

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université AboubekrBelkaid de Tlemcen
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers
Département de Biologie

Mémoire
En vue d'obtenir le diplôme de
Master en biologie
Spécialité : Microbiologie fondamentale

Sur le thème

***Etude de l'activité antimicrobienne de
l'extrait alcoolique d'un mélange de plantes médicinales***

Présenté par : **Melle BOUAYAD DEBBAGH Firdaous**
Melle ZERGA Chiraz Zoubida

Soutenue publiquement le 30 juin 2025 à Tlemcen devant le jury composé de :

Mme. Triqui Chahinez	Maître de Conférences B	Université de Tlemcen	Présidente
Mme Didouh Nassima	Maître de Conférences A	Université de Tlemcen	Examinatrice
Mme. Lemerini Wafaa	Maître de Conférences A	Université de Tlemcen	Rapporteur

Laboratoire de chimie organique substances naturelles et analyses (COSNA)
Laboratoire de microbiologie appliquée à l'agroalimentaire, au biomédical et à l'environnement (LAMAABE)

2024-2025

Remerciements

*Avant d'aborder notre projet de fin d'étude, nous tenons à remercier **Dieu**, le Tout-Puissant, pour son soutien constant, en nous accordant la santé, la volonté, la patience et la persévérance qui ont rendu possible l'aboutissement de ce travail.*

*Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à notre encadrante pédagogique, Mme **LEMERINI Wafaa**, pour nous avoir fait l'honneur de superviser notre travail. Son accompagnement constant, sa disponibilité et la pertinence de ses conseils ont été d'une grande valeur tout au long de cette expérience. Elle représente pour nous un véritable modèle de générosité, de modestie et de bienveillance. Nous sommes honorés d'avoir été ses étudiants au cours de ces dernières années.*

Nous remercions également chaleureusement les membres du jury pour l'honneur qu'ils nous font en acceptant d'assister à notre soutenance, de lire ce manuscrit et d'évaluer ce modeste travail.

*Nous tenons à exprimer notre gratitude à notre professeur, **M. BELYAGOUBI Larbi**, pour son soutien moral et matériel ainsi que pour sa précieuse contribution à la réalisation de ce travail.*

*Nous souhaitons également remercier le doctorant **M. ZATLA Ilyas** pour son aide précieuse.*

Nous souhaitons témoigner notre gratitude à tous les enseignants de la Faculté des Sciences Biologiques pour leur engagement et la qualité de l'enseignement dispensé tout au long de notre formation.

*Nous tenons à remercier tout particulièrement l'ensemble du personnel du laboratoire de chimie organique, substances naturelles et analyses (**COSNA**), ainsi que celui du laboratoire de microbiologie appliquée à l'agronomie, au biomédical et à l'environnement (**LAMAABE**) pour leur accueil chaleureux.*

Enfin, nous exprimons notre profonde reconnaissance à tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué par leur soutien et leur aide précieuse à l'accomplissement de ce travail.

Dédicace

Je dédie ce mémoire, aboutissement d'un chemin empreint d'efforts, de persévérance et de patience, avec tout mon amour, ma profonde gratitude et mon respect sincère :

*À **moi-même**. Pour ma patience, mon courage, ma persévérance et ma capacité à rester responsable et résiliente face aux défis. Ce parcours n'a pas été facile, mais je l'ai accompli avec dignité.*

*À mes parents, **Imen et Habibo**, piliers inébranlables de ma vie. Merci pour votre amour inconditionnel, vos prières silencieuses, votre patience sans limites et vos sacrifices quotidiens. Vous êtes la source de ma force et la lumière de mon chemin. Rien de tout cela n'aurait été possible sans vous.*

*À mes sœurs, **Serine et Lamis**, et à mon frère **Ali**, ma tendre **Nounou**. Merci pour votre présence constante, votre affection rassurante, et vos mots remplis de douceur qui ont apaisé mes doutes. Vous êtes mon refuge.*

*À ma **mamie**, à mon **papy**, et à toute ma **famille maternelle**, pour leur amour chaleureux, leur bienveillance constantetout au long de ce parcours.*

*À **Firdaous**, mon binôme et amie de cœur. Merci pour ta bienveillance, ton sérieux, ton écoute et ta joie de vivre. Ton soutien a rendu cette aventure plus belle, plus légère, et surtout plus humaine.*

*À mes chers amis, et tout particulièrement **Malek, Hazar, Imen, Dela et Mounir**. Merci pour votre amitié sincère, votre présence réconfortante, vos encouragements et tous ces moments partagés, empreints de chaleur, de rires et de complicité.*

*À Tata **Hafeda**, pour sa tendresse, ses conseils avisés et sa présence pleine de bonté. À **Rachid et Nesrine**, pour leur gentillesse constante.*

*À **Zahia**, pour son aide précieuse au fil des années, sa générosité dans la recherche et sa disponibilité sans faille.*

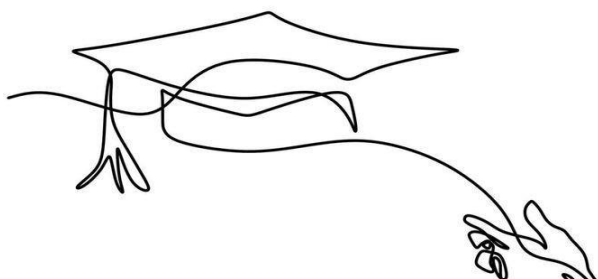
*À **Mouna**, pour son accompagnement en laboratoire. Merci pour ton dévouement, ton aide toujours offerte avec le sourire et ton esprit d'entraide.*

*À Madame et Monsieur **BENHAMIDET**, et au laboratoire Benhamidet née Sari : merci pour votre disponibilité, vos conseils et votre appui bienveillant, qui ont largement contribué à la concrétisation de ce travail.*

Enfin, à toutes celles et ceux qui, de près ou de loin, ont cru en moi et m'ont soutenue dans ce parcours : je vous adresse toute ma gratitude.

Merci du fond du cœur.

Shiraz



Dédicace

Je dédie cet événement marquant de ma vie, fruit de patience, de persévérance et de sacrifices, avec tout mon amour et ma reconnaissance :

À moi-même à ma personnalité, à mes capacités et à la force intérieure qui m'ont permis d'arriver jusqu'ici, malgré les obstacles et les épreuves. Je me rends hommage pour n'avoir jamais abandonné.

À ma mère, Je ne pourrai jamais te remercier à la hauteur de tout ce que tu as fait pour moi. Ta patience, ton amour et tes sacrifices sont les fondations de cette réussite.

À mon père, paix à son âme, Je ne doute pas un seul instant que tu serais fier de moi si tu étais encore à mes côtés. Ton absence est douloureuse, mais ton souvenir reste une source de force.

*À mon seul et unique frère, **Rachid**, pour ton soutien inconditionnel, ta patience, tes efforts et toutes tes paroles qui m'ont portée et motivée dans les moments de doute.*

*À ma grande et unique sœur **Nesrine**, ta douceur, tes conseils bienveillants et ta présence rassurante ont été essentiels tout au long de ce parcours.*

*À mes neveux, **Anfel et Wassim**, ces petits bouts de bonheur qui illuminent mes journées et remplissent ma vie d'amour et de joie.*

*À mon beau-frère, **Samir**, Tes encouragements, ton soutien moral et ta bienveillance ont eu une valeur immense pour moi.*

*À mon binôme **Shiraz**, une partenaire exemplaire et une amie précieuse. Merci pour ton écoute, ton implication, ton humour, ta patience et cette belle complicité qui ont marqué chaque étape de ce travail. Rien n'aurait été pareil sans toi.*

*À mes chères cousines paternelles, **Nihel et Douaa**, et maternelles, **Zahia et Hiba**, Votre présence, nos fous rires, notre lien familial si précieux... vous m'avez rechargée à chaque étape.*

*À mes amies de cœur, **Safaa et Selma**, Vous êtes la preuve que l'amitié sincère existe. Merci d'avoir été là.*

*À Tata **Imen** et Tonton **Habib**, ainsi qu'à **Serine et Lamis**, pour leur gentillesse, leur amour, leurs précieux conseils, leur aide et leurs sourires réconfortants.*

*À **Mouna**, pour son aide précieuse au laboratoire pratique, sa disponibilité et sa gentillesse. Merci pour ta générosité et ton esprit de collaboration.*

*À **Kiffance Shop**, ce lieu qui témoigne de tant d'heures de travail, de rêves, de sueur et de détermination. Ta présence m'a poussée à me dépasser, à donner plus, à croire en moi.*

*À Tata **Chahida** et Tonton **Amine** et au laboratoire **benhamidet** née **Sari** merci pour votre générosité, pour le matériel mis à disposition, pour vos conseils éclairés et votre présence bienveillante. Votre soutien, offert avec tant de gentillesse et d'amour, a grandement facilité ce travail, et je vous en suis profondément reconnaissante*

À toutes les personnes qui m'ont entourée, soutenue, aimée et crue en moi : je vous porte dans mon cœur avec reconnaissance.

Firdaous

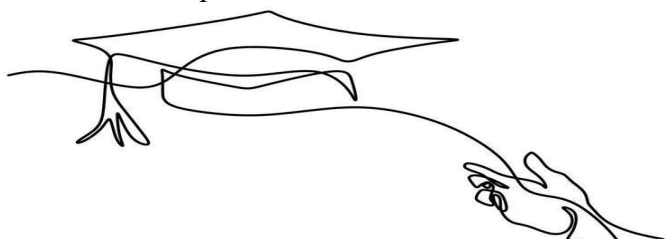


Table des matières

Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction	01
Partie bibliographique	04
Chapitre 1. Plantes médicinales	05
I. Les plantes médicinales.....	06
I.1. Définition.....	06
I.2. Historique.....	06
I.3. Action des plantes médicinales.....	07
II. La Phytothérapie.....	08
II.1. Définition.....	08
II.2. Phytothérapie et médecine traditionnelle dans le monde et en Algérie.....	08
II.3. Phytothérapie et complémentarité avec la médecine moderne.....	08
II.4. Avantages et inconvénients de la phytothérapie.....	09
III. Les plantes étudiées.....	10
III.1. <i>Nigella sativa L.</i>	10
III.1.1 Etymologie.....	10
III.1.2 Répartition géographique.....	10
III.1.3. Systématique botanique selon Guignard (2001)	10
III.1.4. Composition chimique.....	11
III.1.5. Activités pharmacologiques	12
III.1.6. Activité antibactérienne.....	12
III.1.7. Toxicité.....	13
III.2. <i>Linum usitatissimum L.</i>	14
III.2.1. Etymologie.....	14
III.2.2. Répartition géographique	14
III.2.3. Systématique botanique selon Guignard et Dupont (2015).....	14
III.2.4. Composition chimique	15
III.2.5. Activités pharmacologiques.....	15
III.2.6. Activités antimicrobiennes	16
III.2.7. Toxicité	16
III.3. <i>Trigonella foenum-graecum L.</i>	17
III.3.1. Etymologie.....	17
III.3.2. Répartition géographique et conditions de culture.....	17
III.3.3. Systématique botanique selon Ghadira et <i>al.</i> (2010).....	17
III.3.4. Composition chimique.....	18
III.3.5. Activités pharmacologiques.....	18
III.3.5.1. Activité antidiabétique.....	18
III.3.5.2. Activité antilipidémique.....	18
III.3.5.3. Activité anticarcinogène.....	18
III.3.5.4. Activité anti-inflammatoire.....	19
III.3.6. Activités antimicrobiennes.....	19
III.3.7. Toxicité	20
III.4. <i>Lepidium sativum L.</i>	21
III.4.1. Etymologie	21
III.4.2. Systématique botanique	21
III.4.3. Répartition géographique	21

III.4.4. Composition chimique	22
III.4.5. Activités pharmacologiques	23
III.4.5.1. Effet hépatoprotecteur.....	24
III.4.5.2. Effet hypoglycémiant et antioxydant.....	24
III.4.5.3. Effet anticancéreux.....	24
III.4.5.4. Effet hypocholestérolémiant.....	24
III.4.6. Activités antimicrobiennes.....	25
III.4.7. La toxicité	26
III.5. <i>Berberis vulgaris</i> L.....	27
III.5.1. Etymologie.....	27
III.5.2. Répartition géographique	27
III.5.3. Systématique botanique	27
III.5.4. Composition chimique	28
III.5.5. Activités pharmacologiques	28
III.5.5.1. Activité anti-inflammatoire.....	29
III.5.5.2. Activité anticancéreuse	29
III.5.5.3. Activité anti-métastatique	29
III.5.5.4. Activité antidiabétique	29
III.5.6. Activités antimicrobiennes	29
III.5.7. Toxicité	30
III.6. <i>Zingiber officinale</i> L.	31
III.6.1. Etymologie.....	31
III.6.2. Répartition géographique	31
III.6.3. Systématique botanique du gingembre.....	31
III.6.4. Composition chimique du gingembre.....	32
III.6.5. Activités pharmacologiques du gingembre	34
III.6.5.1. Activité anti-inflammatoire.....	34
III.6.5.2. Activité anticancéreuse.....	34
III.6.5.3. Activité antidiabétique.....	35
III.6.5.4. Activité antiémétique.....	35
III.6.5.5. Activité antioxydante.....	35
III.6.6. Activités antimicrobiennes.....	35
III.6.7. Toxicité	36
III.7. <i>Curcuma longa</i> L.	37
III.7.1. Etymologie.....	37
III.7.2. Classification botanique de la plante	37
III.7.3. Répartition géographique.....	38
III.7.4. Composition chimique.....	38
III.7.5. Activités pharmacologiques	39
III.7.5.1. Activité anti-inflammatoire.....	39
III.7.5.2. Activité anticancéreuse.....	39
III.7.5.3. Activité antioxydante	40
III.7.6. Activités antimicrobiennes.....	41
III.7.7. Toxicité	42
III.8. <i>Atriplex halimus</i> L.	43
III.8.1. Etymologie.....	43
III.8.2. Systématique botanique.....	43
III.8.3. Répartition Géographique.....	44
III.8.4. Composition chimique	44
III.8.5. Applications pharmacologiques.....	45

III.8.5.1	Activité antioxydante.....	46
III.8.5.2	Activité anti-inflammatoire.....	46
III.8.5.3	Activité anticancéreuse.....	46
III.8.5.4	Activité antiallergique.....	47
III.8.6	Activités antimicrobiennes.....	47
III.8.7	Toxicité	47
III.9	<i>Arisarum vulgare</i>	48
III.9.1	Etymologie.....	48
III.9.2	Classification botanique selon le <i>Royal Botanic Gardens, Kew</i> (2023).....	48
III.9.3	Répartition géographique.....	48
III.9.4	Composition chimique	48
III.9.5	Activités pharmacologiques.....	48
III.9.6	Activité antimicrobienne	49
III.9.7	Toxicité.....	49
III.10	<i>Aristolochia longa</i>	50
III.10.1	Etymologie	50
III.10.2	Classification botanique	50
III.10.3	Répartition géographique.....	51
III.10.4	Composition chimique	51
III.10.5	Activités pharmacologiques.....	51
III.10.5.1	Activités antidiabétiques.....	52
III.10.5.2	Activités antioxydantes.....	52
III.10.6	Activités antimicrobiennes.....	53
III.10.7	Toxicité.....	54
III.11	<i>Prunus persica</i> L.	55
III.11.1	Etymologie.....	55
III.11.2	Classification botanique.....	55
III.11.3	Origine et répartition géographique	55
III.11.4	Composition chimique.....	56
III.11.5	Applications pharmacologiques	57
III.11.5.1	Activité anthelminthique	58
III.11.5.2	Activité anti-inflammatoire	58
III.11.5.3	Activité antioxydante	59
III.11.5.4	Activité anticancéreuse.....	59
III.11.6	Activités antimicrobiennes.....	59
III.11.7	Toxicité.....	60
III.12	<i>Haloxylon articulatum</i>	61
III.12.1	Etymologie.....	61
III.12.2	Classification botanique.....	61
III.12.3	Répartition géographique.....	61
III.12.4	Composition chimique.....	62
III.12.5	Les activités pharmacologiques.....	62
III.12.6	L'activité antimicrobienne	62
III.12.7	Toxicité	63
Chapitre 2	Flore microbienne.....	64
I	Bactéries étudiées.....	65
I.1	<i>Staphylococcus aureus</i>	65
I.2	<i>Bacillus subtilis</i>	66
I.3	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	67
I.4	<i>Echerichia coli</i>	68

I.5. <i>Klebsiella pneumoniae</i>	69
I.6. <i>Candida albicans</i>	69
Partie pratique	70
I. Matériel et méthodes.....	71
I.1. Matériel.....	71
I.1.1. Matériel végétal.....	71
I.1.2. Matériel biologique	72
I.1.3. Milieux de culture.....	73
I.2. Méthodes	73
I.2.1. Préparation des extraits à partir du matériel végétal.....	73
I.2.2. Evaluation de l'activité antibactérienne.....	75
I.2.2.1. Stérilisation du matériel.....	75
I.2.2.2. Préparation des dilutions de l'extrait.....	75
I.2.2.3. Préparation des milieux de culture.....	76
I.2.2.4. Préparation de l'inoculum.....	76
I.2.2.5. Application de la technique de diffusion en puits.....	76
I.2.2.6. Détermination des concentrations inhibitrices (CMI).....	77
Résultats et Discussion	79
I. Résultats.....	80
I.1. Détermination du rendement d'extraction.....	80
I.2. Activité antibactérienne sur milieu solide.....	80
I.3. Méthode de détermination des concentrations inhibitrices (CMI).....	82
II. Discussion	83
Conclusion et perspectives	89
Références bibliographiques	91
Résumé	

Liste des abréviations

\pm : Plus ou moins (écart, incertitude)

% : Pourcentage

°C : Degré Celsius

\approx : Approximativement égal à

ABTS : 2,2'-Azino-bis(3-éthylbenzothiazoline-6-sulfonique)

