchea-Ov.html>
- [3] : BAKKALI, F., AVERBECK ?S., AVERBECK A, D., &IDAOMAR, M. 2021. *Essential Oils as Natural Sources of Fragrance Compounds for Cosmetics and Cosmeceuticals*. *Molecules*, 26(3): 666. DOI: [10.3390/molecules26030666](https://doi.org/10.3390/molecules26030666)
- [4]: Larousse des plantes médicinales [en ligne]. Disponible sur : <https://assomaleva.wordpress.com/wp-content/uploads/2016/02/larousse-des-plantes-medicinales.pdf> .p. 225-226.
- [5] : OULD YEROU, K., MEDDAH, B. et TIR TOUIL, A., 2015. Étude de l'effet de l'huile essentielle de laurier noble de l'Ouest algérien sur Salmonella spp. in vitro et in vivo. *European Scientific Journal*, vol. 11, no 33, p. 312.
- [6] : VIKOU, C., SEMASSA, J., DIACONEASA, Z., ROKO, G., TOHOYESSOU, M., DAH-NOUVLESSOUNON, D., SINA, H., STANILĂ, A. et BABA-MOUSSA, L., 2023. Diversity, Chemical Compositions and Beneficial Effects of Some Spices and Aromatic Leaves Consumed in Benin and in the World: Critical Review. *American Journal of Plant Sciences*, vol. 14, no 5, p. 569-598. <https://doi.org/10.4236/ajps.2023.145039>.
- [7] : ZHIRI, A., BAUDOUX, D. et BREDA, M.L., 2005. *Huiles essentielles chémotypées et leurs synergies*. Inspir développement. 46 p.
- [8] : LAURIER NOBLE (*Laurus nobilis*) : Propriétés et utilisations. *Forum de Jardinage et Plantes Médicinales*, 2023. Disponible sur : <https://fjpower.forumgratuit.org/t393-laurus-nobilis-laurier-sauce-laurier-noble>.
- [9] : DEMIR, V., GUNHAN, T., YAGCIOGLU, A.K. et DEGIRMENCIOGLU, A., 2004. Mathematical Modelling and the Determination of Some Quality Parameters of Air-dried Bay Leaves. *Biosystems Engineering*, vol. 88, no 3, p. 325–335. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2004.04.005>.
- [10]: BARLA, A., TOPCU, G., ÖKSÜZ, S., TÜMEN, G. et KINGSTON, D.G.I., 2007. Identification of cytotoxic sesquiterpenes from *Laurus nobilis* L. *Food Chemistry*, vol. 104, no 4, p. 1478. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.02.033>.
- [11]: PAPARELLA, A., NAWADE, B., SHALTIEL-HARPAZ, L. et IBDAH, M.A., 2022. A Review of Botany, Volatile Composition, Biochemical and Molecular Aspects, and Traditional Uses of *Laurus nobilis*. *Plants*, vol. 11, no 9, p. 1209. <https://doi.org/10.3390/plants11091209>.
- [12]: BRUNETON, J., 1999. *Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales*. 3e édition. Paris: Lavoisier.

- [13]: ISERIN, P., 2001. *Encyclopédie des plantes médicinales*. Paris : Larousse.
- [14] : SAYYAH, M., SAROUKHANI, G., PEIROVI, A. et KAMALINEJAD, M., 2003. Analgesic and Anti-inflammatory Activity of the Leaf Essential Oil of *Laurus nobilis* Linn. *Phytotherapy Research*, vol. 17, no 7, p. 733–736. <https://doi.org/10.1002/ptr.1197>.
- [15]: FIORINI, C., FOURASTÉ, I., DAVID, B. et BESSIÈRE, J.M., 1997. Composition of the Flower, Leaf and Stem Essential Oils from *Laurus nobilis* L. *Flavour and Fragrance Journal*, vol. 12, no 2, p. 91–93. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1026\(199703\)12:2<91::AID-FFJ622>3.0.CO;2-9](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1026(199703)12:2<91::AID-FFJ622>3.0.CO;2-9).
- [16] : DEMO, A. Demo, A., Petrakis, C., Kefalasa, P., & Boskou, D. (1998). Antioxidant activity of *Laurus nobilis* L. leaves. *Fitoterapia*, vol. 69, no 3, p. 205–210.
- [17]: GÓMEZ-CORONADO, D.J.M., IBÁÑEZ, E., RUPÉREZ, F.J. et BARBAS, C., 2004. Tocopherol measurement in edible products of vegetable origin. *Journal of Chromatography A*, vol. 1054, no 1–2, p. 227–233. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2004.08.07>.
- [18] : KILIC, A., HAFIZOGLU, H., KOLLMANNNSBERGER, H. et NITZ, S., 2004. Volatile Constituents and Key Odorants in Leaves, Buds, Flowers, and Fruits of *Laurus nobilis* L. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 52, no 6, p. 1602–1603. <https://doi.org/10.1021/jf0306237>.
- [19] : FANTASMA, F., SAMUKHA, V., ALIBERTI, M., COLARUSSO, E., CHINI, M.G., SAVIANO, G., DE FELICE, V., LAURO, G., CASAPULLO, A., BIFULCO, G. et IORIZZI, M., 2024. Essential Oils of *Laurus nobilis* L.: From Chemical Analysis to In Silico Investigation of Anti-Inflammatory Activity by Soluble Epoxide Hydrolase (sEH) Inhibition. *Foods*, vol. 13, no 14, p. 2282. <https://doi.org/10.3390/foods13142282>.
- [20]: PAGARE, S., BHATIA, M., TRIPATHI, N., PAGARE, S. et BANSAL, Y.K., 2015. Secondary Metabolites of Plants and their Role: Overview. *Current Trends in Biotechnology and Pharmacy*, vol. 9, no 3, p. 293-304. ISSN 0973-8916 (Print), 2230-7303 (Online).
- [21]: ASHRAF, M.A., IQBAL, M., RASHEED, R., HUSSAIN, I., RIAZ, M. et ARIF, M.S., 2018. Environmental Stress and Secondary Metabolites in Plants: An Overview. Dans : *Plant Metabolites and Regulation Under Environmental Stress*. Elsevier, p. 153-167. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812689-9.00008-X>.
- [22] : KABERA, J.N., SEMANA, E., MUSSA, A.R. et HE, X., 2014. Plant Secondary Metabolites: Biosynthesis, Classification, Function and Pharmacological Properties. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, vol. 2, p. 377-392. <https://doi.org/10.17265/2328-2150/2014.03.001>.
- [23] : MOHAMMADI, S., KARGARI, A., SANAEPPUR, H., ABBASSIAN, K., NAJAFI, A. et MOFARRAH, E., 2015. Phenol removal from industrial wastewaters: a short review. *Desalination and Water Treatment*, vol. 53, no 8, p. 2215–2234. <https://doi.org/10.1080/19443994.2014.883327>.
- [24]: EGAN, D., O'KENNEDY, R., MOW, E., COX, D., PROSSER, E. & THORNES, R.D. 1990. The pharmacology, metabolism, analysis, and applications of coumarin and coumarin-

- related compounds. *Drug Metabolism Reviews*, 22(5):503-529. <https://doi.org/10.3109/03602539008991449>
- [25] : CARTAYA, O. et REYNALDO, I., 2001. Flavonoides: Características químicas y aplicaciones. *Cultivos Tropicales*, vol. 22, no 2, p. 5-14. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193215009001>.
- [26] : ESTRADA-REYES, R., UBALDO-SUÁREZ, D. et ARAUJO-ESCALONA, A.G., 2012. Los flavonoides y el Sistema Nervioso Central. *Salud Mental*, vol. 35, no 5, p. 375-384. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=58225705001>.
- [27] : PÉREZ TRUEBA, G., 2003. Los flavonoides: antioxidantes o prooxidantes. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, vol. 22, no 1. Instituto de Ciencias Básicas y Preclínicas "Victoria de Girón".
- [28]: Dietary flavonoids as cancer-preventive and therapeutic biofactors - Scientific Figure on ResearchGate. Disponible sur : https://www.researchgate.net/figure/Basic-structure-of-flavonoids_fig1_51174448 .
- [29] : BARBEHENN, R.V. et CONSTABEL, C.P., 2011. Tannins in plant-herbivore interactions. *Phytochemistry*, vol. 72, no 13, p. 1551-1565. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2011.01.040>.
- [30] : ZIMMER, N. et CORDESSE, R., 1996. Influence des tanins sur la valeur nutritive des aliments des ruminants. *INRA Prod. Anim.*, vol. 9, no 3, p. 167-179.
- [31]: SCALBERT, A., 1992. Quantitative Methods for the Estimation of Tannins in Plant Tissues. Dans : HEMINGWAY, R.W. et LAKS, P.E. (éd.), *Plant Polyphenols*. New York : Plenum Press, p. 259-280.
- [32] : BAYART, M., 2019. *Élaboration et caractérisation de biocomposites à base d'acide polylactique et de fibres de lin : Compatibilisation interfaciale par dépôt de revêtements à base d'époxy, de dioxyde de titane, de lignine ou de tanin* (Thèse de doctorat). Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec, Canada.
- [33]: RHODES, M. J. C. (1996). Physiologically-active compounds in plant foods: an overview. *Proceedings of the Nutrition Society*, 55(2), 371-384. <https://doi.org/10.1079/PNS19960036>
- [34]: BOCQUET, L. (2018). *Les composés phénoliques du houblon, Humulus lupulus L. : Lutte contre la résistance microbienne et perspectives industrielles* (Thèse de doctorat, Université de Lille).
- [35] : YAZAKI, K., ARIMURA, G. & OHNISHI, T. 2017. Hidden terpenoids in plants: their biosynthesis, localization and ecological roles. *Plant Cell Physiology*, 58(10):1615-1621. <https://doi.org/10.1093/pcp/pcx123>
- [36]: THOLL, D. 2015. Biosynthesis and biological functions of terpenoids in plants. *Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology*, 148:63-106. https://doi.org/10.1007/10_2014_295

- [37] : Analyse des principaux fabricants du marché mondial de l'isoprène 2017-2022. Disponible sur : <https://area-info.net/analyse-des-principaux-fabricants-du-marche-mondial-de-l-isoprene-2017-2022/>.
- [38] : CASTELLS, E. et PEÑUELAS, J., 1997. Vers una teoria global de defensa química en plantes: el cas dels alcaloides. *Orsis*, vol. 12, p. 141-161.
- [39] : BALAM DÍAZ, J.S., 2024. Los alcaloides: escudos de las plantas. *Desde el Herbario CICY*, vol. 16, p. 101-104. https://www.cicy.mx/sitios/desde_herbario/.
- [40] : GATES, M. et TSCHUDI, G., 1956. The Synthesis of Morphine. *Journal of the American Chemical Society*, vol. 78, no 7, p. 1380-1393. <https://doi.org/10.1021/ja01588a033>.
- [41] : MARTÍNEZ CIFUENTES, M.A. 2011. *Síntesis y estudio espectroscópico de quinonas e hidroquinonas tricíclicas*. [Mémoire de Químico]. Santiago du Chili: Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas. Sous la direction de ARAYA MATURANA, R.
- [42] : CHHBOUR, M. (2020). *Etude de la métabolisation intracellulaire de quinones, du stress oxydant généré et des processus de détoxification associés* [Thèse de doctorat, Université Paul Sabatier Toulouse III]. HAL. <https://theses.hal.science/tel-02930321>
- [43] : OAKENFULL, D, 1981. Saponins in food – A review. *Food Chemistry*, vol. 6, p. 19-40. ISSN 0308-8146.
- [44] : CHAIB, I., 2010. Saponins as Insecticides: A Review. *Tunisian Journal of Plant Protection*, vol. 5, no 1, p. 39-50.
- [45] : BUDAN, A. et TESSIER, N., 2013. Effet de plusieurs extraits végétaux contenant de la saponine sur la fermentation ruminale in vitro, *Tetrahymena pyriformis* et érythrocytes de mouton. *Journal de l'alimentation, de l'agriculture et de l'environnement*, vol. 11, no 2, p. 576-582.
- [46] : ALI, B., AL-WABEL, N.A., SHAMS, S., AHAMAD, A., KHAN, S.A. et ANWAR, F., 2015. Essential oils used in aromatherapy: A systemic review. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, vol. 5, no 8, p. 601–611. <https://doi.org/10.1016/j.apjtb.2015.05.007>.
- [47] : FARRAR, A.J. et FARRAR, F.C., 2020. Clinical aromatherapy. *Nursing Clinics of North America*, vol. 55, no 4, p. 489–504. <https://doi.org/10.1016/j.cnur.2020.06.015>.
- [48] : VAMBE, McMaster, COOPOOSAMY, Roger M., ARTHUR, Georgina D. et NAIDOO, Kuben, 2025. Biological properties, chemical profiles and safety of essential oils from South African aromatic plants: a literature review. *Journal of Essential Oil Research*, vol. 37, no 1, p. 1–19. <https://doi.org/10.1080/10412905.2024.2428698>.
- [49] : ECOTOXICOLOGIE.FR, 2024. Les huiles essentielles : méthodes de production, composition et écotoxicité [en ligne]. 5 novembre 2024. Disponible sur : <https://ecotoxicologie.fr/huiles-essentielles-production> [consulté le 2024].
- [50] : TUREK, C. & STINTZING, F.C. 2013. Stability of essential oils: a review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12:40-53. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12006>