ABTS•+ : Radical libre du ABTS

ADN : Acide Désoxyribonucléique

ALA : Acide α -linoléinique

ALP : Phosphatase alcaline

ALT : Alanine Aminotransférase

AmpC : β -lactamase de Type AmpC

ap. J.-C : Après Jésus-Christ

av. J.-C : Avant Jésus-Christ

ARN : Acide Ribonucléique

AST : Aspartate Aminotransférase

ATCC : American Type Culture Collection

BBR : Berbérine blaTEM-1 ; Gène codant la β -lactamase TEM-1

CAPM : (Probable modèle cellulaire ; sigle non défini dans ton fichier)

CI : Concentration Inhibitrice 50 %

CMI : Concentration Minimale Inhibitrice

COX : Cyclooxygenase

COX-2 : Cyclooxygenase-2

CPG : Chromatographie en Phase Gazeuse

DL : Dose Létale 50 %

DMSO : Diméthylsulfoxyde

DPPH : 2,2-Diphényl-1-picrylhydrazyle

DPPH•+ : Radical libre du DPPH

EAG : Équivalent d'Acide Gallique

EAT : Équivalent d'Acide Tannique

EQ : Équivalent de Quercétine

ERO : Espèces Réactives de l'Oxygène

ESBLs : Extended-Spectrum Beta-Lactamases

g : Gramme

GC-MS : Gas Chromatography – Mass Spectrometry

γ-GGT : Gamma-Glutamyl Transférase

gyrA : Gène codant la sous-unité A de l'ADN gyrase

H₂ O₂ : Peroxyde d'hydrogène

HeLa : Lignée cellulaire humaine (carcinome du col utérin)

HSV-1 : Herpes Simplex Virus type 1

HSV-2 : Herpes Simplex Virus type 2

IBMC : Institut de Biologie Moléculaire et Cellulaire

IL-6 : Interleukine 6 kg : Kilogramme

LDH : Lactate Déshydrogénase

LDL-cholestérol : Low-Density Lipoprotein Cholestérol

LSEE : LepidiumsativumEthanollicExtract

m₀ : Masse initiale

m₁ : Masse extraite / Masse finale

MCP-1 : Monocyte Chemoattractant Protein-1

mg : Milligramme

mL : Millilitre

MDA-MB-231 : Lignée cellulaire de cancer du sein humain triple négatif

MMP-3 : Matrix Metalloproteinase-3

MMP-9 : Matrix Metalloproteinase-9

μg : Microgramme

μL : Microlitre

Nf-κB : Nuclear Factor kappa B

nm : Nanomètre

NO : Oxydenitrique

Ns-D1 : *Nigella sativa* Defensin 1

Ns-D2 : *Nigella sativa* Defensin 2

OH : Groupe hydroxyle

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

parC : Gène codant la sous-unité C de la topoisomérase IV

PGPR : Plant Growth-Promoting Rhizobacteria

pH : Potentiel Hydrogène

PLP : Pyridoxal-5-phosphate

SDG : Sécoisolaricirésinoldigluco-side

SDG-SMG : Formes digluco-side et monogluco-side du SECO

SECO : Sécoisolaricirésinol

SGOT : Serum Glutamate Oxaloacetate Transaminase (\simeq AST)

SGPT : Serum Glutamate Pyruvate Transaminase (\simeq ALT)

SHU : Syndrome Hémolytique et Urémique

SMG : Sécoisolaricirésinolmonogluco-side

TQ : Thymoquinone

TNF- α : TumorNecrosis Factor alpha

TRPV1 : Transient ReceptorPotentialVanilloid 1

UFC : Unités Formant Colonies

UV : Ultraviolet

VAP : Ventilator-Associated Pneumonia

Liste des figures

Figure 1. Représentation chimique de la thymoquinone (Ojha et al., 2022).....	11
Figure 2. Fruit et graine de lin (Heli et al., 2007).....	14
Figure 3. Plante et graines de fenugrec.....	17
Figure 4. Plante et graines de <i>Lepidium sativum</i> L. (Hassan et al., 2011).....	21
Figure 5. Apparence de <i>Berberis vulgaris</i>	27
Figure 6. Principaux alcaloïdes isoquinoléiniques isolés de <i>Berberis vulgaris</i> L. et leurs organes d'origine.....	28
Figure 7. Répartition géographique du gingembre	31
Figure 8. Partie aérienne (Habtemariam, 2019) et rhizome (Faivre et al., 2006).....	32
Figure 9. Espèce végétale et les rhizomes Dorés du <i>Curcuma longa</i> L. (Leroy, 2019)	37
Figure 10. <i>Aristolochia longa</i> (Belrostom) (Laouedj, 2017).....	50
Figure 11. <i>Prunus persica</i> L.....	55
Figure 12. <i>Zingiber officinale</i> (زنجبيل)	71
Figure 13. <i>Atriplex halimus</i> (القطف).....	71
Figure 14. <i>Berberis vulgaris</i> اغريس	71
Figure 15. <i>Haloxylon articulatum</i> الرمث	71
Figure 16. <i>Aristolochia longa</i> برتسم	72
Figure 17. <i>Cresson alénois</i> حب الرشاد.....	72
Figure 18. <i>Nigella sativa</i> حبة السوداء	72
Figure 19. <i>Arisarum vulgare</i> البقوة.....	72
Figure 20. <i>Trigonella foenum-graecum</i> الحلبة.....	72
Figure 21. <i>Prunus persica</i> ورق الخوخ	72
Figure 22. <i>Curcuma longa</i> كركم.....	72
Figure 23. <i>Linum usitatissimum</i> زريعة الكتان	72
Figure 24. Etapes d'extraction par macération à froid.....	74
Figure 25. Filtration des extraits	74
Figure 26. Schéma récapitulatif de l'extraction à partir du mélange de plantes.....	75
Figure 27. Extrait obtenue.....	80

Liste des tableaux

Tableau 1. Constituants chimiques des graines de <i>Nigella sativa</i> (Al-Jassir, 1992; Al-Saleh et al., 2006; Babayan et al., 1978; Hashim et El-Kiey, 1982; Menounos et al., 1986; Rathee et al., 1982)	11
Tableau 2. Souches de référence employées dans l'évaluation de l'activité antimicrobienne.....	73
Tableau 3. Milieux de culture employés pour la prolifération microbienne et les tests d'activité antimicrobienne.....	73
Tableau 4. Paramètres d'extraction et rendement obtenu.....	80
Tableau 5. Boîtes de pétris après incubation montrant les zones d'inhibition des différentes souches.	81
Tableau 6. Les résultats obtenus de l'activité antibactérienne sur milieu solide d'extrait alcoolique des plantes.....	81
Tableau 7. Gradient de concentrations de l'extrait végétal utilisé pour le test de CMI.....	82
Tableau 8. Résumé de la mise en perspective de nos observations expérimentales avec les travaux antérieurs.....	83

Introduction

INTRODUCTION

Depuis des millénaires, les plantes ont représenté une source précieuse de traitements pour l'humanité, notamment en raison de la richesse de leurs composés bioactifs (**Kumar Gupta et Sharma, 2014 ; Khan et al., 2019**). Aujourd'hui encore, la médecine traditionnelle, en particulier la phytothérapie, continue de jouer un rôle central dans les soins de santé primaires, notamment dans les pays en voie de développement où 80 % de la population y a recours (**Organisation mondiale de la Santé [OMS], 2020**). La phytothérapie, issue du grec "phuton" (plante) et "therapeia" (traitement), est une discipline médicale qui utilise les plantes entières ou leurs extraits pour prévenir et soigner divers troubles fonctionnels ou pathologiques (**Chabrier, 2010 ; Strang, 2006**).

Les composés issus des plantes tels que les alcaloïdes, les terpénoïdes et surtout les composés phénoliques, possèdent de nombreuses propriétés biologiques et pharmacologiques. Ces substances présentent une faible toxicité, une biodisponibilité intéressante et sont connues pour leurs effets antioxydants, anti-inflammatoires, antibactériens et anticancéreux (**Boukeria et al., 2019 ; Mghezzi-Habellah et al., 2016**). De fait, elles constituent un véritable vivier pour le développement de nouveaux médicaments naturels aux effets thérapeutiques multiples.

Le cancer, qui représente aujourd'hui la deuxième cause de mortalité dans le monde, demeure un défi majeur de santé publique, particulièrement dans les pays du Maghreb comme l'Algérie. La lourdeur des traitements conventionnels tels que la chimiothérapie et la radiothérapie, souvent associés à de sévères effets indésirables, pousse de nombreux patients à se tourner vers des alternatives plus naturelles, telles que les plantes médicinales (**Tshibangu et al., 2016**). La recherche de nouveaux composés d'origine végétale aux propriétés anticancéreuses représente donc une piste prometteuse.

L'Algérie, de par sa position géographique et son étendue, abrite une flore exceptionnelle avec environ 3000 espèces végétales dont 15 % sont endémiques (**Boukerker et al., 2016**). Pourtant, ce potentiel pharmacologique reste largement sous-exploité (**Matés et al., 1999**). Les savoirs traditionnels liés à l'usage des plantes en Afrique, riches et diversifiés, méritent une valorisation scientifique rigoureuse (**Boukerker et al., 2016**).

Ce travail a pour objectif d'évaluer l'activité antimicrobienne d'un mélange de plantes médicinales, traditionnellement utilisé dans le traitement de certaines affections chez des patients atteints de cancer. Bien que ce mélange soit connu pour ses usages empiriques dans un cadre anticancéreux, l'étude se concentre exclusivement sur la validation scientifique de son potentiel antimicrobien *in vitro*, à travers des tests réalisés sur des souches bactériennes et fongiques de référence. Cette démarche vise à contribuer à la valorisation de la pharmacopée traditionnelle en identifiant des extraits végétaux actifs contre les agents pathogènes.

Partie

bibliographique

Chapitre 1.

Plantes médicinales

I. Les plantes médicinales

I.1. Définition

Les plantes médicinales sont des végétaux dont au moins une partie présente des propriétés thérapeutiques (**Omar et Mohammed, 1993**). Elles interviennent dans divers domaines sous forme de principes actifs, d'huiles, d'extraits, de solutions aqueuses ou organiques, ou même utilisées telles quelles (**Ahmad, 1995**). Elles renferment, au sein de leurs organes, un ou plusieurs principes actifs utilisables à des fins thérapeutiques. Autrement dit, ce sont des plantes servant à prévenir, soulager ou guérir différents troubles.

Ces plantes, appelées drogues végétales, possèdent au moins une partie à valeur médicinale (**Farnsworth et al., 1986**). On estime à environ 35 000 le nombre d'espèces végétales utilisées dans le monde à des fins médicales, constituant ainsi l'un des plus vastes ensembles de biodiversité exploités par l'homme. Malgré l'expansion de la médecine moderne, les plantes médicinales continuent de satisfaire un besoin important (**Elqaj et al., 2007**).

I.2. Historique

Le recours aux plantes pour se soigner remonte à la préhistoire, et toutes les civilisations de tous les continents y ont eu recours. Malgré les avancées des chimistes, plus de 25 % des médicaments prescrits dans les pays industrialisés dérivent directement ou indirectement de plantes (**Newman et al., 2000**).

En effet, les traditions humaines ont su reconnaître les propriétés apaisantes et analgésiques des plantes, et ont développé une riche connaissance de leur usage thérapeutique (**Verdrager, 1978**). Parmi les pionniers dans ce domaine, on compte plusieurs médecins de l'Antiquité : le Grec Hippocrate (460 - vers 377 av. J.-C.), Dioscoride (Ier siècle ap. J.-C.), Galien (vers 131 - vers 201), ainsi que le Romain Pline l'Ancien (23 - 79), célèbre pour son œuvre *Histoire naturelle* en 37 volumes. Dioscoride, successeur spirituel d'Hippocrate et médecin militaire sous Néron, décrit environ 600 plantes dans sa *Materia Medica*. Galien, pour sa part, utilisait ces plantes dans ses préparations magistrales, influençant la médecine pendant près de quinze siècles (**Verdrager, 1978**).

Jusqu'au XIXe siècle, les médecins se contentaient, pour l'essentiel, de ce que l'on appelait « la pharmacie du bon Dieu ». Puis, les chimistes parvinrent à isoler les principes actifs de certaines plantes majeures, comme la quinine issue du quinquina ou la digitaline de la digitale. Au début du XXe siècle, ces recherches ont permis la fabrication de molécules synthétiques.

I.3. Action des plantes médicinales

La majorité des espèces végétales à travers le monde contiennent des principes actifs ayant des effets thérapeutiques sur le corps humain. Elles sont utilisées aussi bien dans la médecine classique que dans la phytothérapie, car elles présentent souvent des atouts absents des médicaments de synthèse. Dans des situations extrêmes, la médecine moderne reste essentielle pour soulager les patients et sauver des vies. Un article de presse de 1993 rapportait le cas d'un hôpital à Sarajevo, durant le siège de la ville, où les médecins, faute de médicaments, utilisaient une plante répandue en Europe : la valériane (*Valeriana officinalis*). Elle servait alors d'analgésique et d'anesthésiant pour soigner les blessés. Cette plante, reconnue pour apaiser l'anxiété et les tensions nerveuses, contient des principes actifs à effet sédatif, bien que leur mécanisme d'action reste encore mal connu.

Certaines plantes contiennent des principes actifs très puissants, voire dangereux à faibles doses. Le simple fait qu'il s'agisse de plantes ne garantit pas leur innocuité. C'est pourquoi la culture de certaines espèces est réglementée, comme celle du pavot, réservée en France à l'usage pharmaceutique uniquement. Par ailleurs, la pharmacologie reconnaît les bienfaits de plusieurs plantes et cherche à en extraire les principes actifs. Cependant, la consommation brute de plantes entraîne l'ingestion de nombreux autres composés, rendant la dose réelle de principe actif difficile à maîtriser, ce qui peut provoquer un sous-dosage ou un surdosage. Pour certains phytothérapeutes, les composés secondaires présents dans la plante permettent d'atténuer les effets secondaires, grâce à des interactions complexes. Par exemple, la distillation de la lavande révèle plus de 200 molécules, parmi lesquelles des cétones et des coumarines, dont la toxicité est réduite lorsqu'elles sont associées. En effet, la composition d'une plante varie selon les spécimens, car elle dépend du sol, de l'humidité, de la température, de l'ensoleillement... Il est également essentiel de veiller à la qualité et à la provenance des plantes utilisées. Des plantes récoltées dans des zones polluées, mal séchées, conservées ou stockées de manière inadéquate peuvent voir leurs propriétés altérées (**Gahbiche, 2009**).

II. La Phytothérapie

II.1. Définition

La phytothérapie désigne l'utilisation des plantes médicinales ou de leurs extraits dans un but thérapeutique. Le terme provient du grec *phyton* (plante) et *therapeuein* (soigner), et renvoie à l'art de traiter les maladies à l'aide de végétaux. Cette pratique repose sur une connaissance précise des propriétés pharmacologiques des plantes et de leurs principes actifs naturels, capables d'interagir avec l'organisme humain. Bien qu'elle soit souvent qualifiée de "médecine douce", cette appellation peut prêter à confusion : certaines plantes peuvent présenter une toxicité en cas de mauvaise utilisation, d'où la nécessité d'un encadrement rigoureux (Salle, 1991 ; Chabrier, 2010 ; Iserin et al., 2001).

La phytothérapie se divise généralement en deux approches complémentaires. La phytothérapie traditionnelle s'appuie sur une logique de substitution : elle utilise les plantes pour soulager directement les symptômes d'une affection, sur la base de savoirs empiriques transmis oralement. En parallèle, la phytothérapie clinique adopte une vision plus globale, prenant en compte le terrain du patient, c'est-à-dire son état physiologique général, pour rétablir un équilibre durable (Wichtlet Anton, 1999).

II.2. Phytothérapie et médecine traditionnelle dans le monde et en Algérie

La phytothérapie reste un pilier de la médecine traditionnelle dans de nombreuses régions. L'Organisation mondiale de la santé (OMS) estime que plus de 80 % de la population des pays en développement y a recours pour répondre à des besoins de santé primaires, en particulier dans les zones à faible accès aux soins modernes (Bousta et Ennabili, 2001). En Algérie, l'utilisation des plantes médicinales est profondément ancrée dans les pratiques populaires. Le pays dispose d'une flore particulièrement riche, avec environ 3 000 espèces végétales, constituant une ressource médicinale précieuse (Bouzabata, 2016).

II.3. Phytothérapie et complémentarité avec la médecine moderne

De nos jours, la phytothérapie est utilisée aussi bien dans un cadre traditionnel qu'en complément de la médecine allopathique. De nombreuses plantes sont reconnues pour leurs effets thérapeutiques, et leurs principes actifs sont désormais intégrés à la fabrication de médicaments et de compléments alimentaires. Ces substances naturelles, souvent mieux tolérées que certaines molécules de synthèse, suscitent un intérêt croissant, notamment dans les domaines de la prévention et du bien-être (Iserin et al., 2001).

Toutefois, leur utilisation doit rester prudente, car l'automédication non encadrée peut comporter des risques. Ainsi, la phytothérapie représente un pont entre les savoirs traditionnels et les avancées scientifiques, et trouve pleinement sa place dans les approches contemporaines de la santé, notamment dans les recherches sur l'activité antimicrobienne des plantes.

II.4. Avantages et inconvénients de la phytothérapie

Même si la médecine moderne a connu des avancées considérables, la phytothérapie présente encore de nombreux atouts. Pendant des millénaires, bien avant l'apparition des médicaments de synthèse, l'être humain s'est soigné uniquement avec les plantes, que ce soit pour des affections bénignes comme le rhume ou la toux, ou des maladies plus graves telles que la tuberculose ou la malaria (**Iserin et al., 2007**).

Aujourd'hui, on observe un regain d'intérêt pour les traitements à base de plantes. Cela s'explique notamment par la perte d'efficacité de certains médicaments, comme les antibiotiques, face à l'apparition de bactéries et de virus de plus en plus résistants. La phytothérapie, fondée sur des remèdes naturels, est en général bien tolérée par l'organisme. Elle est souvent utilisée en complément de la médecine classique, notamment dans la prise en charge des maladies chroniques telles que l'asthme ou l'arthrite (**Iserin et al., 2007; Nadia, 2009**).