- [51] : PURESSENTIEL, [s.d.]. Huile essentielle : Définition. *Conseils PuresSENTIEL* [en ligne]. Disponible sur : <https://fr.puresSENTIEL.com/blogs/conseils/huile-essentielle-definition> [consulté le 2024].
- [52] : BOUKHATEM, M.N., FERHAT, A. & KAMELI, A. 2019. Méthodes d'extraction et de distillation des huiles essentielles : revue de littérature. *Revue Agrobiologia*, 9(2):1653-1659. ISSN 2170-1652.
- [53] : LARDRY, J.-M. et HABERKORN, V., 2007. Les huiles essentielles : principes d'utilisation. *Kinésithérapie Revue*, no 61, p. 18-23. [https://doi.org/10.1016/S1779-0123\(29\)70309-1](https://doi.org/10.1016/S1779-0123(29)70309-1).
- [54] : ALBERT V, 2021. Réseau de représentants internationaux et expertise en arômes et parfums. *Givaudan*. Disponible sur : <https://www.givaudan.com> [consulté le 2024].
- [55] : SOUIY, Z., 2023. Essential Oil Extraction Process. Dans : VISKELIS, J. (éd.), *Essential Oils – Recent Advances, New Perspectives and Applications*. Londres : IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.113311>.
- [56] : RÍOS, J.-L. 2016. Essential oils: what they are and how the terms are used and defined. In: *Essential oils in food preservation, flavor and safety*. Elsevier Inc., p.3-8. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-416641-7.00001-8>
- [57] : HERMAN, R.A., AYEP, E., SHITTU, S., FOMETU, S.S. et WANG, J., 2019. Essential Oils and Their Applications - A Mini Review. *Advances in Nutrition & Food Science*, vol. 4, no 4, p. 1-13. <https://doi.org/10.17140/ANFSOJ-4-136>.
- [58] : REMY, L., 1991. *Les huiles essentielles et la peau* [Thèse de doctorat en pharmacie, Université Joseph Fourier - Grenoble I]. DUMAS. <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03651526v1>.
- [59] : LOBSTEIN, A., COUIC-MARINIER, F. & BRIOT, C. 2017. Fiche aromathérapie: [Huile essentielle de Laurier noble]. Elsevier Masson SAS. [En ligne]
- [60] : BRIOT, C. 2016. *Le laurier noble, plante des héros: aspects historiques, botaniques et thérapeutiques* [Thèse de doctorat en pharmacie]. Université de Lorraine. Disponible sur: <https://hal.univ-lorraine.fr/hal-01770854v1>
- [61] : BOUZOUITA, N., KACHOURI, F., HAMDI, M. & CHAABOUNI, M.M. 2003. Antimicrobial activity of essential oils from Tunisian aromatic plants. *Flavour and Fragrance Journal*, 18(5):380-383. <https://doi.org/10.1002/ffj.1200>
- [62] : ERLER, F., ULUG, I. et YALCINKAYA, B., 2006. Repellent activity of five essential oils against *Culex pipiens*. *Fitoterapia*, vol. 77, no 6, p. 491–494. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2006.05.028>.
- [63] : JEMÂA, J.M.B., TERSIM, N., TOUDERT, K.T. & KHOUJA, M.L. 2012. Insecticidal activities of essential oils from leaves of *Laurus nobilis* L. from Tunisia, Algeria and Morocco, and comparative chemical composition. *Journal of Stored Products Research*, 48:97-104. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2011.10.003>

- [64]: SAYYAH, M., VALIZADEH, J. et KAMALINEJAD, M., 2002. Anticonvulsant activity of the leaf essential oil of *tr* against pentylenetetrazole- and maximal electroshock-induced seizures. *Phytomedicine*, vol. 9, no 3, p. 212–216. <https://doi.org/10.1078/0944-7113-00112>.
- [65] : MAZIANE, Asmaa. , 2011.*Cosmétique et cosméceutiques*. Thèse de doctorat en pharmacie. Rabat : Université Mohammed V, Faculté de Médecine et de Pharmacie.
- [66] : ECCLESTON, G. M. (2013). Émulsions et microémulsions. In *Encyclopédie des sciences et technologies pharmaceutiques* (4e éd., vol. 1, pp. 1-16). CRC Press. ISBN 9781351124874
- [67] : DUPONT J.2017.Procédés microfluidiques d'émulsification : Potentiel pour la pharmacie. Thèse de Doctorat : Pharmacie : Université de Lille 2.
- [68] : TOÉ, S.L.N.T.M. 2004.Essais de mises au point de formulation de crèmes et laits corporels à base du beurre de karité du Burkina Faso. Thèse de Doctorat en Pharmacie, Université de Ouagadougou, Burkina Faso.
- [69]: KHAN, B.A., AKHTAR, N., KHAN, H.M.S., et al. 2011. Basics of pharmaceutical emulsions: a review. *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 5(25):2715-2725. ISSN 1996-0816. <https://doi.org/10.5897/AJPP11.698>
- [70] : FACULTÉ DE PHARMACIE, UNIVERSITÉ DE BATNA 2. *Cours sur les émulsions pharmaceutiques* [en ligne]. 2021. Disponible à l'adresse : https://pharmacie.univ-batna2.dz/emulsions_pharmaceutiques.pdf
- [71] : AKBARI, S. & NOUR, A.H. 2018. Emulsion types, stability mechanisms and rheology: a review. *International Journal of Innovative Research and Scientific Studies*, 1(1):14-21. ISSN 2617-7017. Disponible à: <https://ssrn.com/abstract=3324905>
- [72] : MELICH, R. 2018. *Préparation et caractérisation de microbulles et microgouttelettes par procédés membranaires pour des applications biomédicales ultrasonores* [Thèse de doctorat]. Lyon: Université Claude Bernard Lyon 1.
- [73] : WAHLGREN, M., BERGENSTAHL, B., Nilsson, L., & Rayner, M. (2015). Formulation of Emulsions. In: Rayner, M., & Dejmek, P. (Eds.), *Engineering Aspects of Food Emulsification and Homogenization*. CRC Press, pp. 51–92. doi:10.1201/b18436-5.
- [74] : BROCHETTE, P. 2013. Émulsification - Élaboration et étude des émulsions. *Techniques de l'ingénieur*, J2150.
- [75] : MARTINI, M.-C. 2011. *Introduction à la dermopharmacie et à la cosmétologie*. 3^e éd. Paris: Lavoisier. ISBN 978-2-7430-1270-0
- [76]: KISSA, E. 1994. *Fluorinated surfactants and repellents* (Surfactant science series, vol. 97). New York: Marcel Dekker.
- [77] : RONDÓN-GONZÁLEZ, M. 2007. *Inversion de phase d'émulsions induite par agitation* [Thèse de doctorat]. Nancy: Institut National Polytechnique de Lorraine.
- [78] : AFNOR (1986). Association française de normalisation Recueil de norme française des fruits et produits dérivés AFNOR 3 ED, Paris.

- [79] : NFV 05-113. (1972). Détermination des cendres totales, Vol 49, n°4,0289-0298
- [80] : NFV 05-108, (1970). Produit de l'agriculture. Produits dérivés des fruits et légumes. Détermination conventionnelle du potentiel hydrogène.
- [81] : MILIANI, A. 2018. *Étude phytochimique des feuilles de laurier noble (Laurus nobilis L.), effets biologiques et pharmacologiques* [Thèse de doctorat en Biologie, spécialité Biotechnologies Végétales]. Blida: Université Saad Dahlab - Blida 1, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, p.38.
- [82] : MIBENDZOU MOUELLET, A. 2004. *Screening phytochimique de deux espèces de plantes : Crotalaria retusa L. (Papilionaceae) et Hallea ciliata Aubrev & Pellegr. (Rubiaceae) récoltées au Gabon* [Thèse de doctorat]. Mali: [éditeur non spécifié], 58p
- [83] : DIALLO D. (2000). Ethno pharmacological survey of medicinal plants in Mali and phytochemical study of four of them: *Glinus oppositifolius (Aizoaceae)*, *Diospyros abyssinica (Ebenaceae)*, *Entada africana (Mimosaceae)*, *Trichilia emetic (Meliaceae)*. Thèse de doctorat de recherche, Faculté des sciences de l'université de Lausanne Suisse.
- [84] : DOHOU N. 2004. - Approche floristique, ethnobotanique, phytochimique et étude de l'activité biologique de *thymeleae lythroïdes*, thèse de doctorat, Maroc, 59 p.
- [85] : NIARE A. (2006). « Etude de la phytochimie et des activités pharmacologiques de *Syzygium guineense willd. (Myrtaceae)* », thèse de doctorat. Université de Bamako, Mali.
- [86] : BADIAGA, M. 2011. *Étude ethnobotanique, phytochimique et activités biologiques de Nauclea latifolia Smith, une plante médicinale africaine récoltée au Mali* [Thèse de doctorat]. Clermont-Ferrand: Université Blaise Pascal - Clermont-Ferrand II. NNT: 2011CLF22187. HAL ID: tel-00719564. Disponible sur: <https://theses.hal.science/tel-00719564v1> (p.74)
- [87] : DAIRA, N.E.-H., MAAZI, M.C. & CHEFROUR, A. 2016. Contribution à l'étude phytochimique d'une plante médicinale (*Ammoides verticillata* Desf. Briq.) de l'Est Algérien. *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*, 85:283.
- [88]: TREASE, G.E. & EVANS, W.C. 1987. *Pharmacognosie* (13^e éd.). London: Baillière Tindall. ISBN 0702013578
- [89] : CARREE, P., « Précis de technologie et de chimie industrielle », Ed Ballière, Paris, (1953),475p.
- [90]: LI, H.B., CHENG, K.W., WONG, C.C., FAN, K.W., CHEN, F. & JIANG, Y. 2007. Evaluation of antioxidant capacity and total phenolic content of different fractions of selected microalgae. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 102:771-776.
- [91]: GEORGE S, BRAT P, ALTER P et Amiot J.M.2005. « Rapid determination of polyphénols and vitamin C in plant-derived products », *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53 : 1370-1373.

- [92] : KAHKONEN, M.P, HOPIA, A.I, VUORELA, H.J, RAUHA, J.P, PIHLAJA, K. et KUJALA, T.S. (1999). « Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds », *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, n° 47,3954-3962
- [93] : DEHPOUR, A.A., EBRAHIMZADEH, M.A., NABAVI, S.F. & NABAVI, S.M. 2009. Antioxidant activity of the methanol extract of *Ferula assafoetida* and its essential oil composition. *Grasas y Aceites*, 60(4):405-412. <https://doi.org/10.3989/gya.010109>. ISSN 0017-3495
- [94] : ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION. *ISO 660:2020(fr) Corps gras d'origines animale et végétale - Détermination de l'indice d'acide et de l'acidité* [en ligne]. 3e éd. Genève : ISO, 2020. Disponible sur : <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:660:ed-3:v1:fr>.
- [95] : ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION. *ISO 709:2023(fr) Documentation — Romanisation du chinois* [en ligne]. 2e éd. Genève : ISO, 2023. Disponible sur : <https://www.iso.org/fr/standard/71268.html>.
- [96] : ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION. *ISO 875 :1999(fr) Documentation — Matériel pour classeurs à fiches et classeurs à leviers — Spécifications* [en ligne]. Genève : ISO, 1999. Disponible sur : <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/25312/e312886500204c409aa68097636a30e5/ISO-875-1999.pdf>.
- [97] : ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION. *ISO 279:2023(fr) Céramiques techniques — Détermination de la résistance thermique* [en ligne]. 2e éd. Genève : ISO, 2023. Disponible sur : <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:279:ed-2:v1:fr>
- [98] : ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION. *ISO 280:2023(fr) Céramiques techniques — Détermination de la résistance au choc thermique* [en ligne]. 2e éd. Genève : ISO, 2023. Disponible sur : <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:280:ed-2:v1:fr>
- [99] : LAVIOLETTE P. et NARDON P. (1963). Action des rayons gamma du Cobalt 60 sur la mortalité et la fertilité des adultes d'un charançon du riz. *Bull. Biol. Fr. Belg.*, 97: 30-33
- [100] : PAPACHRISTOS, D.P., STAMOPOULOS, D.C. 2002. Repellent, toxic and reproduction inhibitory effects of essential oil vapours on *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Stored Products Research*. vol. 38, p. 117-128
- [101] : ABBOTT W.A.S. (1925). A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ.Ent.*, 18, pp 265-267.
- [102] : McDONALD, L.L., GUY, R.H. & SPEIRS, R.D. 1970. *Preliminary evaluation of new candidate materials as toxicants, repellents and attractants against stored product insects* (Marketing Research Report No. 882). Washington, DC: Agricultural Research Service, US Department of Agriculture, p.8.
- [103] : HABIBOU, H.H., IDRISSE, M., KHALID, I., OUEDRAOGO, B. & RABANI, A. 2019. Activité antioxydante des extraits méthanoliques de différents organes de *Detarium*

microcarpum Guill. & Perr. *European Scientific Journal*, 15(12):163-164. <https://doi.org/10.19044/esj.2019.v15n12p159>. ISSN 1857-7881 (Print), ISSN 1857-7431 (Online)

[104] : DELARRAS C. (2007). Microbiologie pratique pour le laboratoire d'analyse ou de contrôle sanitaire. Technique et documentation. Lavoisier, Paris.