Malgré ses bienfaits, la phytothérapie comporte aussi certaines limites. Les plantes médicinales contiennent une grande diversité de composés, dont certains peuvent avoir une activité biologique marquée. Cela peut entraîner des effets secondaires réels (**Patrick, 2002**).

Aussi, le principe actif d'une plante est souvent présent en faible concentration, ce qui peut rendre les préparations naturelles moins puissantes que les substances isolées sous forme pure (**Patrick, 2002**).

IV. Les plantes étudiées

III.1. *Nigella sativa* L.

III.1.1 Etymologie

Le nom du genre « nigelle » découle du latin « niger » ou « nigellus » qui signifie noirâtre, se référant à la couleur noire de ses graines. Quant au nom d'espèce « *sativa* », il signifie « semer » ou « cultiver » car *Nigella sativa* est une variété cultivée spécialement pour ses graines comestibles à usage culinaire comme épice ou à des fins cosmétiques et médicinales.

Noms communs de *Nigella sativa* L. (**Kokoska, 2011**)

Anglais: Black cumin, small fennel, fennel flower

Français: Cumin noir, nigelle cultivée, toute-épice

Arabe: Habbet-el baraka, habba-tu sawda, Kamun-aswad

III.1.2 Répartition géographique

Les pays producteurs de la nigelle sont principalement la Syrie, l'Égypte, l'Arabie Saoudite, la Turquie, l'Iran, le Pakistan et l'Inde (**Khithar, 2011**). Cette plante se développe principalement dans des sols limoneux, en particulier en Europe du Sud, en Afrique du Nord et en Asie du Sud-Ouest. Elle est également cultivée dans la région méditerranéenne du Moyen-Orient. En Algérie, la culture de la nigelle reste limitée et traditionnelle, concentrée dans certaines régions telles que Ouargla, Biskra, Timimoun, Adrar, Médéa et Skikda (**Mokkedem, 2004; Bousbia, 2004; Benkaci-Ali, 2007**).

III.1.3. Systématique botanique selon Guignard (2001)

Sous règne	Cormophytes
Embranchement	Spermaphytes
Sous-embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotylédones
Sous-classe	Dialypétales
Série	Thalamiflores
Ordre	Rénales
Famille	Renonculacées
Tribu	Helléborées. <i>Nigella</i>
Genre	<i>Nigella</i>
Espèce	<i>Nigella sativa</i>

III.1.4. Composition chimique

• **L'huile fixe** de *Nigella sativa* représente 37,9 à 39,2 % du poids total de la graine. Elle est composée principalement de lipides neutres (96,1 à 97,2 %), ainsi que de lipides polaires (3 %) et des phospholipides (0,32 à 1,05 %) (**Ramadan et Mörsel, 2002**). L'huile fixe de *Nigella sativa* se caractérise par la présence de quinones, telles que la thymoquinone et la thymohydroquinone, ainsi que d'un composé phénolique, le thymol. Ces quinones sont les principaux composés actifs de l'huile de nigelle et lui confèrent d'importantes propriétés pharmacologiques. Par ailleurs, elles constituent des marqueurs de l'huile essentielle, la thymoquinone étant parfois l'un de ses composants dominants (**Orsi-Llinares, 2005**).

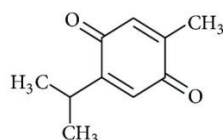


Figure 1. Représentation chimique de la thymoquinone (**Ojha et al., 2022**)

• **L'huile essentielle** de *Nigella sativa* constitue entre 1,4 et 1,9 % du poids de l'huile fixe et 0,18 à 0,50 % du poids total des graines. Une étude menée sur l'huile essentielle de *Nigella sativa* cultivée au Sahara algérien, extraite par hydrodistillation et distillation par micro-ondes, a permis son analyse par CPG et GC-MS. Cette analyse a révélé la présence de 112 composés identifiés et caractérisés. Parmi eux, le p-cymène est systématiquement le composant le plus abondant, suivi de la thymoquinone (**Benkaci-Ali et al., 2007**).

Le tableau suivant résume les constituants des graines de *Nigella sativa*.

Tableau 1. Constituants chimiques des graines de *Nigella sativa* (**Al-Jassir, 1992; Al-Saleh et al., 2006; Babayan et al., 1978; Hashim et El-Kiey, 1982; Menounos et al., 1986; Rathee et al., 1982**)

Constituant	Quantité (%)
Lipides	30-35
Protéines	16-21
Glucides	33-34
Fibres alimentaires	4,5-6,5
Sels minéraux	3,7-7
Saponines	0,013

III.1.5. Activités pharmacologiques

De nombreuses études ont été menées sur les plantes médicinales, notamment *Nigella sativa* L. Ces recherches se sont concentrées sur l'action de ses extraits, aussi bien au niveau cellulaire (*in vivo*) qu'en laboratoire (*in vitro*), afin de valider et confirmer ses usages thérapeutiques traditionnels. En effet, les huiles de *Nigella sativa* L. ont démontré diverses propriétés médicinales contre plusieurs pathologies. Elles sont reconnues pour leurs effets antidiabétique (AI-Hader et al., 1993), antioxydants (Kehili et al., 2017), anti-inflammatoires (El-Dakhkhny et al., 2002; Hajhashemi et al., 2004), antibactériens et antifongiques (Ali et Blunden, 2002), anti-cancereux (Awad, 2005). De plus, un effet stimulant sur le système immunitaire (Ghedira, 2010).

III.1.6. Activité antibactérienne

L'extrait de *Nigella sativa* a montré une activité antibactérienne significative contre 11 espèces, incluant des bactéries Gram-positives comme *Staphylococcus aureus* et Gram-négatives telles que *Pseudomonas aeruginosa* et *Escherichia coli*. Il a également révélé un effet synergique en combinaison avec la streptomycine et la gentamycine, ainsi qu'une interaction additive avec plusieurs antibiotiques, notamment la spectinomycine, l'érythromycine, la tobramycine, la doxycycline, le chloramphénicol, l'acide nalidixique, l'ampicilline, la lincomycine et l'association sulfaméthoxazole-triméthoprim. Ces résultats confirment le potentiel antimicrobien de l'extrait (Hanafy et Hatem, 1991).

L'extrait méthanolique des graines de *Nigella sativa* a montré une zone d'inhibition plus importante contre les bactéries Gram-positives, telles que *Streptococcus pyogenes*, ainsi que contre certaines bactéries Gram-négatives comme *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae* et *Proteus vulgaris* (Hasan, 2013).

Par ailleurs, la thymoquinone (TQ), principal composé actif de l'huile essentielle de *Nigella sativa*, a démontré une activité antibactérienne significative, particulièrement contre les cocci à Gram positif, avec des valeurs de concentration minimale inhibitrice (CMI) variant entre 8 et 32 µg/ml. De plus, la concentration minimale d'inhibition du biofilm a été mesurée à 22 µg/ml pour *Staphylococcus aureus* et 60 µg/mL pour *Staphylococcus epidermidis* (Chaieb et al., 2011).

L'huile essentielle et l'extrait de *Nigella sativa*, principalement grâce à la TQ, ont également prouvé leur forte activité antifongique contre diverses souches de dermatophytes, notamment *Trichophyton mentagrophytes*, *Microsporum canis* et *Microsporum gypseum* (Mahmoudvand et al., 2014). De plus, l'extrait aqueux de *Nigella sativa* a montré un effet inhibiteur contre la candidose, entraînant une réduction significative du nombre de *Candida* dans différents organes chez des souris post-traitées : 5 fois moins dans les reins, 8 fois moins dans le foie et 11 fois moins dans la rate (Khan et al., 2003).

Enfin, deux nouvelles défensines, nommées Ns-D1 et Ns-D2, ont été isolées et séquencées à partir des graines de *Nigella sativa*. Ces peptides antimicrobiens ont démontré une forte activité antifongique contre plusieurs champignons phytopathogènes (Rogozhin et al., 2011)

III.1.7. Toxicité

La toxicité de la nigelle est bien connue des herboristes. Son utilisation est recommandée uniquement à faible dose, que ce soit par voie interne, externe, en fumigation ou en inhalation. Un surdosage de graines de *Nigella sativa* peut s'avérer mortel (Zaghlol et al., 2012). Un excès thérapeutique peut également entraîner des avortements. Cette toxicité, comme celle observée chez la plupart des espèces de la famille des Renonculacées, est principalement liée à la présence de quantités élevées de saponines et d'alcaloïdes dans les graines de nigelle (Meziti, 2009).

III.2. *Linum usitatissimum* L.

III.2.1. Etymologie

Le terme *Linum* dérive du mot celtique "lin", signifiant "fil", tandis que, *usitatissimum* provient du latin et signifie "le plus utile" ou "lin aux multiples usages" (Muir et Neil, 2003).

Nom anglais : Lin ou flax ou linseed

Nom arabe : Zerriat al kettane (زريرة الكتان) (El Abdali, 2017).

III.2.2. Répartition géographique

Le *Linum usitatissimum* L. est originaire du Moyen-Orient, d'Asie de l'Ouest et du bassin méditerranéen (Iserin, 2001). Autrefois, il était largement cultivé en Égypte et en Europe, où il servait principalement à la fabrication de papier et de textiles.

Aujourd'hui, en France, la culture du lin est principalement concentrée dans le Nord-Ouest. Le lin fibre est majoritairement cultivé en France, Belgique et aux Pays-Bas, tandis que le lin graine, lui, n'a été introduit en Europe qu'après la Seconde Guerre mondiale.

Actuellement, le Canada est le plus grand producteur de lin, représentant environ 38 % de la production mondiale, suivi par la Chine, les États-Unis, l'Inde et l'Union Européenne (FAOSTAT, 2008).

III.2.3. Systématique botanique selon Guignard et Dupont (2015)

Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheobionta
Division	Magnoliophyta
Sous-division	Angiospermes
Classe	Magnoliopsida
Sous-classe	Rosidae
Ordre	Linales
Famille	Linaceae
Genre	<i>Linum</i>
Espèce	<i>Linum usitatissimum</i> L.



Figure 2. Fruit et graine de lin (Heli et al., 2007)

III.2.4. Composition chimique

La composition de la graine varie en fonction de son degré de maturité, ainsi que des conditions biotiques et abiotiques de culture (**Hall et al., 2006**). La graine de lin englobe de nombreux composés et éléments biologiquement actifs, y compris l'acide linoléique, l'acide α -linoléique (**Shim et al., 2014**). Les graines de lin sont composées majoritairement d'huile (30 à 45 %), de protéines (10 à 30 %) et de fibres alimentaires (25-32 %) mais également de composés secondaires (**Daun et al., 2003; Coskuner et Karababa, 2007**).

Les graines de lin possèdent une teneur particulièrement élevée en lignanes, avec des concentrations de 75 à 800 fois supérieures à celles des autres graines oléagineuses (**Nesbitt et al., 1999**).

Les graines de lin, contenant 35 à 45 % d'huile, sont classées parmi les graines oléagineuses (**Daun et al., 2003**). L'huile de lin est principalement constituée de cinq types d'acides gras : acide palmitique (4 à 6 %), acide stéarique (2 à 3 %), acide oléique (10 à 22 %), acide linoléique (12 à 18 %) et une teneur particulièrement élevée en acide α -linoléique (50 à 62 %).

Reconnue pour ses bienfaits sur la santé, l'huile de lin est recommandée aux personnes atteintes de sclérose en plaques ou de diabète. Elle agit également sur les systèmes hormonal et immunitaire et contribue à la protection des membranes gastriques et urinaires (**Muir et Westcott, 2003**). En usage externe, elle est appréciée pour ses propriétés adoucissantes et émoullientes, ce qui la rend idéale pour le soin du visage, des peaux irritées et du corps.

III.2.5. Activités pharmacologiques

La composition des graines de lin leur confère des propriétés thérapeutiques prometteuses. Elles possèdent un effet laxatif et anti-inflammatoire et contribuent à la réduction de l'inflammation. Il a également été démontré que cette plante exerce des effets sur le système respiratoire et urinaire. Elle s'avère efficace contre la toux chronique, la bronchite, l'emphysème et la cystite chronique. De plus, elles stimulent le système immunitaire et favorisent la santé cardiovasculaire. Elles possèdent aussi des propriétés anti-obésité (**Iserin et al., 2001; Halligudi, 2012**).

III.2.6. Activités antimicrobiennes

Les graines de lin possèdent une activité antimicrobienne qui se manifeste à travers des effets antifongiques et antibactériens. Plusieurs études ont démontré que cette propriété est étroitement liée à la présence de polyphénols naturels, notamment les lignanes glycosylés (SDG-SMG) ainsi que leurs formes aglycones (**Pag et al., 2014**).

Des études ont démontré que les acides gras interviennent dans la lutte contre les micro-organismes nuisibles en ralentissant leur croissance, faisant ainsi partie des principaux composants des additifs alimentaires antibactériens. De plus, la recherche a mis en évidence que les résidus issus de l'extraction de l'huile de lin, connus sous le nom de tourteaux de graines, ne se composent pas uniquement d'huile et de fibres, mais possèdent également une activité antimicrobienne. Cette propriété est attribuée à la présence de substances acides et de composés hautement phénoliques aux effets antimicrobiens (**Zuk et al., 2014**). Par ailleurs, l'huile de lin s'est révélée efficace contre plusieurs micro-organismes pathogènes, notamment *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus agalactiae*, *Enterococcus faecalis*, *Micrococcus xanthanus*, *Bacillus subtilis* et *Candida albicans* (**Kaithwas et al., 2011**).

III.2.7. Toxicité

L'utilisation des graines de lin nécessite une certaine prudence en raison du risque d'occlusion intestinale ou œsophagienne. Les graines de lin sont contre-indiquées chez les personnes ayant des antécédents personnels ou familiaux de cancers hormonodépendants, tels que le cancer du sein ou des ovaires. La lignane contenue dans le lin fait partie des phytoestrogènes et pourrait ainsi stimuler directement une tumeur œstrogéno-dépendante (**Hanou, 2018**).

Ces graines sont également déconseillées en cas de maladies thyroïdiennes, car elles contiennent des cyanogènes, qui sont convertis dans l'organisme en thiocyanate, une substance qui inhibe l'absorption de l'iode par la glande thyroïde (**Hanou, 2018**). L'utilisation du lin dans le traitement des troubles de la ménopause ne doit pas se faire sans avis médical. Il est également proscrit chez les personnes ayant des antécédents de cancer du sein. Il est recommandé de surveiller la qualité des farines de lin, car une farine périmée peut présenter un risque pour la santé. Enfin, le lin ne doit pas être utilisé en cas d'occlusion intestinale et ne doit jamais être administré à un enfant de moins de 6 ans sans avis médical (**Rédaction Medisite, 2011**).

III.3. *Trigonella foenum-graecum* L.

III.3.1. Etymologie

Le fenugrec est une plante herbacée annuelle appartenant à la famille des Fabaceae. Connu sous le nom arabe l'helba, son appellation botanique est *Trigonella foenum-graecum* L. Il est également désigné sous d'autres noms tels que trigonelle, sénégrain ou trigonelle fenugrec. Ses graines, souvent appelées graines joyeuses, présentent une forme prismatique à laquelle le genre *Trigonella* doit son nom, dérivé du latin *trigonus* signifiant triangle. Quant au terme fenugrec, il trouve son origine dans le latin *foenumgraecum*, qui signifie foin grec (**Rahmani et al., 2015**).



Figure 3. Plante et graines de fenugrec

III.3.2. Répartition géographique et conditions de culture

Originaire d'Afrique du Nord, du Moyen-Orient et d'Inde, le fenugrec se développe facilement dans les régions méditerranéennes. Sa culture ne requiert qu'un sol calcaïque et une légère humidité (**MoradiKor et al., 2013**). Aujourd'hui, il est cultivé dans de nombreuses régions à travers le monde (**El Nasri et El Tinay, 2007; Feyzi et al., 2015**).

III.3.3. Systématique botanique selon Ghadira et al. (2010)

Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheobionta
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous-classe	Rosidae
Famille	Fabaceae
Genre	<i>Trigonella</i>
Espèce	<i>Trigonella foenum-graecum</i> L.

III.3.4. Composition chimique

Les graines de fenugrec sont riches en divers constituants, parmi lesquels figurent les acides phénoliques, qui représentent les principaux polyphénols alimentaires (**Waston et al., 2013**). Présents dans tous les fruits et légumes, ils constituent environ un tiers de la teneur totale en polyphénols de l'alimentation (**Sharma et al., 2015**). Ces composés naturels jouent un rôle essentiel en raison de leurs propriétés pharmacologiques, notamment leurs effets antioxydants, antiviraux et antibactériens (**Cazes, 2005**). On distingue deux principales formes d'acides phénoliques : les dérivés de l'acide benzoïque et les dérivés de l'acide cinnamique (**Waston et al., 2013**). Ils contiennent aussi des protéines (28 – 30 %), des glucides (20 – 45 %) et aussi des lipides, huile grasse (6– 10 %).

III.3.5. Activités pharmacologiques

III.3.5.1. Activité antidiabétique

Le fenugrec est reconnu pour ses propriétés antidiabétiques, principalement grâce à la présence de saponines et de diosgénine qui jouent un rôle clé dans la régulation du taux de sucre dans le sang (**Aher et al., 2016**). Les fibres solubles contenues dans le fenugrec ralentissent la digestion et l'absorption des glucides, ce qui améliore la réponse de l'organisme à l'insuline et contribue ainsi à un effet hypoglycémiant (**Hannan et al., 2007; Ramulu et al., 2011**).

III.3.5.2. Activité antilipidémique

Les graines de fenugrec possèdent également des propriétés bénéfiques sur le métabolisme des lipides. Elles sont capables de réduire le taux de cholestérol, de triglycérides et de lipoprotéines, ce qui en fait un allié naturel pour le contrôle du cholestérol sanguin (**Olaiya et al., 2014**).

III.3.5.3. Activité anticarcinogène

Des études ont montré que le fenugrec pourrait avoir des effets protecteurs chez les patients atteints de cancer et suivant une chimiothérapie (**Aher et al., 2016**). Sa consommation permettrait de réduire la concentration de polyamines dans les tissus tumoraux et de freiner la prolifération des cellules cancéreuses, tout en épargnant les cellules saines (**Al-Asadi et al., 2014**).

III.3.5.4. **Activité anti-inflammatoire**

Le fenugrec possède des propriétés anti-inflammatoires, probablement attribuées à la présence de flavonoïdes. Ces composés agissent comme de puissants antioxydants et pourraient inhiber l'activité de la cyclooxygénase, de la lipoxygénase et de la synthèse de l'oxyde nitrique, contribuant ainsi à réduire l'inflammation (**Aher et al., 2016**).

III.3.6. **Activités antimicrobiennes**

Le fenugrec présente également une activité antibactérienne notable grâce à ses extraits aqueux et éthanoliques (**Bhatti et al., 1996**). L'analyse des extraits de feuilles, de graines et de tiges de fenugrec obtenus à l'aide de méthanol, d'acétone ou d'eau a montré une action contre *Escherichia coli* et *Staphylococcus* isolés à partir de chou avarié. C'est l'extrait méthanolique des feuilles qui a montré l'effet antibactérien le plus marqué, tandis que l'extrait aqueux était le moins efficace (**Sharma et al., 2017**).

Par ailleurs, **Mercan et al. (2007)** ont observé que les échantillons de miel ayant la plus forte activité antibactérienne contre plusieurs bactéries, notamment *Staphylococcus aureus*, *E. coli* et *Pseudomonas aeruginosa*, contenaient une concentration élevée de pollen de fenugrec par rapport à d'autres plantes. D'autres travaux ont aussi révélé que les extraits de fenugrec peuvent agir contre *Helicobacter pylori* (**Randhir et al., 2004**).

Des études ont montré que les inhibiteurs de l' α -amylase présents dans l'extrait de fenugrec pourraient interagir avec les sites actifs des enzymes spécifiques aux substrats, contribuant à l'inhibition de la croissance de *Pseudomonas spp.*, *Escherichia coli*, *Shigella dysenteriae* et *Salmonella typhi* (**Aher et al., 2016**).

En outre, l'huile grasse extraite des graines de fenugrec a démontré une activité antifongique significative contre *Aspergillus niger* et *Aspergillus fumigatus* (**Al-Asadi et al., 2014**).

Aussi, Les polyphénols jouent également un rôle clé dans la réduction de la virulence bactérienne. Ils peuvent inhiber la formation de biofilms, réduire l'adhésion des bactéries aux cellules hôtes et neutraliser les toxines bactériennes. De plus, ils sont capables d'agir en synergie avec certains antibiotiques, renforçant ainsi leur efficacité (**Daglia, 2011**).

III.3.7. Toxicité

Bien que la graine de fenugrec soit généralement considérée comme bien tolérée, certaines précautions restent nécessaires. Les études montrent qu'elle n'entraîne pas de modifications notables des paramètres hépatiques ou hématologiques (**Ghedira et al., 2010**). Toutefois, chez les personnes allergiques, notamment aux arachides ou aux pois chiches, des réactions d'hypersensibilité ont été rapportées. Ces réactions peuvent inclure des symptômes tels que l'écoulement nasal, une respiration sifflante, voire des malaises comme des étourdissements ou des pertes de connaissance, notamment après inhalation de la poudre (**Mau et al., 2005**).

De plus, le fenugrec contient des composés de type coumarine, susceptibles d'interférer avec la coagulation sanguine, ce qui pourrait augmenter le risque de saignement. Enfin, son usage est déconseillé pendant la grossesse, car certains composés présents dans les graines pourraient stimuler l'utérus et entraîner des effets indésirables sur le développement du fœtus (**Bruneton, 2009**).

III.4. *Lepidium sativum* L.

III.4.1. Etymologie

Lepidium sativum L., également connu sous le nom de cresson alénois, est une plante herbacée annuelle appartenant à la famille des Brassicaceae (**Ahmad et al., 2021**). Elle est considérée comme l'une des plantes médicinales majeures et est couramment employée dans les traitements traditionnels (**Golkar et al., 2019**). En plus de ses usages médicaux, elle est largement cultivée pour ses jeunes pousses comestibles et sa grande capacité d'adaptation à divers climats. Sur le plan ethnobotanique, elle est désignée sous plusieurs noms selon les régions : "Habb al-Rashad" (حب الرشاد) en arabe, "Garden cress" en anglais, et "cresson alénois" en français (**Al-Snafi et al., 2019**).



Figure 4. Plante et graines de *Lepidium sativum* L. (**Hassan et al., 2011**)

III.4.2. Systématique botanique

Selon **Al-Snafi et al. (2019)**, *Lepidium sativum* L. appartient à la classification suivante:

Règne	Plantae (plante)
Sous-règne	Tracheobionta (plantevasculaires)
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous-classe	Dillenidae
Ordre	Brassicales
Famille	Brassicaceae
Genre	<i>Lepidium</i>
Espèce	<i>Lepidium Sativum</i> L.

III.4.3. Répartition géographique

Lepidium sativum L., communément appelé cresson alénois, est une plante dont l'origine exacte reste incertaine. Certaines sources suggèrent une provenance d'Afrique du Nord, d'Afrique de l'Est, du Moyen-Orient ou d'Asie occidentale, avec une domestication supposée en Asie occidentale (**Jansen, 2007**). Des traces de sa culture remontent à l'Antiquité, notamment en Grèce, en Italie et peut-être en Égypte.

Aujourd'hui, cette espèce est largement cultivée à l'échelle mondiale, notamment en Afrique, où elle est principalement exploitée dans les jardins familiaux (**Golkar et al., 2019**). Elle peut également se retrouver à l'état subspontané, s'échappant des cultures et s'implantant spontanément dans certains environnements, bien que son existence à l'état strictement sauvage n'ait pas été confirmée (**Jansen, 2007**).

III.4.4. Composition chimique

La composition chimique de *Lepidium sativum* L. est influencée par plusieurs facteurs, notamment la variété, les pratiques agronomiques, le stade de maturation des graines et les caractéristiques pédoclimatiques du milieu de culture (**Hekmatshoar et al., 2021**). Cette plante renferme une large diversité de métabolites, comprenant des alcaloïdes, des glucosinolates, des composés phénoliques, ainsi que des lipides et des protéines en proportions variables. Les analyses phytochimiques ont révélé que les graines de *Lepidium sativum* L. sont particulièrement riches en alcaloïdes d'imidazole. Parmi ceux-ci, cinq types de lépidines (B, C, D, E et F) sous forme dimérique ont été identifiés, ainsi que deux

nouveaux alcaloïdes monomères, les semilepidinosides A et B (**Ramadan et al., 2020**). En parallèle, les glucosinolates constituent une autre classe majeure de métabolites secondaires présents dans cette espèce. Des études ont mis en évidence la glucotropéoline et le 2-phényléthyl glucosinolate, également appelé gluconasturine, parmi les composés les plus significatifs (**Painuli et al., 2022**). En complément, *Lepidium sativum* L. est une source importante de composés phénoliques. Divers acides, tels que l'acide gallique, l'acide protocatechuique, l'acide coumarique, l'acide caféique et plusieurs de leurs dérivés hexosidiques, y ont été identifiés. De plus, des flavonoïdes comme la quercétine et le kaempférol, ainsi que leurs formes glycosylées, ont été caractérisés (**Zia-Ul-Haq et al., 2012**). Les extraits de la plante révèlent également la présence de flavonoïdes, tanins, anthraquinones et glycosides cardiaques, en plus de divers acides organiques, notamment l'acide benzoïque, l'acide dihydroxybenzoïque, l'acide chlorogénique, l'acide 4-hydroxycoumarique, l'acide salicylique et l'acide pyrogallique. Par ailleurs, des analyses ont confirmé la présence de catéchine, de vitamines (A, C, D, B6 et cobalamine), ainsi que d'acides aminés essentiels (leucine, valine, lysine, phénylalanine, isoleucine, arginine, histidine, thréonine et méthionine) et non essentiels (acide glutamique, acide aspartique, glycine) (**Hekmatshoar et al., 2021**).

Enfin, cette plante constitue une source précieuse de minéraux tels que le calcium, le fer et l'acide folique (**Lahiri et al., 2020**). L'hydrolyse des graines libère des mucilages riches en arabinose, galactose, glucose, mannose, xylose et divers acides uroniques, leur conférant des propriétés viscoélastiques intéressantes (**Hekmatshoar et al., 2021**).

La composition chimique des graines de *Lepidium sativum* L. se distingue par leur richesse en composés bioactifs, leur conférant une valeur nutritionnelle et pharmaceutique considérable. Elles sont composées de 25 % de protéines, 14 à 24 % de lipides, 8 % de fibres brutes et 33 à 54 % de glucides, dont 90 % sont des polysaccharides non amylacés et 10 % de l'amidon (**Prajapati et al., 2014**). Concernant la fraction lipidique, les graines renferment 20 à 25 % d'huile fixe de couleur jaunâtre, principalement constituée d'acides gras polyinsaturés (46,8 %) et monoinsaturés (37,6 %). L'acide alpha-linolénique (32 à 34 %) est le principal acide gras présent, accompagné d'acides palmitique, stéarique, oléique, linoléique, arachidique, béhénique et lignocérique. Cette huile contient également des stérols (dont le sitostérol) et des antioxydants naturels comme les tocophérols et les caroténoïdes. Enfin, les principaux constituants volatils identifiés incluent l'isothiocyanate de benzyle et le cyanure de benzyle (**Prajapati et al., 2014**).

Les glucosinolates représentent une sous-classe spécifique des glycosides soufrés et figurent parmi les métabolites secondaires les plus abondants dans *Lepidium sativum* (Kassie et al., 2002). Ces molécules sont constituées d'un noyau β -thioglucosidique et d'un groupement variable issu d'un acide aminé. Elles jouent un rôle essentiel dans la défense de la plante contre divers stress biotiques et sont également reconnues pour leurs effets biologiques potentiels sur la santé humaine (Diwakar et al., 2008). Les glucosinolates présents dans *Lepidium sativum* L. se trouvent principalement dans les graines et les feuilles de la plante (Radwan et al., 2007). Parmi eux, on retrouve notamment la glucotropéoline ainsi que le 2-phényléthyl glucosinolate, également appelé gluconasturiine (Radwan et al., 2007). Certaines études ont mis en évidence leur rôle potentiel dans l'inhibition de la cancérogenèse et leur capacité à limiter la prolifération cellulaire, leur conférant ainsi un intérêt en chimioprévention (Diwakar et al., 2008).

III.4.5. Activités pharmacologiques

Les graines de *Lepidium sativum* L. sont reconnues pour leurs nombreuses activités pharmacologiques, notamment leurs effets hépatoprotecteurs, hypoglycémiant, anticancéreux, hypocholestérolémiant et antimicrobiens. Ces effets sont attribués à leur richesse en composés bioactifs, tels que les glucosinolates, les acides gras essentiels et les antioxydants.

III.4.5.1. Effet hépatoprotecteur

L'effet protecteur des graines de *Lepidium sativum* L. sur le foie a été étudié en profondeur. Raish et al. (2016) ont évalué l'action d'un extrait éthanolique des graines (LSEE) dans un modèle de lésion hépatique induite chez le rat. Les résultats ont montré que le LSEE prévient l'élévation des enzymes hépatiques, qui sont des marqueurs de toxicité hépatique. De plus, cet extrait réduit la peroxydation lipidique et améliore les niveaux des enzymes antioxydantes et des protéines totales, suggérant ainsi un rôle protecteur contre les dommages oxydatifs au niveau hépatique (Raish et al., 2016).

III.4.5.2. Effet hypoglycémiant et antioxydant

Les graines de *Lepidium sativum* ont montré une activité notable dans la régulation de la glycémie. Une étude menée par (Abdulmalek et al., 2021) a mis en évidence les effets bénéfiques des extraits éthanolique et aqueux des graines sur des rats nourris avec un régime riche en graisses. Ces extraits ont entraîné une réduction significative des taux de glucose sanguin, une amélioration du profil lipidique, ainsi qu'une

diminution des marqueurs du stress oxydatif et de l'inflammation. De plus, une amélioration de la sensibilité à l'insuline dans le foie a été observée, ce qui suggère un potentiel thérapeutique des graines de *Lepidium sativum* dans le diabète et les troubles métaboliques (Abdulmalek et al., 2021).

III.4.5.3. Effet anticancéreux

L'extrait aqueux des graines de *Lepidium sativum* L. a été étudié pour son potentiel anticancéreux. Mahassni et Al-Reemi (2013) ont montré que cet extrait pouvait inhiber la croissance des cellules cancéreuses du sein. Cette activité pourrait être liée à la présence de composés bioactifs qui interfèrent avec les mécanismes de prolifération cellulaire (Mahassni et Al-Reemi., 2013).

III.4.5.4. Effet hypocholestérolémiant

L'huile extraite des graines de *Lepidium sativum* L. est une source riche en acide alpha-linolénique, un acide gras polyinsaturé appartenant à la famille des oméga-3. Diwakar et al. (2010) ont observé que cet acide gras joue un rôle clé dans la régulation du métabolisme lipidique. Il contribue à la réduction du cholestérol total et du LDL-cholestérol, tout en augmentant les niveaux de HDL-cholestérol, ce qui peut prévenir les maladies cardiovasculaires. Par ailleurs, en raison de ses propriétés anti-inflammatoires, il pourrait également avoir des effets protecteurs contre certaines pathologies chroniques, comme les maladies inflammatoires et le cancer (Diwakar et al., 2010).

III.4.6. Activités antimicrobiennes

Des travaux réalisés en Irak par Hero et Tawfeeq (2012) ont montré que l'extrait méthanolique de *Lepidium sativum* était inefficace contre *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* et *Candida albicans*. En revanche, une étude menée en Palestine par (Shama et al., 2011) a révélé un puissant effet antimicrobien de l'extrait méthanolique de *Lepidium sativum* contre plusieurs souches bactériennes, notamment *Staphylococcus aureus* ATCC 6538, *Escherichia coli* ATCC 8739, *Klebsiella pneumoniae* IBMC Strasbourg, *Proteus vulgaris* ATCC 25923, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, *Candida albicans* CIP 444 et *Candida albicans* ATCC 10231. Les diamètres des zones d'inhibitions obtenues avec l'extrait méthanolique de *Lepidium sativum* contre *Escherichia coli* ATCC 25922, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, *Candida albicans* ATCC 10231 et *Staphylococcus aureus* ATCC 33862 sont respectivement de 17, 17, 9 et

15 mm. Ces résultats apparaissent différents de ceux rapportés dans des études précédentes.

Les polyphénols présents dans le fenugrec jouent un rôle clé dans l'activité antimicrobienne en ciblant divers types de micro-organismes. Les flavonoïdes, tels que le flavan-3-ol et le flavonol, possèdent une activité antibactérienne efficace contre plusieurs souches, y compris *Vibrio cholerae*, *Streptococcus mutans*, *Campylobacter jejuni*, *Clostridium perfringens*, *Escherichia coli*, *Bacillus cereus*, *Helicobacter pylori*, *Staphylococcus aureus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Actinomyces naeslundii*, *Prevotella oralis*, *P. gingivalis*, *P. melaninogenica*, *Fusobacterium nucleatum* et *Klebsiella pneumoniae*. En plus de leur effet antibactérien, les flavonoïdes montrent une activité antivirale contre l'adénovirus, l'entérovirus et le virus de la grippe. Ils possèdent également une activité antifongique contre *Candida albicans*, *Microsporium gypseum*, *Trichophyton mentagrophytes* et *Trichophyton rubrum*.

Les acides phénoliques sont aussi reconnus pour leur activité antibactérienne. Ils agissent efficacement contre *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* et *Pseudomonas aeruginosa*.

Les tannins condensés présentent à la fois une activité antibactérienne et antivirale. Ils sont actifs contre *Streptococcus mutans*, *Escherichia coli* et *Staphylococcus aureus*, tout en montrant une efficacité antivirale contre le virus Influenza A et le virus de l'herpès simplex type 1 (HSV-1). Les tannins hydrolysables exercent également une activité antimicrobienne diversifiée. Ils sont efficaces contre un large éventail de bactéries, notamment *Salmonella*, *Staphylococcus*, *Helicobacter*, *Escherichia coli*, *Bacillus*, *Clostridium*, *Campylobacter* et *Listeria*. Leur activité antivirale s'étend au virus d'Epstein-Barr et aux virus de l'herpès simplex types 1 et 2 (HSV-1 et HSV-2). Enfin, ils démontrent une action antifongique contre *Candida parapsilosis* (Daglia, 2012).

III.4.7. La toxicité

L'innocuité des graines de *Lepidium sativum* a été évaluée à travers des études de toxicité aiguë et subchronique menées chez des rats Wistar adultes. Concernant la toxicité aiguë, différentes doses de 0,5 à 5,0 g/kg de poids corporel de poudre de graines ont été administrées par voie alimentaire, et les sujets ont été surveillés pendant 72 heures afin de détecter d'éventuels signes de toxicité ou de mortalité. Les résultats n'ont révélé aucun effet toxique ni décès au sein des groupes étudiés (Datta et al., 2011).

Dans le cadre de l'étude de toxicité subchronique, des doses variant de 1 à 10 % de poudre de graines ont été intégrées à l'alimentation des rats durant 14 semaines. Cette exposition prolongée n'a entraîné aucune mortalité, ni modification significative du comportement alimentaire, de la prise de poids ou du rapport de masse des organes. De plus, aucun changement hématologique ni altération histopathologique des principaux organes vitaux n'a été observé entre les rats traités et les témoins. Toutefois, bien que les niveaux des enzymes cliniques LDH et SGPT soient restés dans les limites physiologiques, une élévation significative de l'ALP et du SGOT a été notée chez les rats mâles recevant 5 et 10 % de graines (**Datta et al., 2011**).