[105] : PEREZ C, PAULI M, BAZERQUE P. (1990). An antibiotic assay by the agar well diffusion method. *Acta Biol. Med. Exp*, 15: 113-115.

[106] : NAIR R, CHANDA S. (2005). Antibacterial activity of *Punica granatum* exhibited in different solvents. *Ind. J. Pharm, Sci*, 67: 239-243.

[107] : SADOU FZ, HEMOUDI N, RABHI N, KECILI F. 2020. Formulation d'une crème anti brûlure à base de plante *Carthamus caeruleus* L. Thèse de Doctorat : Pharmacie : Université de Mouloud Mammeri Tizi Ouzou.

[108] : LE HIR A. 2016. Pharmacie Galénique : Bonnes Pratiques de Fabrication des médicaments. 10ème édition. Paris : Masson. P.151.978-2-294-74900-1.

[109] : Association Française de Normalisation (AFNOR). *Plantes aromatiques et médicinales – Laurier noble (Laurus nobilis L.) – Exigences et méthodes d'analyse*, Norme NF T75-300. Paris : AFNOR, 2022. 32 p.

[110] : SGHIR BOUALI, H. & ZEGRARI, A. 2022. *Contribution à l'étude phytochimique et évaluation de l'activité antioxydante chez l'espèce (Laurus nobilis L.)* [Mémoire de Master]. Constantine: Université Frères Mentouri Constantine 1.

[111] : TURK, A., AHN, J.H., JO, Y.H., SONG, J.Y., KHALIFE, H.K., GALI-MUHTASIB, H., KIM, Y., HWANG, B.Y. & LEE, M.K. 2019. NF- κ B inhibitory sesquiterpene lactones from Lebanese *Laurus nobilis*. *Phytochemistry Letters*, 30:120-123. <https://doi.org/10.1016/j.phytol.2019.02.003>. ISSN 1874-3900.

[112] : RIZWANA, H., AL KUBAISI, N., AL-MEGHAILAITH, N.N., MOUBAYED, N.M.S. & ALBASHER, G. 2019. Evaluation of chemical composition, antibacterial, antifungal, and cytotoxic activity of *Laurus nobilis* L. grown in Saudi Arabia. *Journal of Pure and Applied Microbiology*, 13(4):2073-2085. <https://doi.org/10.22207/JPAM.13.4.19>

[113]: WOOD, J.E., SENTHILMOHAN, S.T. & PESKIN, A.V. 2002. Antioxidant activity of procyanidin-containing plant extracts at different pHs. *Food Chemistry*, 77(2):155-161.

[114]: MARINOVA, D., RIBAROVA, F. & ATANASSOVA, M. 2005. Total phenolics and total flavonoids in Bulgarian fruits and vegetables. *Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy*, 40(3):255-260.

[115] : YAKHLEF, G., LAROUI, S., HAMBABA, L., ABERKANE, M.-C. & AYACH, A. 2011. Évaluation de l'activité antimicrobienne de *Thymus vulgaris* et de *Laurus nobilis*, plantes utilisées en médecine traditionnelle. *Phytothérapie*, 9(3):209-218. <https://doi.org/10.1007/s10298-011-0641-6>

[116] : AFNOR. Huiles essentielles – Huile essentielle de Laurier noble (*Laurus nobilis* L.), NF ISO 2000. Paris : Association Française de Normalisation, 2000.

- [117] : MADIOUNI BEN JEMÂA, J., TERSIM, N., TALEB TOUDERT, K. & KHOUJA, M.L. 2012. Insecticidal activities of essential oils from leaves of *Laurus nobilis* L. from Tunisia, Algeria and Morocco, and comparative chemical composition. *Journal of Stored Products Research*, 48:97-104. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2011.10.003>. ISSN 0022-474X.
- [118]: TEKE, M.A. & MUTLU, Ç. 2020. Insecticidal and behavioral effects of some plant essential oils against *Sitophilus granarius* L. and *Tribolium castaneum* (Herbst). *Journal of Plant Diseases and Protection*, 127:471-486. <https://doi.org/10.1007/s41348-020-00377-z>. ISSN 1861-3829.
- [119]: MOGHTADER, M. & FARAHMAND, A. 2013. Evaluation of the antibacterial effects of essential oil from the leaves of *Laurus nobilis* L. in Kerman Province. *Journal of Microbiology and Antimicrobials*, 5(2):13-17.
- [120]: COMITÉ DE L'ANTIBIOGRAMME DE LA SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE MICROBIOLOGIE. 2018. *Recommandations vétérinaires 2018*. Société Française de Microbiologie. <https://www.sfm-microbiologie.org/>
- [121]: ALQAHTANI, A., MARREZ, D.A., ALERAKY, M., FAGIR, N.A., ALQAHTANI, O., OTHMAN, S., EL RAEY, M.A. & ATTIA, H.G. 2023. Caractérisation et isolement des principaux métabolites biologiquement actifs isolés de *Ficus retusa* et leur effet synergique avec la tétracycline contre certaines bactéries résistantes aux agents pathogènes. *Molécules*, 28(12).
- [122] : SADOU, F.Z., HEMOUDI, N., RABHI, N. & KECILI, F. 2020. *Formulation d'une crème anti brûlure à base de plante Carthamus caeruleus L.* [Thèse de Doctorat en Pharmacie]. Tizi Ouzou: Université de Mouloud Mammeri.