Les conclusions de ces analyses indiquent que la consommation aiguë et subchronique des graines de *Lepidium sativum* n'induit pas d'effets toxiques majeurs. Ces résultats suggèrent donc que ces graines peuvent être considérées comme sûres pour une utilisation alimentaire (**Datta et al., 2011**).

III.6. *Zingiber officinale* L.

III.6.1. Etymologie

Le gingembre est une plante ancestrale qui occupe une place prépondérante dans les traditions médicinales et culinaires à travers le monde. Considéré parmi les premières épices orientales les plus prisées, il est apprécié tant pour ses propriétés aromatiques que pour ses bienfaits thérapeutiques (**Singh et al., 2008**). Sa renommée ne se limite pas aux écrits scientifiques ou aux usages traditionnels, puisqu'il est également cité dans le Coran, témoignant ainsi de la valeur qui lui a été accordée depuis des siècles (**Gigon, 2012**). Cette reconnaissance spirituelle est illustrée dans le Coran, où le gingembre est mentionné comme un ingrédient raffiné d'une boisson céleste destinée aux élus du Paradis. En effet, dans la sourate Al-Insan, il est écrit : « **Et on leur donnera là-bas à boire une coupe dont le mélange sera de gingembre** » (17) « **وَيَسْقُونَ فِيهَا كَأْسًا كَانَ مِزَاجُهَا زَنْجَبِيلًا** » (17), soulignant ainsi la préciosité et la symbolique de cette plante à travers les âges.

III.6.2. Répartition géographique

Zingiber officinale L. trouve son origine dans les régions tropicales d'Asie du Sud-Est (**Assih et al., 2018**). Cette plante est principalement présente dans l'hémisphère sud, où elle prospère en climat tropical et subtropical. Elle atteint son développement optimal dans des environnements chauds et humides à plus de 1500 mètres d'altitude (**Kumar et al., 2011**). La culture du gingembre est principalement pratiquée en Inde, mais aussi en Chine, en

Indonésie et aux Philippines comme le montre la figure suivante (Gigon, 2012; Sangwan et al., 2014; Marwat et al., 2015).



Figure 7. Répartition géographique du gingembre (FAO, 2023)

Répartition géographique du gingembre (*Zingiber officinale*). Source : Gingembre HE (2023), ScenTree. https://www.scentree.co/fr/Gingembre_HE.html

III.6.3. Systématique botanique du gingembre

La partie aérienne est constituée d'une tige et de feuilles (Habtemariam, 2019) et la partie souterraine est caractérisée par la présence de rhizomes horizontaux (Faivre et al., 2006) (Figure 8).



Figure 8. Partie aérienne (Habtemariam, 2019) et rhizome (Faivre et al., 2006)

La systématique de *Zingiber officinale* L. selon Shahrajabian et al. (2019) est la

suivante :

Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheobionta (plantes vasculaires)
Classe	Liliopsida (Monocotylédones)
Sous-classe	Zingiberidae
Ordre	Zingiberales
Famille	Zingiberaceae
Genre	<i>Zingiber</i> P. Mill – Gingembre
Espèce	<i>Zingiber officinale</i> Roscoe (Gingembre du jardin)

III.6.4. Composition chimique du gingembre

Le gingembre frais (*Zingiber officinale*) est principalement constitué d'eau (80,9%), suivi de glucides (12,3 %), de fibres alimentaires (2,4 %) et de protéines (2,3 %). Il renferme également divers minéraux essentiels, notamment le potassium, le calcium, le phosphore, le sodium et le fer (1,2 %), ainsi que des lipides (0,9 %). Par ailleurs, il est une source de vitamines, telles que la thiamine, la riboflavine, la niacine et la vitamine C (Beristain-Bauza et al., 2019). En plus de ces éléments nutritifs, le gingembre renferme également une diversité de composés bioactifs, notamment les composés phénoliques, qui jouent un rôle clé dans ses propriétés thérapeutiques.

Différents composés phénoliques ont été mis en évidence dans le gingembre. Parmi eux, certains possèdent un seul groupement vanillyle, comme le 6-gingérol, le 6-shogaol, le 10-gingérol et le 6-dihydrogingerdione (Chen et al., 2009). D'autres, tels que l'hexahydrocurcumine et la gingérénone A, se distinguent par la présence de deux groupements vanillyles (Peng et al., 2012). Le 6-gingérol est particulièrement notable, étant responsable de la saveur piquante caractéristique du gingembre.

Par ailleurs, d'autres composés phénoliques couramment présents dans les plantes, comme l'acide gallique, la catéchine, la quercétine et l'apigénine-7-glucoside, ont également été identifiés (Ghafoor et al., 2020; Tohma et al., 2016).

Le rhizome du gingembre (*Zingiber officinale*) constitue une source significative de polyphénols, dont la teneur a été quantifiée à $1,45 \pm 0,01$ % (Mohd Amir et al., 2011). Parmi les sous-classes majeures des polyphénols, les flavonoïdes occupent une place importante en raison de leur abondance et de leurs multiples effets biologiques. Les flavonoïdes constituent une classe de composés polyphénoliques comprenant 15 atomes de carbone, organisés en deux cycles aromatiques reliés par une chaîne de trois atomes de

carbone. Ils représentent la catégorie la plus abondante des composés phénoliques et jouent un rôle clé en tant que métabolites secondaires des plantes. Ces molécules interviennent dans divers processus biologiques, notamment la protection contre les rayons ultraviolets, la pigmentation, l'induction des nodules symbiotiques pour la fixation de l'azote, ainsi que la résistance aux agents pathogènes (**Chira et al., 2008**).

L'intensité piquante du rhizome frais du gingembre est principalement attribuée aux gingérols, tandis que celle du rhizome sec est davantage liée aux shogaols (**Boumazouna et Guennad, 2017**). Bien qu'ils ne fassent pas partie des polyphénols, les gingérols et les shogaols sont des composés bioactifs majeurs du gingembre, dérivés de l'acide shikimique comme précurseur.

Les composés bioactifs du gingembre se caractérisent par une structure chimique comprenant une chaîne latérale aliphatique, généralement associée à des groupements carbonyle et/ou hydroxyle.

Les **gingérols**, parmi lesquels le 6-gingérol et le 10-gingérol, constituent les principaux composés présents dans le rhizome frais. Les gingérols forment une famille de composés différenciés selon la longueur de leur chaîne latérale.

Les **shogaols** résultent de la déshydratation des gingérols au cours du stockage. Ils sont principalement représentés par trois homologues majeurs : le 6-shogaol, le 8-shogaol et le 10-shogaol. Leur classification repose sur la longueur de leur chaîne latérale :

La **zingérone**, issue de la transformation des shogaols, se distingue par une saveur moins piquante. Ce composé est également considéré comme un indicateur de pureté du gingembre (**Foine, 2017 ; Wichtl, 2003**).

III.6.5. Activités pharmacologiques du gingembre

Des propriétés pharmacologiques des principaux composés du gingembre ont été rapportées, en effet, le gingérol est reconnu pour ses propriétés anticancéreuses (**Oyagbemi et al., 2010**). Il possède également des effets anti-inflammatoires et antioxydants (**Wang et al., 2014**). De plus, diverses études lui attribuent plusieurs activités biologiques, notamment des effets antiangiogéniques, antimicrobiens, antifongiques, neuroprotecteurs et antiémétiques. Il joue également un rôle dans l'inhibition de l'invasion tumorale et des métastases, ainsi que dans la régulation des lipides sanguins (**Mohd, 2016**). Par ailleurs, le shogaol présente des propriétés antioxydantes, anti-inflammatoires, anticancéreuses et antiémétiques (**Kou et al., 2018**). Il est reconnu pour ses effets

neuroprotecteurs (Mohd et Makpol, 2019). En ce qui concerne la zingérone, elle exerce plusieurs actions biologiques, notamment des effets anti-inflammatoires, antidiabétiques, anti-diarrhéiques et antispasmodiques. Elle est également connue pour ses propriétés anticancéreuses, antiémétiques et stimulantes de l'appétit. Par ailleurs, des études ont mis en évidence ses activités anxiolytiques, antithrombotiques, radioprotectrices et antimicrobiennes (Ahmad et al., 2015).

III.6.5.1. Activité anti-inflammatoire

Le gingembre est reconnu pour ses propriétés anti-inflammatoires. Ses principaux composés bioactifs, notamment le gingérol, le shogaol, le paradol, la zingérone et la gingerdione, inhibent la cyclooxygénase-2 (COX-2), réduisant ainsi la production de médiateurs pro-inflammatoires tels que les prostaglandines et les leucotriènes. En parallèle, il diminue l'expression de cytokines inflammatoires comme le TNF- α et le NF κ B (Karunakaran et al., 2019; Gurung et al., 2022). Par ailleurs, le shogaol module les récepteurs TRPV1, impliqués dans la perception des stimuli inflammatoires et nociceptifs (Gurung et al., 2022).

III.6.5.2. Activité anticancéreuse

Le gingembre présente un potentiel anticancéreux contre plusieurs types de tumeurs, notamment celles affectant le col de l'utérus, le côlon, les reins, la prostate et le pancréas. Il contient des molécules bioactives telles que le zéumbone, le 6-gingérol, le 6-shogaol et le 6-paradol, connues pour leurs effets antiprolifératifs et pro-apoptotiques (Semwal et al., 2015; Dissanayake et al., 2020).

III.6.5.3. Activité antidiabétique

Le gingembre a démontré des effets bénéfiques dans la gestion du diabète sucré, une pathologie caractérisée par une hyperglycémie chronique due à un déficit ou une résistance à l'insuline. Des études ont mis en évidence son action hypoglycémisante significative aussi bien chez les patients diabétiques que non diabétiques (Khan et al., 2019).

III.6.5.4. Activité antiémétique

Traditionnellement, le gingembre est utilisé pour soulager divers troubles gastro-intestinaux. Des recherches récentes confirment son efficacité contre les nausées et vomissements induits par certains traitements médicaux, tels que la chimiothérapie, les médicaments antituberculeux et antiviraux, ainsi que ceux survenant durant la grossesse,

notamment grâce à son action inhibitrice sur la transmission des signaux émétiques via les récepteurs 5-HT des neurones afférents vagues. Parmi ses composés, le 6-shogaol est identifié comme l'agent le plus actif (Mao et al., 2019).

III.6.5.5. **Activité antioxydante**

L'effet antioxydant des plantes repose sur la présence de divers composés bioactifs, tels que les flavonoïdes, les anthocyanes et les catéchines. Le gingembre est largement reconnu pour son puissant pouvoir antioxydant, lui permettant de neutraliser différents types de radicaux libres (Kumar et al., 2011). De nombreuses études ont mis en évidence ses propriétés antioxydantes, aussi bien *in vitro* qu'*in vivo*. Cette activité est principalement attribuée à certains de ses composants, notamment la zingérone, le shogaol et le gingérol (Parham, 2020).

III.6.6. **Activités antimicrobiennes**

Le gingembre est utilisé depuis longtemps en médecine traditionnelle pour traiter les infections de la gorge. Des études *in vitro* ont démontré son efficacité contre plusieurs micro-organismes pathogènes, notamment des bactéries Gram-positives, Gram-négatives et certains champignons (Kumar et al., 2011). L'effet antibactérien des flavonoïdes, des polysaccharides bruts ainsi que des extraits aqueux et éthanoliques de *Zingiber officinale* a été mis en évidence. Des analyses ont montré leur activité antimicrobienne contre *Escherichia coli* (ATCC 25922), *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923), *Shigella flexneri* (ATCC 12022), *Proteus vulgaris* (ATCC 13315), *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 27853) et *Bacillus subtilis* (ATCC 6633b) (Gao et Zhang, 2010).

Par ailleurs, les huiles essentielles extraites du gingembre ont démontré une forte activité antibactérienne, en particulier contre *Bacillus subtilis* et *Pseudomonas sp.* (Ficker et al., 2003; Sabulal et al., 2003).

III.6.7. **Toxicité**

Le gingembre est généralement considéré comme une plante médicinale sûre, avec peu d'effets secondaires lorsqu'il est consommé aux doses recommandées (Ali et al., 2008). Aucune toxicité aiguë ou chronique n'a été rapportée dans ces conditions (Allais, 2009). Des études de toxicité aiguë, administrant une dose unique de rhizome de *Z. officinale* (2000 mg/kg et 2500 mg/kg) à des rats pendant 14 jours, n'ont révélé aucun cas de mortalité (Syafitri et al., 2018). De même, une étude de toxicité subaiguë, où une poudre fine de rhizome a été administrée par voie orale à des rats mâles et femelles jusqu'à

2000 mg/kg/jour pendant 35 jours, n'a montré aucun effet toxique notable (Syafitri et al., 2018). Toutefois, un surdosage peut entraîner certains effets indésirables, notamment des crampes intestinales, un ralentissement de l'activité gastrique et plus rarement, des brûlures gastriques (Allais, 2009). Sa consommation est ainsi déconseillée en cas de gastrite ou de maladie inflammatoire intestinale aiguë. Chez la femme enceinte, aucune toxicité maternelle sévère n'a été observée lors des essais cliniques (Allais, 2009).

Toutefois, certaines précautions doivent être prises, notamment avec l'huile essentielle de gingembre, dont l'utilisation excessive peut induire des effets indésirables plus marqués. À des doses élevées, elle peut provoquer des irritations cutanées, des réactions allergiques et une augmentation de la sensibilité de la peau à la lumière (Faivre et al., 2006; Gigon, 2012). Une consommation excessive de cette huile peut également entraîner une toxicité neurologique. Son application cutanée est particulièrement déconseillée aux femmes enceintes, en raison d'un potentiel effet utérotonique pouvant induire des contractions, ainsi que d'un possible risque tératogène (Aouadhi, 2015). De plus, il est recommandé d'éviter son application sur le cou et le visage, en raison de son effet potentiellement irritant (Aouadhi, 2015).

III.7. *Curcuma longa* L

III.7.1. Etymologie

Le *Curcuma* est une plante herbacée vivace largement connue sous l'appellation de curcuma et appartenant à la famille des Zingibéracées. Son rhizome constitue la partie active utilisée à des fins médicinales. Cette plante bénéficie d'une longue tradition d'utilisation dans la médecine chinoise (Mbadiko et al., 2017), où elle est employée pour la prévention et le traitement de diverses pathologies (Lakhan et al., 2015; Peng et al., 2022). Ce genre botanique comprend plus de 80 espèces, parmi lesquelles figurent *Curcuma longa*, *Curcuma amada*, *Curcuma zedoaria*, *Curcuma aromatica* et *Curcuma raktakanta* (Jiang, Ghosh et Charcosset, 2021). Parmi elles, *Curcuma longa* est la plus couramment utilisée et la plus étudiée en raison de ses nombreuses applications (Stanić, 2017).

Les différentes appellations de *Curcuma longa* L en français : Curcuma, Safran des Indes, souchet de Babylone, terre-mérite; en anglais: Turmeric et en arabe : الكركم (Khedis et Aid, 2020; Tefiani, 2015; Hombourger, 2010).



Figure 9. Espèce végétale et les rhizomes Dorés du *Curcuma longa* L. (Leroy, 2019)

III.7.2. Classification botanique de la plante

La classification botanique du *Curcuma longa* est la suivante (Anil, 2011) :

Règne	Plantae
Sous règne	Tracheobionta
Division	Magnoliophyta
Classe	Liliopsida
Sous classe	Zingiberidae
Ordre	Zingiberales
Famille	Zingiberaceae
Sous Famille	Zingiberoideae
Genre	<i>Curcuma</i>
Espèce	<i>Curcuma longa</i>

III.7.3. Répartition géographique

L'espèce *Curcuma longa* L. est originaire des régions tropicales d'Asie du Sud, mais elle est également présente dans plusieurs zones tropicales du monde, notamment au Cambodge, en Chine, en Inde, au Népal, aux Philippines, en Malaisie, au Vietnam et à Madagascar (Li et al., 2011 ; Yadav et al., 2017). À Madagascar, cette plante est répandue sur presque toute l'île, mais elle se développe particulièrement bien dans les plaines de l'Ouest et du Moyen-Est. La commune d'Anivorano se distingue par la présence des plus vastes plantations de *Curcuma longa* du pays (Ratsimiala, 2010).

III.7.4. Composition chimique

Les études phytochimiques menées sur *Curcuma longa* ont mis en évidence sa richesse en polyphénols, notamment des composés phénoliques, des terpénoïdes et des diarylpentanoïdes, connus sous le nom de curcuminoïdes. Par ailleurs, la plante renferme également des flavonoïdes, des tanins, des alcaloïdes et des stéroïdes (Ikpeama et al., 2014).

Différentes classes de composés phénoliques sont présentes dans les rhizomes de *Curcuma longa* L., notamment les curcuminoïdes, parmi lesquels la curcumine est le principal représentant (**Cheikh Ali, 2012**). Ces composés phénoliques sont responsables de la coloration jaune distinctive du rhizome et possèdent de nombreuses propriétés biologiques.

Sur le plan physico-chimique, la curcumine est insoluble dans l'eau et l'éther, mais se dissout dans l'éthanol, le diméthylsulfoxyde et d'autres solvants organiques (**Perry, 2008**). Sa structure varie selon le pH du milieu : en milieu basique, elle adopte une forme cétonique, tandis qu'en milieu acide et neutre, elle privilégie une forme énolique plus stable, notamment sous sa forme cristalline (**Wanninger et al., 2015**).

En plus de la curcumine, le *Curcuma longa* contient deux analogues majeurs : la déméthoxycurcumine et la bisdéméthoxycurcumine. Ensemble, ces trois composés représentent entre 50 et 60 % des phénols extraits de cette plante (**Cadet, 2020**).

Utilisée depuis des siècles dans l'alimentation et la médecine traditionnelle asiatique et indienne, la curcumine demeure aujourd'hui une épice largement consommée à l'échelle mondiale, suscitant un intérêt croissant pour ses propriétés biologiques et pharmacologiques (**Aggarwal et al., 2007**).

III.7.5. Activités pharmacologiques

III.7.5.1. Activité anti-inflammatoire

Le stress oxydatif prolongé et les lésions oxydatives qu'il engendre sont susceptibles d'induire une inflammation persistante, elle-même impliquée dans le développement de diverses pathologies chroniques, notamment le cancer, le diabète, les affections cardiovasculaires, les maladies neurologiques, les pathologies inflammatoires intestinales et les maladies pulmonaires (**He et al., 2015**). La curcumine, un pigment jaune extrait du curcuma, est reconnue pour ses puissantes propriétés antioxydantes et anti-inflammatoires. Son potentiel thérapeutique est actuellement étudié dans la prévention et le traitement des maladies chroniques. Les études récentes suggèrent une relation étroite entre l'inflammation persistante, le stress oxydatif et de nombreuses pathologies. Ainsi, les effets antioxydants de la curcumine pourraient jouer un rôle clé dans la prévention et la gestion des maladies inflammatoires chroniques (**Sharifi-Rad et al., 2020**).

III.7.5.2. Activité anticancéreuse

La curcumine représente un agent prometteur dans la prévention et le traitement du cancer. Elle est bien tolérée par l'organisme et pourrait exercer des effets antitumoraux chez les individus présentant des lésions précancéreuses ou un risque accru de développer un cancer (**Rai et al., 2015**). Les études précliniques ont mis en évidence sa capacité à inhiber la formation tumorale dans divers modèles animaux de carcinogénèse. Cette molécule agit sur plusieurs cibles moléculaires impliquées dans la progression du cancer, ce qui en fait un candidat thérapeutique prometteur (**Rai et al., 2015**).

Des études menées sur des modèles animaux, notamment chez les rats et les souris, ainsi que des recherches *in vitro* sur des lignées cellulaires humaines, ont montré que la curcumine peut inhiber la cancérogenèse à différents stades, notamment la promotion tumorale, l'angiogénèse et la croissance tumorale. Dans le cadre de recherches sur le cancer du côlon et de la prostate, il a été démontré que la curcumine réduit la prolifération cellulaire et la progression tumorale. De plus, elle est capable de supprimer l'activité de nombreux mutagènes et carcinogènes dans divers types cellulaires, aussi bien *in vitro* qu'*in vivo* (**Akram et al., 2010**). Par ailleurs, utilisée seule ou en association avec d'autres agents thérapeutiques, la curcumine a démontré une efficacité contre plusieurs types de cancers, notamment ceux colorectal, du pancréas, du sein, de la prostate, du poumon, ainsi que contre la leucémie, le lymphome et les cancers gastro-intestinaux,

génito-urinaires, de l'ovaire, neurologiques et de la cavité buccale (**Rai et al., 2015**). Ses effets anticancérogènes sont en grande partie attribués à sa capacité à neutraliser les radicaux libres et à exercer une action antioxydante, contribuant ainsi à réduire le stress oxydatif, un facteur clé dans la progression tumorale (**Akram et al., 2010**).

Toutefois, il a été rapporté que la curcumine pourrait interagir avec certains traitements conventionnels, comme la chimiothérapie et la radiothérapie, ce qui souligne la nécessité d'évaluer avec rigueur son intégration dans les stratégies thérapeutiques existantes pour maximiser son efficacité sans compromettre les traitements standards (**Rai et al., 2015**).

III.7.5.3. Activité antioxydante

Parmi plus de 1000 aliments analysés, le curcuma se classe au cinquième rang en termes de teneur en antioxydants. Il renferme des flavonoïdes et divers composés phénoliques, mais c'est la curcumine qui est reconnue comme son principal agent antioxydant (**Rejeb, 2008**).

La curcumine est un antioxydant particulièrement puissant, estimé dix fois plus efficace que la vitamine E. Elle inhibe la peroxydation lipidique, un phénomène étroitement lié aux processus inflammatoires, aux affections cardiovasculaires et au cancer. En piégeant les radicaux libres, elle réduit la production des espèces réactives de l'oxygène (ERO), telles que les anions superoxyde et le peroxyde d'hydrogène (H₂O₂) (**Cheikh Ali, 2012**).

Certains dérivés de la curcumine, comme la déméthoxycurcumine et la bis-déméthoxycurcumine, possèdent également des propriétés antioxydantes, bien que moins marquées (**Cheikh Ali, 2012**). Ces composés ont démontré leur capacité à protéger *in vitro* les cellules endothéliales du cordon ombilical humain ainsi que les cellules de phéochromocytome de rat contre les effets toxiques du bêta-amyloïde, un peptide impliqué dans la neurodégénérescence observée dans la maladie d'Alzheimer. De plus, la tétrahydrocurcumine, un dérivé hydrogéné de la curcumine, exerce une activité antioxydante élevée, attribuable à sa structure comprenant un groupement phénol et une β-dicétone (**Chaudhary et al., 2010**).

La curcumine joue aussi un rôle clé dans la chélation des métaux pro-oxydants et peut moduler l'activité de plusieurs enzymes (**Jakubczyk et al., 2020; Pura et al., 2023**).

III.7.6. Activités antimicrobiennes

Plusieurs recherches ont révélé que les extraits aqueux et éthanoliques issus des rhizomes de *Curcuma longa* exercent un effet inhibiteur modéré contre un large spectre de bactéries, incluant *Staphylococcus sp.*, *Escherichia coli*, *Streptococcus*, *Lactobacillus* et *Salmonella*. En particulier, la curcumine a démontré une efficacité contre *Helicobacter pylori*, en agissant sur l'expression des molécules impliquées dans la pathogénicité de cette bactérie (**Rai et al., 2015**).

L'étude menée par **Tefiani (2015)** a permis d'évaluer l'activité antibactérienne des huiles essentielles extraites de *Curcuma longa* contre *Escherichia coli* et *Staphylococcus aureus* par la méthode de diffusion sur disque. Les résultats ont mis en

évidence une sensibilité accrue de *E. coli* par rapport à *S. aureus*, suggérant une efficacité variable selon la souche bactérienne ciblée. Par ailleurs, il a été démontré que les nanoparticules de curcumine possèdent une action antibactérienne notable contre *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis* et *Pseudomonas aeruginosa* (**Rai et al., 2015**).

L'efficacité antifongique de *Curcuma longa* L.a également été mise en évidence à travers diverses investigations. L'extrait méthanolique de cette plante a démontré une action inhibitrice contre *Cryptococcus neoformans* (CMI de 128 µg/ml) ainsi que contre *Candida albicans* (CMI de 256 µg/ml) (**Ungphaiboon et al., 2005**).

D'autres études ont révélé que l'extrait d'hexane à une concentration de 1000 µg/ml pouvait inhiber la croissance de *Phytophthora infestans* et *Erysiphe graminis*, ainsi que celle de champignons tels que *Piedraia hortae* et *Helminthosporium sp.*(**Omosa et al., 2017**). De plus, il a été démontré que la curcumine exerce une activité antifongique contre *Penicillium notatum* et *Aspergillus niger* (**Rai et al., 2015**), renforçant ainsi son potentiel en tant qu'agent antifongique naturel.

Outre ses effets antibactériens et antifongiques, la curcumine présente également des propriétés antivirales. **Chaudhary et al. (2010)** ont mis en évidence son action inhibitrice sur l'intégrase du VIH-1, suggérant ainsi son potentiel en tant que molécule d'intérêt dans le développement de nouvelles thérapies anti-VIH. En parallèle, la curcumine a également démontré une activité antivirale contre les virus de l'hépatite ainsi que contre le virus de l'herpès simplex de type 1 (HSV-1) (**Rai et al., 2015**).

III.7.7. Toxicité

Bien que la *Food and drug administration (FDA)* considère le curcuma comme une substance sans danger et qu'il soit utilisé depuis des millénaires sans effets notables (**Defranco et al., 2009; Christelle, 2010**), certaines études rapportent des effets secondaires tels que des troubles digestifs, des maux de tête ou des réactions cutanées (**Fondu, 2019**). De plus, sa faible biodisponibilité nécessite des doses élevées pour un effet optimal (**Christelle, 2010**). Toutefois, des essais cliniques ont démontré que même à des doses de 12 g/jour, il ne présente pas de toxicité chez l'homme (**Christelle, 2010**).

III.8. *Atriplex halimus* L.**III.8.1. Etymologie**

Atriplex halimus L. est un arbuste vivace appartenant à la famille des chénopodiacées. Il est caractéristique des milieux méditerranéens et présente une forte tolérance aux environnements arides et salins (**Flowers et al., 1986**). Cette espèce est capable de se développer sous des conditions climatiques particulièrement rigoureuses, ce qui explique son utilisation comme plante fourragère et son importance pour le broutage du bétail dans ces régions (**Walker et al., 2014**). De plus, son exploitation est reconnue pour contribuer à une gestion écologique durable des écosystèmes, aussi bien dans les zones littorales que dans les régions arides (**Guettoche, 2021**). Le genre *Atriplex* comprend environ 417 espèces, dont 48 sont présentes dans le bassin méditerranéen (**Houérou, 1992**). Son adaptation aux sols salins lui confère un intérêt particulier dans les domaines écologique et agricole (**Flowers et al., 1986**).

Cette espèce est désignée sous plusieurs noms vernaculaires selon les langues et les régions, en français: Arroche halime ou Pourpier de mer (**Kadi et al., 2016**); en anglais: Saltbush (**Medjekal et Bousseboua, 2016**), en arabe: Guettaf (**Martinez et al., 2003**) et plus précisément en Algérie: G'ttaf (L'egttef) (**Kadi et al., 2016**).

III.8.2. Systématique botanique

Selon cette classification, l'espèce est organisée comme suit (**Guignard et Dupont, 2004**) :

Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheobionta
Embranchement	Spermatophyta
Sous-embranchement	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida (Angiospermes)
Sous-classe	Caryophyllida
Superordre	Caryophyllanae
Ordre	Caryophyllales
Famille	Amaranthaceae
Genre	<i>Atriplex</i>
Espèce	<i>Atriplex halimus</i>

III.8.3. Répartition Géographique

Atriplex halimus L. est un arbuste originaire d'Afrique du Nord ainsi que des régions du Proche et du Moyen-Orient. Il est largement répandu dans l'ensemble du bassin méditerranéen, où il constitue l'une des espèces dominantes (**Kinet et al., 1998; Martinez et al., 2003**). Son aire de distribution naturelle s'étend de la région macaronésienne au bassin méditerranéen, en passant par l'ouest de l'Asie (**Walker et al., 2014**). En Europe, on le trouve principalement dans le sud du Portugal, en France méditerranéenne, dans le sud et l'est de l'Espagne, y compris aux îles Canaries, ainsi qu'en Italie, en Grèce, à Malte et à Chypre. Il est également présent en Turquie, en Palestine, en Syrie, au Liban, en Jordanie et en Arabie saoudite. En Afrique du Nord, il est signalé en Tunisie, au Maroc, en Algérie, en Libye et en Égypte, où il occupe des milieux allant des zones semi-arides aux régions arides du pourtour méditerranéen et de l'est de cette zone (**Hassine et al., 2008**).

À l'échelle mondiale, le genre *Atriplex* est largement distribué dans diverses régions, notamment en Grande-Bretagne, en Sibérie, en Alaska, en Patagonie, en Norvège et en Afrique du Sud (**Franclét et Le Houérou, 1971**). Il se développe particulièrement dans les écosystèmes salins des zones tempérées et subtropicales, s'étendant le long des côtes de la mer Méditerranée, de la mer Caspienne et de la mer Rouge. On le retrouve également dans les steppes arides d'Asie centrale et orientale, les prairies alcalines des États-Unis, ainsi que dans les paysages semi-arides du Karoo en Afrique australe, en Australie et dans les Pampas argentines (**Rosas, 1989 ; Mulas et Mulas, 2004**).

En Algérie, *Atriplex halimus* L. pousse spontanément dans les étages bioclimatiques semi-arides et arides. Il est principalement présent dans les zones steppiques situées entre les isohyètes de 100 et 400 mm/an, notamment dans les régions de Batna, Biskra, Boussaâda, Djelfa, Saïda, M'sila, Tébessa et Tiaret (**Pouget, 1980; Berri, 2009**). On le retrouve également sur le littoral et dans certaines zones sahariennes, comme le Hoggar et la région de Béchar, où il colonise les nappes bordant les dépressions d'oued (**Mahrez, 1997; Benrebiha, 1987**). Son abondance est particulièrement marquée dans le Sahara septentrional ainsi que dans les massifs du Sahara central, où il croît sur des terrains rocaillieux, des pentes argileuses et des sols légèrement salins (**Ortiz-Dorda et al., 2005**).

III.8.4. Composition chimique

La composition chimique d'*Atriplex halimus* L. se distingue par la présence de métabolites secondaires variés, notamment des flavonoïdes, des tanins, des alcaloïdes et

des terpénoïdes. Elle est également riche en fibres alimentaires, protéines, vitamines B et C, et sels minéraux, avec une faible teneur en matières grasses (Benhammou et al., 2009).

L'huile essentielle de cette plante renferme 13 composés identifiés, dont l'octane, le camphène, le β -pinène, le myrcène, et la myristicine. Sa composition varie selon les conditions climatiques, la saison et l'âge de la plante (Zian et al., 2020).

Les extraits aqueux et organiques révèlent des profils phytochimiques distincts: tous contiennent des flavonoïdes et des tanins, mais les saponines sont absentes. L'extrait méthanolique se distingue par la présence de quinones aux propriétés antimicrobiennes (Malecky, 2005).

L'analyse des extraits éthanoliques met en évidence une concentration notable en polyphénols, incluant l'acide gallique et l'acide caféique, connus pour leurs effets antioxydants et antimicrobiens (Moudjeb et al., 2021).

Les variations de composition selon le solvant d'extraction montrent que l'extrait acétonique est le plus riche en polyphénols totaux, tandis que les extraits d'hexane et d'acétone présentent les teneurs les plus élevées en flavonoïdes. L'extrait d'hexane affiche également la plus forte concentration en tanins (Boulaouad et al., 2018).

III.8.5. Applications pharmacologiques

Atriplex halimus est une plante largement exploitée en médecine traditionnelle pour ses propriétés thérapeutiques variées. Elle est particulièrement connue pour ses effets hypoglycémiant et hypolipidémiant, ce qui justifie son usage dans le traitement du diabète (Idm'hand et al., 2020; Ksouri et al., 2012; Mohammedi, 2016). Dans le Sahara occidental, ses cendres sont employées pour potentialiser l'action de l'insuline (Shani et al., 1972; Mertz et al., 1973; McKell, 1994). Ses feuilles sont utilisées dans le traitement des maladies cardiaques et du rhumatisme (Parvez et al., 2018), ainsi que pour lutter contre les inflammations des voies urinaires et les lithiases urinaires (Belouad, 2001; Emam, 2011). Dans certaines régions, une infusion de ses feuilles est recommandée pour la régulation des sécrétions biliaires et le soulagement des douleurs musculaires et stomacales (Chikhi et al., 2014). Elle est également indiquée pour traiter l'hypertension, l'eczéma et les piqûres d'insectes (Miara et al., 2019).

En médecine vétérinaire, *A. halimus* est utilisée comme purgatif et antiparasitaire, notamment pour traiter une affection grave du dromadaire causée par un trypanosome transmis par les taons (Bellakhdar, 1997; Ksouri et al., 2012; Stevanovic et al., 2019).

En Algérie, une décoction de ses graines est traditionnellement employée dans le traitement du cancer du sein, et certaines recherches suggèrent qu'elle présente des propriétés antitumorales (**Benarba, 2015; Alves-Silva et al., 2017; Bounouar et al., 2022**). De plus, elle est utilisée dans la prise en charge de l'anémie, des affections thyroïdiennes et de divers kystes (**Mohammedi, 2016 ; Khadidja et al., 2020**).

Ses graines, lorsqu'elles sont crues et broyées, sont ingérées comme vomitif (**Ghazanfar, 1994**). Ses racines, quant à elles, sont traditionnellement découpées en lanières à la manière du siwak et employées pour l'hygiène bucco-dentaire (**Bellakhdar, 1997**). Enfin, l'infusion ou la décoction de ses feuilles est utilisée pour ses effets anti-stérilité, anti-lithiase et anti-inflammatoire, ainsi que pour favoriser la régénération cutanée en cas de brûlures profondes (**Bounouar et al., 2022**).

III.8.5.1 Activité antioxydante

Les flavonoïdes présents dans *Atriplex halimus* possèdent une activité antioxydante significative. Ils agissent en neutralisant les radicaux libres et en chélatant les ions métalliques impliqués dans la production d'espèces réactives de l'oxygène (**Cotelle, 2001 ; Liyana-Pathirana et Shahidi, 2006**). Par ailleurs, plusieurs études ont mis en évidence la présence de phénols totaux, de saponines glycosides, d'alkaloïdes, de tannins, de résines et de betaines dans les extraits et huiles essentielles de cette plante. Ces composés permettent de réduire le stress oxydatif en libérant de l'hydrogène et en participant au piégeage des radicaux (**Emam, 2011; Benhammou et al., 2009**).

III.8.5.2. Activité anti-inflammatoire

Les flavonoïdes d'*Atriplex halimus* L. présentent des propriétés anti-inflammatoires en modulant la réponse immunitaire. Ils inhibent certaines enzymes pro-inflammatoires et limitent la libération de médiateurs inflammatoires, tels que l'histamine (**Halliwell, 1994; González-Gallego et al., 2007**). De plus, des flavonoïdes spécifiques comme la quercétine, le kaempférol et la myricétine ont démontré leur capacité à inhiber la cyclooxygénase (COX), une enzyme impliquée dans les processus inflammatoires (**Kim et al., 2004; Skerget et al., 2005**).