Annexes


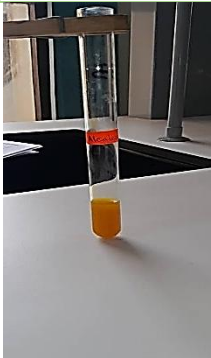


Annexe 01 : Matériel utilisé ; appareillages, solvants, réactifs chimiques et milieux de cultures


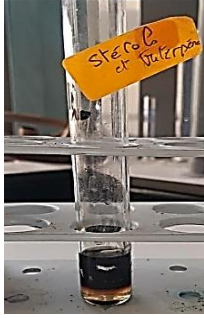
Appareillage	Verrerie et autre matériel	Solvants	Colorants et réactifs
Étuve	Capsules en porcelaine	Eau distillée	Bleu de méthylène
Four à moufle	Pycnomètre	Méthanol	Phénolphtaléine
Balance analytique	Tubes à essai	Éther de pétrole	Empois d'amidon
Balance de précision	Béchers	Éthanol à 95%	Folin-Ciocalteu
pH-mètre	Erlenmeyers	Chloroforme	Carbonate de sodium (Na_2CO_3)
Spectrophotomètre UV-Vis	Papier filtre/Whatman	DMSO	Chlorure d'aluminium (AlCl_3)
Rotavapeur	Boîtes de Pétri		Acétate de potassium (CH_3COOK)
Viscosimètre	Lames et lamelles		Acide gallique
Microscope optique	Dessiccateur		Quercétine
Centrifugeuse	Ballons		Hydroxyde de potassium (KOH)
Alambic	Ampoule à décanter		Thiosulfate de sodium ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$)
Agitateur magnétique	Pipette		Acide sulfurique (H_2SO_4)
Bain-marie	Pro pipette		Ferricyanure de potassium ($\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$)
Bec bunsen	Verre de montre		Acide trichloracétique
Agitateur à hélice	Spatule		Chlorure de fer (FeCl_3)
Support élévateur	Fiole jaugée		
Thermomètre	Burette		
Spectromètre Infra-Rouge à transformée de Fourier (FTIR)	Micropipette		
	Tube à hémolyse en verre		
	Passoir		
	Entonnoirs		
	Barreau magnétique		

			Hydroxyde d'ammonium (NH_4OH) Hydroxyde de sodium Dragendorff Anhydride acétique ($\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_3$)
--	--	--	--

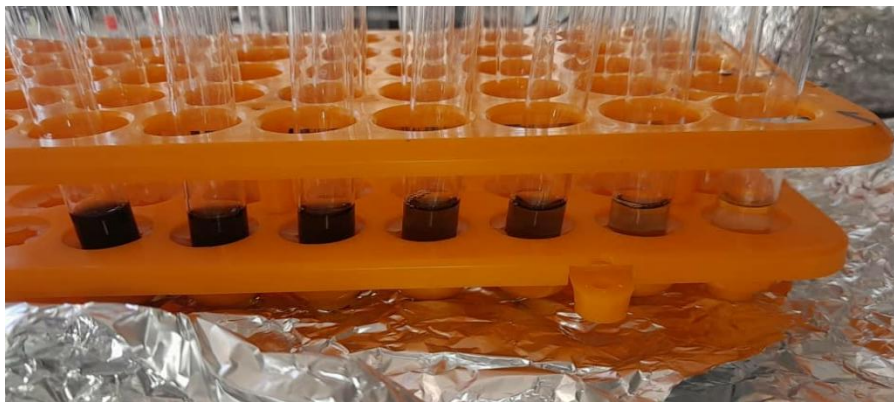
Annexe 02 : Résultats de l'analyse phytochimique

Tests	Observations	Résultats
Tanins		++
Flavonoïdes		++

Quinones libres	 A test tube containing a yellow liquid, placed in a rack.	+++
Alcaloïdes	 A test tube containing an orange liquid, placed on a white surface.	++
Coumarines	 A test tube containing a brown liquid, placed on a white surface. The label 'Coumarines' is visible on the tube.	+++
Stéroïdes	 A test tube containing a yellow liquid, placed in a rack. The label 'Stéroïdes' is visible on the tube.	-

<p>Saponosides</p>		<p>+++</p>
<p>Stérols et triterpènes</p>		<p>+++</p>

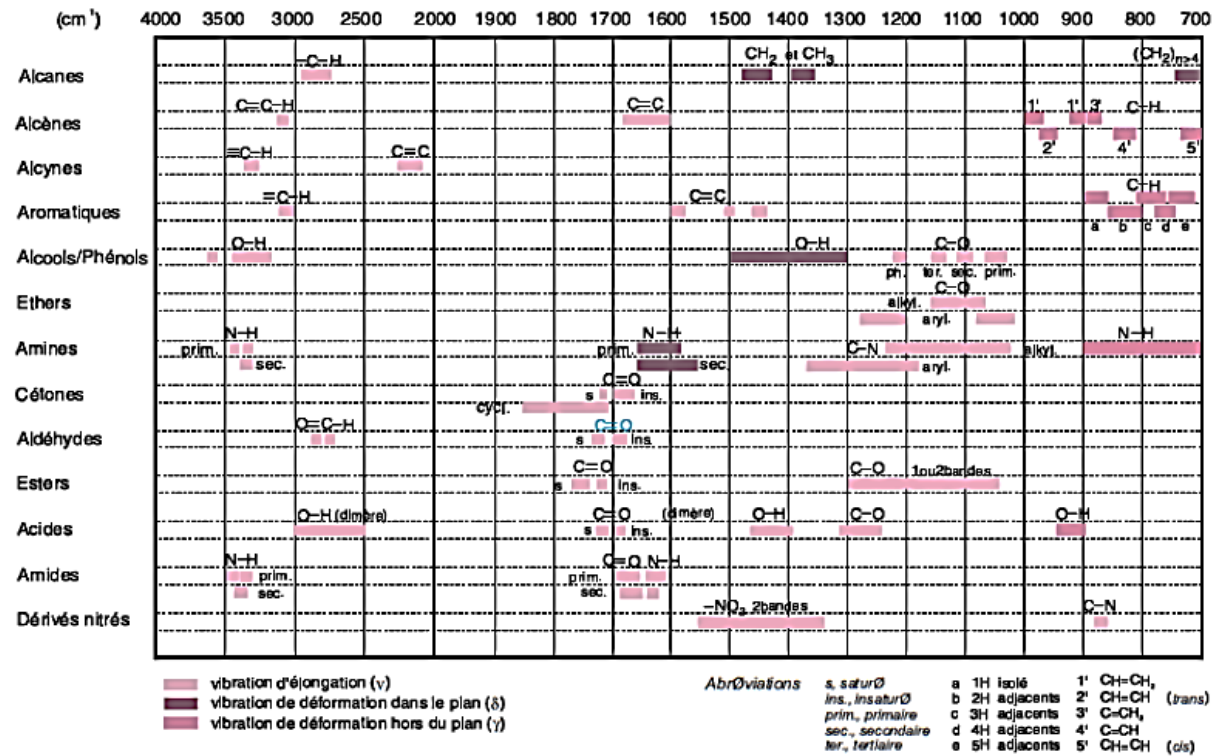
Annexe 03 : Gamme d'étalonnage de l'acide gallique