III.8.5.3. Activité anticancéreuse

Les flavonoïdes et autres polyphénols présents dans *Atriplex halimus* pourraient jouer un rôle préventif dans le développement des cancers. Leur mécanisme d'action repose notamment sur la neutralisation des agents mutagènes, la stimulation de la

réparation de l'ADN altéré, l'induction de l'apoptose et l'inhibition de la prolifération cellulaire (Kähköen et al., 1999; Scalbert et al., 2002).

III.8.5.4. Activité antiallergique

Certaines molécules flavonoïdiques d'*Atriplex halimus* L. exercent également une activité antiallergique. La quercétine, en particulier, possède un puissant effet inhibiteur sur la libération d'histamine par les astrocytes. Elle agit aussi en inhibant les enzymes impliquées dans la dégranulation des mastocytes et des basophiles (Ghedira, 2005).

III.8.6. Activités antimicrobiennes

Des recherches ont été menées sur l'activité antibactérienne des extraits de cette plante, montrant qu'ils sont efficaces contre plusieurs souches bactériennes pathogènes (Abdel Rahman et al., 2011; Ounaissia et al., 2020; Zian et al., 2020). Ces résultats confirment son usage traditionnel en médecine pour soigner les infections bactériennes.

Les principales sous-classes de flavonoïdes étudiées, à savoir les flavanones et les flavanols, ont été testées pour leur activité antifongique contre quatre champignons phytopathogènes affectant les céréales : *Alternaria spp.*, *Cladosporium spp.*, *Fusarium oxysporum* et *Trichoderma harzianum*. Les résultats ont montré que les flavanones et les flavonoïdes totaux étaient les plus efficaces dans l'inhibition de la croissance fongique (Houmani, 1988 ; Vrijssen et al., 1987).

III.8.7. Toxicité

La consommation d'*Atriplex halimus* L. est généralement sans danger pour le corps humain. Cependant, si la plante est cultivée avec des engrais inappropriés, la concentration de tartrate dans les feuilles peut augmenter, ce qui pourrait présenter un risque. De plus, les graines de cette plante contiennent des saponines, qui sont potentiellement toxiques, bien que leur absorption par l'organisme soit généralement faible. *Atriplex halimus* L. contient également une quantité élevée d'oxalate, une substance formée par la combinaison de calcium et d'oxalate, qui peut nuire aux reins. Pour cette raison, sa consommation est déconseillée aux personnes souffrant de problèmes rénaux.

III.11. *Prunus persica* L.

III.11.1. Étymologie

Prunus persica L., appartenant à la famille des Rosacées, est une espèce largement cultivée et consommée dans le monde en raison de sa richesse en nutriments et

de ses nombreuses propriétés biologiques (Bassi et al., 2016). Actuellement, plus de 3000 cultivars de pêcher sont répertoriés (Kant et al., 2018).

L'étymologie du nom persica provient du latin et signifie « pêcher ». Ce terme a été attribué par le philosophe grec Théophraste, trois siècles avant notre ère, qui supposait que l'arbre était originaire de Perse. Les Romains, partageant cette croyance, l'ont nommé *Malumpersicum*, signifiant « pomme de Perse » (Conan, 2021).



Figure 11. *Prunus persica* L.

Prunus persica L. Source : Viagallica(s.d.).

https://viagallica.com/v/pecher_commun.htm

III.11.2. Classification botanique

Selon la classification systématique établie par Leterne et Lespinasse (2008),

Prunus persica est classé comme suit :

Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheobionta
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous-classe	Rosidae
Ordre	Rosales
Famille	Rosaceae
Sous-famille	Amygdaloideae
Genre	<i>Prunus</i>
Espèce	<i>Prunus persica</i>

III.11.3. Origine et répartition géographique

Prunus persica est originaire de Chine, où sa domestication remonte à plus de 4000 ans (**Faust et Timon, 1995**). La Chine reste aujourd'hui le principal producteur mondial de pêches, représentant 34 % des superficies de plantation et 37 % des rendements globaux (**FAO, 2016**). La littérature chinoise rapporte que la culture du pêcher remonte à 1000 J.-C., et son expansion vers l'ouest s'est faite par voie maritime jusqu'en Perse, puis via la route de la soie vers l'Inde et le Moyen-Orient. Les Grecs et les Romains l'ont introduit en Europe, le désignant sous le nom de « pêche » ou « pomme perse » (**Kant, 2018**).

L'expansion du pêcher s'est poursuivie grâce à l'armée romaine, qui a contribué à sa diffusion dans le bassin méditerranéen et en Europe (**Bassi et al., 2016**). Il est aujourd'hui cultivé dans les régions tempérées et subtropicales du globe, notamment en Asie occidentale, en Europe, dans l'Himalaya et en Inde jusqu'à une altitude de 1000 pieds (**Aziz et Rahman, 2013**). En Amérique du Nord et du Sud, il s'adapte à diverses conditions climatiques et types de sols (**Gasparotto et al., 2014**).

À l'échelle mondiale, les principaux pays producteurs sont la Chine (46 %), l'Italie (9 %), l'Espagne (7 %), les États-Unis (7 %) et la Grèce (4 %) (**Bassi et al., 2016**). En Algérie, *Prunus persica* occupe une place importante dans l'agriculture, se classant parmi les espèces fruitières les plus cultivées après le pommier, le poirier et l'abricotier (**Lahbari, 2015**).

III.11.4. Composition chimique

Prunus persica est une espèce végétale riche en métabolites secondaires, lui conférant une valeur nutritionnelle et thérapeutique significative. Elle contient une diversité de composés bioactifs, incluant des phénols, des flavonoïdes, des caroténoïdes et des tocophérols, qui lui confèrent des propriétés antioxydantes et protectrices contre le stress oxydatif (**Gasparotto et al., 2014**). Parmi les antioxydants majeurs identifiés, on retrouve les procyanidines, les anthocyanes, les catéchines et plusieurs acides phénoliques, tels que l'acide caféique, l'acide chlorogénique et l'acide p-coumarique (**Tomás-Barberán et al., 2001; Loizzo et al., 2015**). De plus, des glycosides cyanogéniques, comme l'amygdaline et le prunasin, ainsi que des stérols et des glycérides, ont été isolés, suggérant un potentiel d'application médicinale (**Fukuda et al., 2003**).

Les feuilles de *P. persica* se distinguent par leur richesse en flavonoïdes, tanins, alcaloïdes et anthocyanes, ce qui leur confère des propriétés biologiques intéressantes, notamment antioxydantes, anti-inflammatoires et anticancéreuses (**Benmehdi et al., 2017**).

Elles contiennent également des saponines, connues pour leurs effets hypocholestérolémiants et hypoglycémiant, ainsi que des glycosides utilisés dans le traitement de l'insuffisance cardiaque congestive et des arythmies cardiaques (**Bhat et al., 2020**). L'acide ursolique, un autre métabolite isolé, est reconnu pour ses effets anti-inflammatoires et protecteurs (**Kazan et al., 2014**).

Parmi les flavonoïdes identifiés dans *Prunus persica*, la quercétine est l'un des plus dominants (**Deb et al., 2010**). La quercétine est un flavonoïde naturel doté d'une structure flavonol caractérisée par un agencement C6-C3-C6. Ce composé bioactif joue un rôle essentiel dans de nombreuses fonctions biologiques grâce à ses propriétés antioxydantes, lui permettant de neutraliser les espèces réactives de l'oxygène et de l'azote, et de limiter le stress oxydatif. Ses effets pharmacologiques incluent des actions anti-inflammatoires, immunomodulatrices et cardiovasculaires, tandis que ses propriétés antimicrobiennes sont liées à son interaction avec des cibles moléculaires impliquées dans la viabilité bactérienne, ce qui en fait une molécule d'intérêt pour le développement de nouvelles stratégies thérapeutiques (**Magar et Sohng, 2020**).

III.11.5. Applications pharmacologiques

Prunus persica L. est une plante largement exploitée en médecine traditionnelle, notamment en Chine, pour ses propriétés pharmacologiques. Ses différentes parties, telles que les fleurs, les feuilles et les graines, présentent des activités thérapeutiques diversifiées (**Shen et al., 2017**). Les fleurs de *P. persica* possèdent des effets prokinétiques favorisant la motilité intestinale (**Han et al., 2015**) et une action purgative (**Takagi et al., 1977**). Elles sont également utilisées en cosmétique pour leurs effets inhibiteurs sur la mélanogenèse (**Murata et al., 2014**) et leur capacité à protéger la peau contre les dommages induits par les rayons UV (**Kwak et al., 2018 ; Kim et al., 2002**). Par ailleurs, des études ont démontré leurs effets anti-obésité, attribués à la présence de flavonoïdes comme l'astragaline, l'isoquercitrine et l'hyperoside, qui stimulent la lipolyse, ainsi qu'au kaempférol et à la quercitrine, qui inhibent l'adipogenèse (**Ohkoshi et al., 2007 ; Torres-Villarreal et al., 2019 ; Lee et al., 2011**). De plus, l'acide chlorogénique réduit l'adiposité et améliore le

métabolisme lipidique (Cho et al., 2010), tandis que la rutine régule la glycémie et augmente la dépense énergétique (Yuan et al., 2017). Concernant les feuilles, elles présentent des propriétés antiparasitaires, sédatives, diurétiques et insecticides. Elles sont traditionnellement employées dans le traitement de la leucodermie et des hémorroïdes, et en application locale pour éliminer les vers des plaies et traiter les infections fongiques

(Aziz et Rahman, 2013). Un composé majeur des feuilles, le Multiflorin A, a montré un potentiel inhibiteur de l'absorption intestinale du glucose (Goto et al., 2012). Une étude récente a révélé que les extraits aqueux et éthanoliques des feuilles de *P. persica* var. *Florida Prince* présentent une activité antioxydante supérieure à celle des graines, de la pulpe et des fruits, attribuée à la présence de flavonols (Mostafa et al., 2021). En médecine traditionnelle, les feuilles sont également utilisées comme diurétiques, laxatifs et fébrifuges, et en usage externe pour soulager les rhumatismes, les démangeaisons et les inflammations (Sumaira et Habib, 2013; Messaoudiet Mohellebi, 2019). Enfin, des études ont démontré leur effet hépatoprotecteur contre les lésions hépatiques induites par le tétrachlorure de carbone (Preeti et al., 2010).

III.11.5.1. Activité anthelminthique

Les substances anthelminthiques sont des composés capables d'éliminer les parasites internes. Une étude a évalué l'activité anthelminthique des extraits aqueux et méthanoliques des feuilles de *Prunus persica* L. sur des vers de terre, en raison de leur similitude physiologique avec les parasites gastro-intestinaux. Les résultats ont révélé un effet narcotique et léthal, proportionnel à l'augmentation des concentrations, probablement en raison de la présence de composés phénoliques, notamment des tanins (Usharani et al., 2014). Par ailleurs, Kumar et Chaudhary (2015) ont analysé l'effet anthelminthique de trois extraits (éthanolique, acétate d'éthyle et éther de pétrole) des feuilles de *P. persica* L., en utilisant le citrate de pipérazine comme référence. Ils ont constaté que l'activité anthelminthique était dose-dépendante, confirmant ainsi l'effet antiparasitaire de ces extraits.

III.11.5.2. Activité anti-inflammatoire

L'inflammation est une réponse physiologique essentielle permettant de protéger les tissus contre les agressions et d'éliminer d'éventuels agents pathogènes (Ashley et al., 2012). Bhattacharjee et al. (2011) ont évalué l'effet anti-inflammatoire d'un extrait aqueux des feuilles de *Prunus persica* L. sur un modèle d'œdème induit par la carragénine.

Leurs résultats ont montré que l'extrait conférait une protection contre l'inflammation chez les animaux de laboratoire, soutenant ainsi son usage traditionnel en phytothérapie.

III.11.5.3. **Activité antioxydante**

Les feuilles de *Prunus persica* L. sont riches en polyphénols, notamment en tanins, flavonoïdes et acides phénoliques, reconnus pour leurs puissantes propriétés antioxydantes. Ces composés, même à faible concentration, ont la capacité de neutraliser le stress oxydatif en piégeant les radicaux libres, contribuant ainsi à la protection des macromolécules biologiques contre leur effet délétère (**Maatallah et al., 2019**).

III.11.5.4. **Activité anticancéreuse**

Les feuilles de *Prunus persica* L. contiennent divers métabolites secondaires, notamment des alcaloïdes, des tanins, des saponines, des stéroïdes et des flavonoïdes, qui présentent une activité cytotoxique contre les cellules cancéreuses du sein et du col de l'utérus. L'étude de **Bhat et al. (2020)** a révélé que ces extraits induisent l'apoptose des cellules tumorales par des modifications morphologiques, la fragmentation nucléaire et l'altération de l'ADN, suggérant leur potentiel en oncologie.

III.11.6. **Activités antimicrobiennes**

Prunus persica L. est reconnu pour ses propriétés biologiques, notamment son activité antimicrobienne, antibactérienne et antifongique. Ses différentes parties, riches en composés bioactifs, ont démontré une efficacité contre divers micro-organismes pathogènes. Cette activité est attribuée principalement à la présence de flavonoïdes, de tanins et d'autres métabolites secondaires aux effets antimicrobiens avérés (**Kant et al., 2018**). Les extraits des feuilles de *Prunus persica* L. ont démontré une activité antibactérienne contre plusieurs bactéries à Gram positif et à Gram négatif à une concentration de 20 mg/ml. En particulier, *Pseudomonas aeruginosa* et *Klebsiella pneumoniae* (Gram négatif), ainsi que *Staphylococcus aureus* (Gram positif), ont présenté une sensibilité marquée, avec des zones d'inhibition variant entre 8 et 15 mm selon l'extrait utilisé (**Messaoudi et Mohellebi, 2019**).

L'activité antibactérienne semble être plus prononcée contre *Staphylococcus aureus* et *Listeria monocytogenes*. De plus, les extraits en solution de DMSO ont montré une inhibition significative de la croissance de *Candida albicans*, en particulier avec l'extrait issu de la variété Chatos (Belhadj et al., 2016). Aussi, l'évaluation de l'activité antibactérienne des extraits de *Prunus persica* L. a révélé que *Staphylococcus aureus* était la souche la plus sensible. Les valeurs de concentration minimale inhibitrice (CMI) ont été de 2 mg/ml pour les extraits obtenus avec de l'acétone pure et de l'éthanol à 60 %, de 2,2 mg/ml pour les extraits à base d'éthanol pur et de méthanol pur, et de 10 mg/ml pour l'acétone à 60 %. En revanche, *Pseudomonas aeruginosa* et *Klebsiella pneumoniae* se sont révélées moins sensibles (Messaoudi et Mohellebi, 2019).

Les extraits des feuilles de *Prunus persica* L. n'ont montré aucune activité antifongique contre *Trichoderma afroharzianum* (Messaoudi et Mohellebi, 2019). Toutefois, l'extrait en DMSO de la variété Chatos a démontré une inhibition significative de *Candida albicans*, suggérant une activité antifongique potentielle en fonction du type d'extrait et de la variété étudiée (Belhadj et al., 2016).

III.11.7. Toxicité

À l'heure actuelle, aucune étude scientifique n'a rapporté de toxicité aiguë ou chronique associée à l'utilisation des feuilles de *Prunus persica* chez l'être humain. Les publications disponibles se concentrent principalement sur les propriétés pharmacologiques de la plante, telles que ses activités antioxydantes et anti-inflammatoires, sans mentionner d'effets délétères sur les organes vitaux ni de réactions indésirables majeures. De plus, aucune expérimentation animale ne signale de signes de toxicité significative liés aux extraits foliaires de cette espèce. En l'absence de données toxicologiques probantes, les feuilles de *P. persica* sont considérées comme non toxiques dans les conditions et doses étudiées jusqu'à présent.

III.12. *Haloxylon articulatum*

III.12.1. Etymologie

Haloxylon articulatum, appartenant à la famille des Chenopodiaceae, est une plante médicinale autochtone largement exploitée dans les régions du sud-ouest de l'Algérie à des fins thérapeutiques (Fatehi et al., 2017). Localement appelée « Remth », elle figure parmi les espèces les plus prisées dans la médecine traditionnelle pour ses usages ethnopharmacologiques (Allaoui et al., 2016).

III.12.2. Classification botanique

La classification taxonomique adoptée pour *Haloxylon articulatum* suit le système utilisé par Boucherit et al. (2018), basé sur une approche classique :

Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheobionta
Embranchement	Spermatophytes
Sous-embranchement	Angiospermes
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous-classe	Caryophyllidae
Ordre	Caryophyllales
Famille	Amaranthaceae
Genre	<i>Haloxylon</i>
Espèce	<i>Haloxylon articulatum</i>

III.12.3. Répartition géographique

Une étude menée par Greuter et al. (1984) a révélé que cette plante, le "ramth", se trouve sur un large territoire qui s'étend de l'Espagne, traversant l'Irak et la Jordanie jusqu'à l'est. Cette plante se rencontre dans de nombreux pays situés dans cette zone géographique, notamment en Algérie, Tunisie, Libye, Égypte, et Palestine. Les recherches effectuées en Algérie ont démontré que la plante se distribue tout au long du désert du nord, s'étendant de l'ouest à l'est, et se rencontre sur les pentes et terrains désertiques. Elle est aussi présente dans les régions montagneuses du nord, entre les chaînes de l'Atlas saharien, bien que sa concentration soit plus importante dans le sud du pays. Parmi les principales zones où elle est particulièrement abondante, on trouve le sud-ouest de M'Sila, le sud de Biskra, les alentours de Ghardaïa, Berriane, la wilaya d'El Bayadh, Ain Sefra, et jusqu'à Beni Ounif, au sud. (Négre, 1960; Paris et Moyse, 1981).