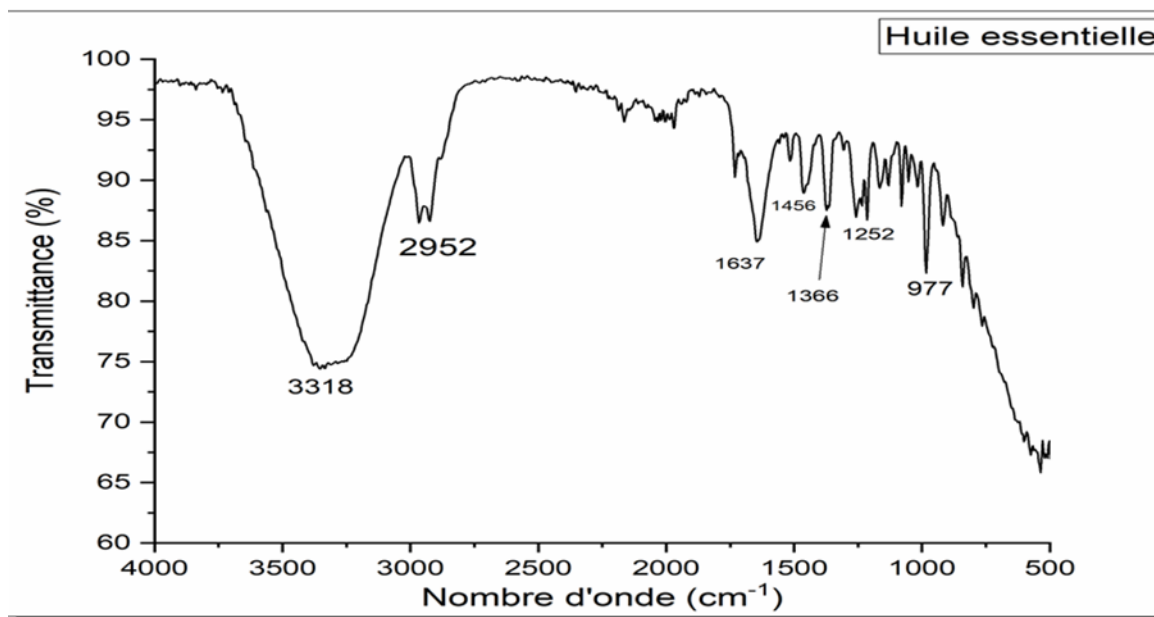
Annexe 04 : Gamme d'étalonnage de la quercétine

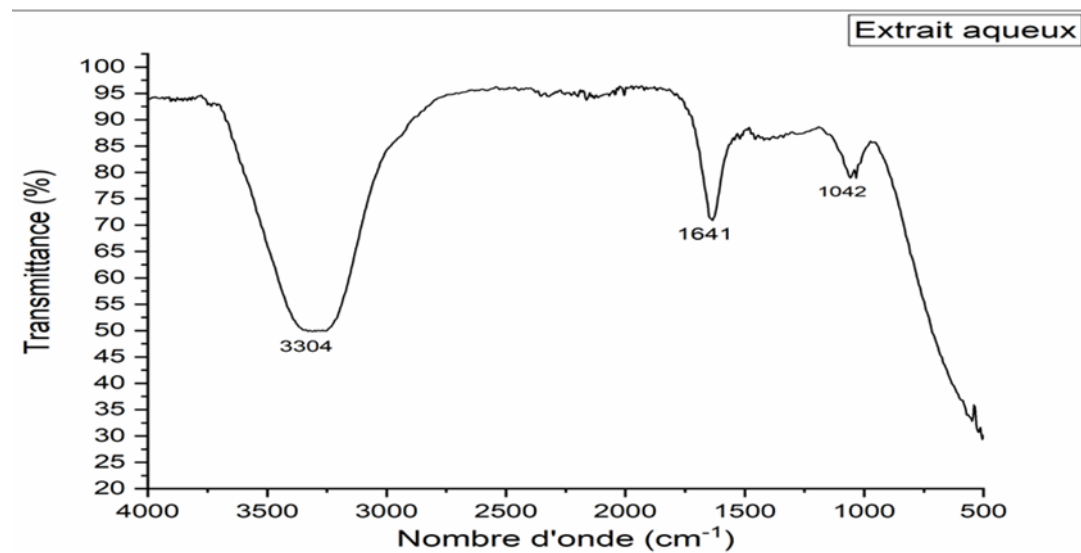
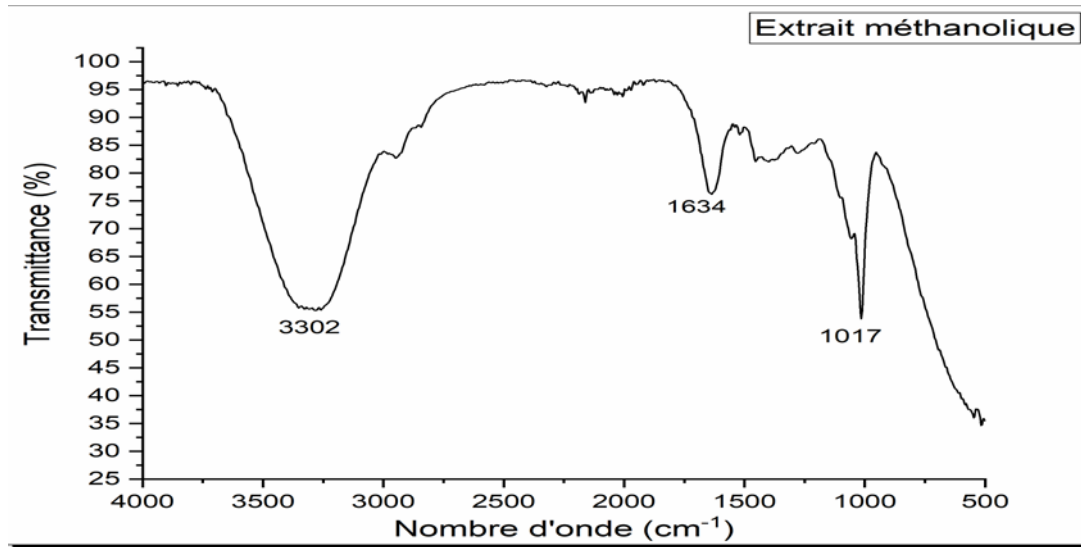


Annexe 05 : Table infrarouge

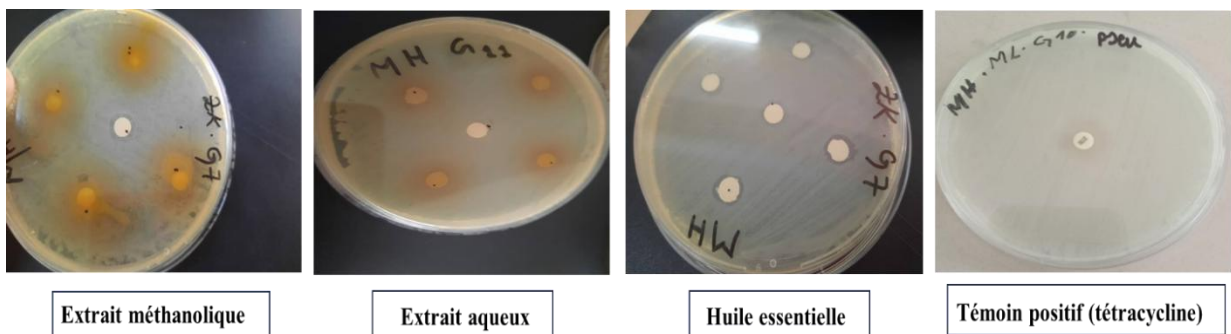


Annexe 06 : Résultats de l'analyse spectrométrique IR de l'huile essentielle et des extraits



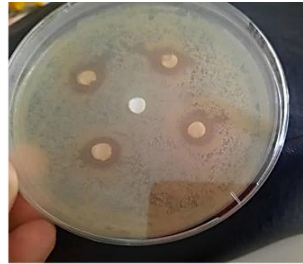


Annexe 07 : Résultats de l'activité antibactérienne vis-à-vis de *Staphylococcus aureus* MU 50 et *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 respectivement

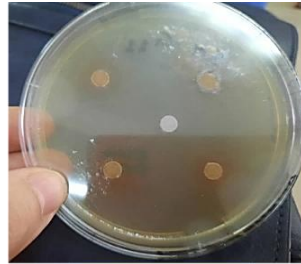




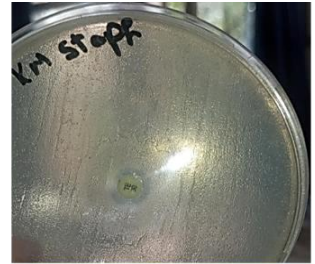
Extrait méthanolique



Extrait aqueux

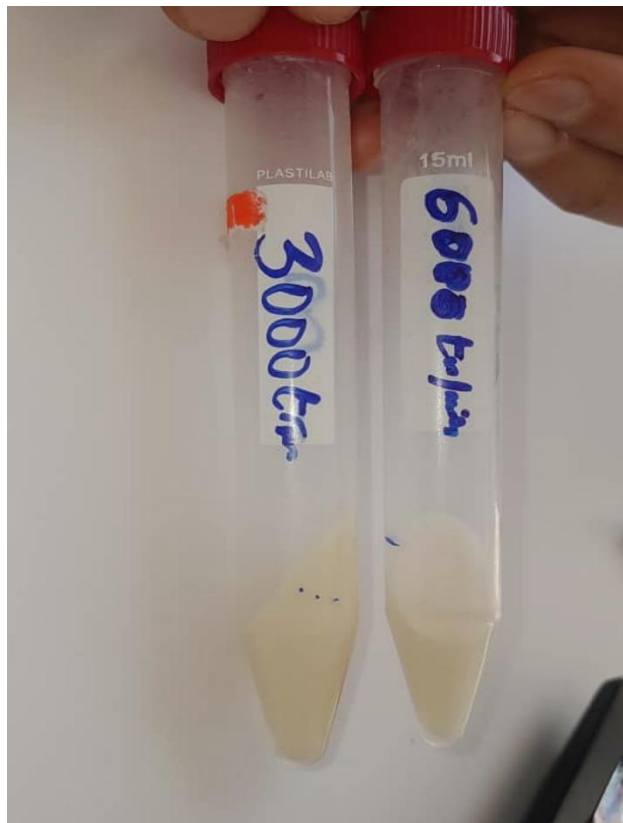


Huile essentielle



Témoin positif (tétracycline)

Annexe 08 : Test de stabilité de la crème à la centrifugation



Résumé

Laurus nobilis L., ou Laurier noble, est un arbuste méditerranéen reconnu pour ses propriétés médicinales. Cette étude a permis d'évaluer ses caractéristiques physicochimiques, phytochimiques et biologiques, et de formuler une crème hydratante à base de son huile essentielle. Le criblage phytochimique a révélé la présence de composés bioactifs tels que les polyphénols, flavonoïdes, tanins, saponosides, stérols et alcaloïdes. L'extrait hydrométhanolique s'est révélé plus riche en polyphénols totaux ($384,25 \pm 1,3 \mu\text{g EAG/mg}$) et en flavonoïdes ($24,7 \pm 0,3 \mu\text{g EAG/mg}$) que l'extrait aqueux. L'activité antioxydante, évaluée par la méthode FRAP, a montré une capacité réductrice plus élevée pour l'extrait hydrométhanolique comparé à l'extrait aqueux et à l'huile essentielle. L'activité antibactérienne a révélé des inhibitions modérées, l'extrait hydrométhanolique étant plus efficace contre *Pseudomonas aeruginosa* et *Staphylococcus aureus*, comparé à l'huile essentielle et à l'extrait aqueux. Par ailleurs, l'huile essentielle a présenté une forte activité insecticide contre *Tribolium castaneum*, ainsi qu'un excellent pouvoir répulsif. La crème formulée à base de cette huile essentielle a démontré une bonne stabilité, confirmant le potentiel cosmétique de *Laurus nobilis*.

Mots clés : *Laurus nobilis*, activité antimicrobienne, antioxydante, substances bioactives

Abstract

Laurus nobilis L., commonly known as bay laurel, is a Mediterranean shrub well known for its medicinal properties. This study aimed to evaluate its physicochemical, phytochemical, and biological characteristics, as well as to formulate a moisturizing cream based on its essential oil. Phytochemical screening revealed the presence of bioactive compounds such as polyphenols, flavonoids, tannins, saponins, sterols, and alkaloids. The hydro-methanolic extract was richer in total polyphenols ($384.25 \pm 1.3 \mu\text{g GAE/mg}$) and flavonoids ($24.7 \pm 0.3 \mu\text{g QE/mg}$) than the aqueous extract. Antioxidant activity, assessed by the FRAP method, showed a higher reducing power for the hydro-methanolic extract compared to the aqueous extract and essential oil. Antibacterial activity revealed moderate inhibition, with the hydro-methanolic extract being more effective against *Pseudomonas aeruginosa* and *Staphylococcus aureus* than the essential oil and aqueous extract. Moreover, the essential oil exhibited strong insecticidal activity against *Tribolium castaneum*, along with excellent repellent power. The formulated cream based on this essential oil demonstrated good stability, confirming the cosmetic potential of *Laurus nobilis*.

Keywords: *Laurus nobilis*, antimicrobial activity, antioxidant activity, bioactive compounds