III.12.4. Composition chimique

Les espèces appartenant à la famille des Chénopodiacées sont reconnues pour leur diversité chimique, incluant notamment des composés phénoliques, des terpènes et divers types d'alcaloïdes (El-Shazly et al., 2010). En particulier, les plantes du genre *Haloxylon* se distinguent par une richesse en métabolites secondaires, parmi lesquels on retrouve des alcaloïdes, des flavonoïdes glycosylés, des stérols et des dérivés de pyranone (El-Shazly et al., 2006; Li et al., 2010). Une étude préliminaire réalisée sur *Haloxylon articulatum* a mis en évidence la présence de plusieurs groupes de composés bioactifs, tels que des flavonoïdes, des tanins, des saponines, des anthocyanes, des alcaloïdes ainsi que des terpènes et des stéroïdes (Benkherara et al., 2021).

Selon Tamma et al. (2017), la composition phénolique de *Haloxylon articulatum* révèle que la nobiletine est le composé le plus abondant dans les extraits méthanoliques de la plante. Elle atteint une concentration de 125,7 µg/mL, ce qui la place devant l'acide trans-hydroxycinnamique (94,44 µg/mL) et la lutéoline-7-O-glucoside (76,077 µg/mL). Cette dominance quantitative, combinée à la nature flavonoïde bien connue de la molécule, suggère un rôle majeur de la nobiletine dans les activités biologiques attribuées à cette espèce végétale (Tamma et al., 2017).

III.12.5. Les activités pharmacologiques

Les plantes du genre *Haloxylon* sont utilisées par les populations nomades pour diverses activités domestiques, contribuant également à la lutte contre la désertification. Selon plusieurs études réalisées dans diverses régions du sud et dans certains pays arabes, cette plante jouit d'une grande popularité en médecine traditionnelle pour le traitement de nombreuses affections internes et externes. Cependant, il est important de faire preuve de prudence quant aux doses administrées. Parmi les principales pathologies traitées, on trouve l'empoisonnement par les scorpions, les douleurs gastriques, les blessures et infections, l'infertilité, les troubles urinaires, le rhumatisme, le rhume, le diabète et les affections oculaires (Cheriti et al., 1995). Les parties les plus fréquemment utilisées de la plante sont ses parties supérieures (Bnouham et al., 2002).

III.12.6. L'activité antimicrobienne

Haloxylon articulatum a été étudiée dans plusieurs travaux. Lamchouri et al. (2012) ont observé une inhibition spécifique de *Staphylococcus aureus* par l'extrait à l'éthyl-acétate, sans effet sur d'autres bactéries ou sur *Candida albicans*.

Plus récemment, **Lakhdari et al. (2024)** ont rapporté une activité bactéricide de l'extrait méthanolique contre *S. aureus* et *E. coli*, ainsi qu'une activité antifongique marquée contre *Thielaviopsis paradoxa* et *Alternaria sp.*. Ces résultats convergent vers un potentiel antimicrobien spécifique de cette espèce.

III.12.7. Toxicité

L'usage de plantes médicinales peut présenter des risques, notamment en raison de leur potentielle toxicité. Le Centre Marocain Antipoison (**CAPM, 2010**) rapporte que les plantes seraient impliquées dans 3 à 5 % des cas d'intoxication enregistrés, dont 17 % ont conduit à des décès. Dans ce contexte, les études de toxicité aiguë sont essentielles pour évaluer les effets nocifs d'une substance après une exposition unique ou de courte durée (**Krishnaraju et al., 2005**). Selon **Kharchoufa et al. (2020)**, l'extrait de *Haloxylon* présente une DL50 orale de 5000 mg/kg chez le rat, ce qui le classe parmi les substances légèrement toxiques.

Chapitre2.

Flore microbienne

II. Bactéries étudiées

I.1. *Staphylococcus aureus*

Staphylococcus aureus a été identifié pour la première fois en 1880 par le chirurgien *Alexander Ogston*, à Aberdeen, en Écosse, alors qu'il analysait des prélèvements d'abcès purulents chez ses patients. Cette bactérie fait partie du genre *Staphylococcus*, classé dans le phylum Firmicutes. Elle se présente sous forme sphérique, d'environ 0,8 µm de diamètre, et se regroupe typiquement en amas évoquant des grappes de raisin lorsqu'elle est observée au microscope. C'est une bactérie à Gram positif, capable de croître aussi bien dans des conditions aérobies qu'anaérobies. Elle se développe idéalement à une température de 37°C et à un pH avoisinant 7,4 (**Foster, 2002; Guo et al., 2020**). Sur gélose au sang, les colonies de *S. aureus* apparaissent épaisses, brillantes, bien rondes, et mesurent généralement entre 1 et 2mm. La plupart des souches provoquent une hémolyse, c'est-à-dire la destruction des globules rouges, ce qui crée un halo clair autour des colonies (**Foster, 2002 ; Guo et al., 2020**). Bien qu'elle ne forme ni spores ni flagelles, cette bactérie est entourée d'une capsule qui lui procure une certaine résistance face au système immunitaire de l'hôte. Elle produit également un pigment jaune doré caractéristique et est capable de fermenter le mannitol, un sucre utilisé dans certains milieux de culture sélectifs (**Guo et al., 2020**).

Au laboratoire, *S. aureus* est identifiée grâce à plusieurs tests biochimiques. Le test de coagulase est notamment un indicateur fiable, car il est généralement positif chez cette espèce. Elle présente également une fermentation positive du lactose et une activité enzymatique de désoxyribonucléase (**Foster, 2002 ; Guo et al., 2020**).

Staphylococcus aureus est un agent pathogène redouté, impliqué dans de nombreuses infections à la fois hospitalières et communautaires. Il peut être responsable de diverses maladies allant d'infections cutanées superficielles à des infections graves comme l'endocardite, l'ostéomyélite, la bactériémie ou encore certaines formes sévères de pneumonie (**Turner et al., 2019; Guo et al., 2020**).

La résistance aux antibiotiques de *S. aureus*, notamment aux β-lactamines, repose sur deux types de mécanismes. Le premier est extrinsèque : la bactérie produit des enzymes appelées β-lactamases, capables de dégrader l'antibiotique et de neutraliser son action. Le second est intrinsèque : il s'agit de modifications des protéines de liaison à la pénicilline (PLP), situées à la surface bactérienne. Ces altérations empêchent les antibiotiques de se fixer correctement, réduisant ainsi leur efficacité (**Quincampoix et Mainardi, 2001**).

La résistance à la pénicilline, en particulier, fait l'objet d'une surveillance accrue dans de nombreuses régions, y compris en Afrique. D'après le rapport *GLASS* publié par l'OMS en 2022, la proportion de souches de *S. aureus* résistantes à la pénicilline dans les hémocultures varie fortement d'un pays à l'autre, avec une médiane mondiale de 35 %, allant de 7 % à 50 % selon les régions. En Afrique subsaharienne, bien que les données soient encore incomplètes, on observe une tendance à la hausse, principalement due à la dissémination irrégulière de clones résistants dans la communauté (**Da et al., 2023**).

1.2. *Bacillus subtilis*

Bacillus subtilis est une bactérie du genre *Bacillus*, un groupe de micro-organismes ubiquitaires présents dans une diversité d'environnements tels que les sols, les plantes, les milieux marins, les sources hydrothermales et d'autres habitats extrêmes (**Bouzeiraib et Mekiou, 2022**). Le terme *Bacillus*, d'origine latin, signifie « petit bâton », en référence à la morphologie en bâtonnet de ces bactéries (**Bechibchi et al., 2008**).

Parmi les espèces les plus abondamment isolées du sol (**Saxena et al., 2020**), *B. subtilis* est largement étudiée, notamment pour son rôle en tant que rhizobactérie promotrice de croissance végétale (PGPR), sa non-pathogénicité, sa capacité à former du biofilm, à sporuler et à produire divers métabolites secondaires, ce qui en fait un excellent modèle en microbiologie (**Kovács, 2019**).

L'une de ses caractéristiques clés est la sporulation, qui lui permet de produire des endospores hautement résistantes à divers stress abiotiques tels que la dessiccation, les variations de température ou la carence en nutriments. Cette aptitude assure sa survie en conditions hostiles et facilite sa conservation à long terme sous forme de produits biofertilisants stables (**Lugtenberg, 2015**). Une fois introduite dans un sol agricole, et lorsque les conditions deviennent favorables, les spores de *B. subtilis* peuvent germer et reprendre une activité métabolique normale (**Charron-Lamoureux et al., 2020; Tsotetsi et al., 2022**).

Grâce à ses multiples propriétés bénéfiques, cette espèce constitue une candidate prometteuse pour des applications agricoles et elle est déjà utilisée dans des formulations commerciales telles que *Serenade*, *Subtilex* et *Cease* (**Earl et al., 2008 ; Todorova et Kozhuharova, 2009 ; Borriss, 2015**).

I.3. *Pseudomonas aeruginosa*

Pseudomonas aeruginosa est une bactérie à Gram négatif de forme allongée, dépourvue de spores et munie d'un unique flagelle polaire. Elle présente souvent une apparence légèrement irisée et dégage une odeur caractéristique évoquant le raisin ou parfois la tortilla. Cette espèce se développe idéalement entre 25°C et 37°C, mais sa capacité à croître jusqu'à 42 °C permet de la distinguer d'autres espèces du même genre (Wu et al., 2015 ; Azam et Khan, 2019).

Parmi les pigments qu'elle peut produire, on retrouve notamment la pyocyanine, responsable de sa coloration bleu-vert, la pyoverdine, de couleur jaune-vert et fluorescente, ainsi que la pyorubine, qui a une teinte rouge-brun (Wu et al., 2005). Son unique flagelle, composé de flagelline, joue un rôle essentiel dans plusieurs fonctions biologiques, telles que la mobilité, l'adhérence aux surfaces et la formation de biofilms (Wu et al., 2015 ; Azam et Khan, 2019).

Pseudomonas aeruginosa est un agent pathogène opportuniste, fréquemment impliqué dans les infections respiratoires graves, notamment chez les patients immunodéprimés ou sous ventilation mécanique. Elle est aussi couramment retrouvée dans les infections chroniques des voies respiratoires chez les personnes atteintes de mucoviscidose (Chastre et Trouillet, 2000; Chastre et Fagon, 2002). Elle est particulièrement redoutée en milieu hospitalier, car elle est associée à une forte mortalité dans les cas de pneumonie liée à la ventilation assistée, connue sous le nom de VAP (*Ventilator-Associated Pneumonia*) (Brewer et al., 1996 ; Rello et al., 1997).

Cette bactérie possède une capacité naturelle à résister à de nombreuses classes d'antibiotiques. Plusieurs mécanismes sont en cause, notamment l'action de pompes d'efflux multi-drogues, qui permettent d'éliminer activement divers antibiotiques comme les céphalosporines, les uréidopénicillines, les fluoroquinolones et les aminoglycosides. À cela s'ajoutent des enzymes capables de modifier les aminoglycosides, la production de bêta-lactamases, ainsi que des altérations des cibles des antibiotiques. Ces altérations concernent notamment la gyrase de l'ADN et la topoisomérase IV, dont les mutations sur les gènes *gyrA* et *parC* entraînent une diminution de la sensibilité aux fluoroquinolones (Kerr et Snelling, 2009; Azam et Khan, 2019).

1.4. *Escherichia coli*

Escherichia coli est une bactérie appartenant à la famille des Enterobacteriaceae, classée au sein de la classe des Gammaproteobacteria (Edwards et Ewing, 1962; Bettelheim, 1994). Elle constitue l'un des membres les plus représentatifs du microbiote intestinal des vertébrés. Chez l'homme, *E. coli* est une espèce majoritaire au sein de la flore aérobie, avec une prévalence qui dépasse les 90 %. Bien que majoritairement commensale, cette bactérie peut devenir un pathogène opportuniste chez les mammifères comme chez les oiseaux. Elle est impliquée dans une grande diversité d'infections, à la fois intestinales et extra-intestinales. Les infections intestinales comprennent différents types de diarrhées, dont certaines formes sévères comme le syndrome hémolytique et urémique (SHU). Côté extra-intestinal, *E. coli* est responsable de pathologies fréquentes telles que les infections urinaires, ainsi que d'affections plus graves comme les infections pulmonaires, cutanées, intra-abdominales, méningites néonatales et bactériémies. Ces infections peuvent avoir des conséquences cliniques sérieuses : les infections urinaires sont fréquentes et parfois récidivantes, le SHU peut entraîner une insuffisance rénale aiguë chez l'enfant, tandis que les méningites néonatales peuvent laisser des séquelles neurologiques durables, voire conduire au décès (Liu et al., 2020 ; Denamur et al., 2021). Chez *Escherichia coli*, la résistance aux antibiotiques, en particulier aux β -lactamines, est principalement liée à la présence de gènes spécifiques. L'un des plus courants, le gène blaTEM-1, est fréquemment retrouvé chez les souches d'origine animale. Il code pour une β -lactamase à spectre étroit, capable d'inactiver certaines pénicillines et aminopénicillines. Toutefois, au cours des dernières années, de nouvelles classes de gènes ont émergé, codant pour des β -lactamases à spectre élargi (ESBLs) et des β -lactamases de type AmpC, détectées à la fois chez des souches humaines et animales. De manière plus préoccupante, des gènes codant pour des carbapénémases ont également été identifiés, bien que de façon plus ponctuelle, dans des souches animales. Ces enzymes confèrent une résistance aux carbapénèmes, une classe d'antibiotiques de dernier recours, ce qui limite fortement les options thérapeutiques. Ainsi, la résistance aux β -lactamines chez *E. coli* est un phénomène complexe et multifactoriel, résultant principalement de la diffusion de ces différents gènes de résistance (Poirel et al., 2018). De façon plus générale, la résistance aux antibiotiques chez *E. coli* est en constante augmentation, au point qu'elle figure désormais parmi les douze pathogènes prioritaires établis par l'Organisation mondiale de la santé. *E. coli* regroupe à la fois des souches commensales généralement inoffensives mais qui peuvent devenir pathogènes chez des hôtes immunodéprimés, et des souches pathogènes adaptées à

des niches spécifiques. Ces dernières sont capables de causer un large éventail d'infections grâce à l'acquisition de facteurs de virulence particuliers (Liu et al., 2020).

I.5. *Klebsiella pneumoniae*

Le genre *Klebsiella* a été établi par Trevisan en 1887 en hommage au microbiologiste allemand Edwin Klebs. L'espèce type, *Klebsiella pneumoniae*, anciennement connue sous le nom de pneumobacille de Friedlander, a été initialement isolée dans les poumons d'un patient décédé d'une pneumonie (Freney, 2000). Les bactéries du genre *Klebsiella* appartiennent à la famille des Enterobacteriaceae. Elles se présentent sous forme de bacilles, sont caractérisées par leur immobilité constante et se regroupent généralement en diplobacilles. Ces bactéries sont souvent entourées d'une capsule et produisent des colonies à aspect mucoïde (Janda, 2006). Ce genre comprend cinq espèces différenciées par leurs caractéristiques biochimiques, *Klebsiella pneumoniae* étant l'espèce type en raison de sa fréquence élevée en pathologie humaine (Brisse, 2006). Cette espèce possède l'ensemble des caractéristiques communes aux Enterobacteriaceae. *Klebsiella pneumoniae* est une bactérie commensale du microbiote de l'homme et de certains animaux. Elle est impliquée dans diverses infections communautaires, notamment urinaires et respiratoires, ainsi que dans des infections opportunistes chez les patients hospitalisés (Avril, 2000). Elle est reconnue comme une espèce pathogène opportuniste (Brisse, 2006).

I.6. *Candida albicans*

Candida albicans est une levure appartenant au genre *Candida*, qui comprend environ 200 espèces caractérisées par l'absence de pigmentation, de capsule, et par un bourgeonnement multilatéral. À l'exception de *C. glabrata*, la majorité des espèces de ce genre peuvent former des filaments (Anofel, 2014). *C. albicans* est un eucaryote doté d'un noyau entouré d'une double membrane, de chromosomes, de mitochondries ainsi que d'inclusions lipidiques. Il contient également plusieurs enzymes, notamment des phosphatases, des oxydases et des peroxydases (Bourée, 2001). La principale particularité structurale qui distingue cette levure des cellules eucaryotes classiques est la présence d'un système vacuolo-vésiculaire, étroitement associé au cycle cellulaire et à la division. Ce système intervient de manière cruciale dans la synthèse de la paroi cellulaire (Barelle et al., 2006). Cette paroi assure à la levure sa morphologie et sa rigidité mécanique, tout en constituant une interface de communication avec l'environnement (Ruiz-Herrera, 2006). Par ailleurs, le terme spécifique albicans, issu du latin, signifie « blanc », en raison de l'aspect blanchâtre que présente cette levure.

Partie pratique

II. Matériel et méthodes

I.1. Matériel

L'étude du potentiel médicinal des plantes suscite un intérêt croissant. Ces végétaux sont désormais considérés comme une source précieuse de composés bioactifs, dotés d'un fort potentiel pour des applications thérapeutiques variées (Khyl et Peredera, 2023).

I.1.1. Matériel végétal

Notre étude a été réalisée sur un mélange de plantes achetées sur le marché local, sous forme sèche et solide. Après identification botanique, chaque échantillon a été soigneusement nettoyé à l'air libre pour éliminer les impuretés, puis réduit en poudre fine à l'aide d'un broyage manuel.

Les poudres obtenues ont été conservées dans des contenants hermétiques, à l'abri de la lumière, de l'humidité et de la chaleur, en attendant leur utilisation pour les extractions.



Figure 12. *Zingiber officinale* (زنجبيل)



Figure 13. *Atriplex halimus* (القطف)



Figure 14. *Berberis vulgaris* اغريس



Figure 15. *Haloxylon articulatum* الرمث



Figure 16. *Aristolochia longa* برتسم



Figure 17. *Cresson alénois* حب الرشاد



Figure 18. *Nigella sativa* حبة السوداء



Figure 19. *Arisarum vulgare* البقوكة



Figure 20. *Trigonella foenum-graecum* الحلبة



Figure 21. *Prunus persica* ورق الخوخ



Figure 22. *Curcuma longa* كركم



Figure 23. *Linum usitatissimum* زريعة الكتان

I.1.2. Matériel biologique

L'activité antimicrobienne de l'extrait des différentes plantes a été évaluée sur cinq souches bactériennes et une souche fongique afin d'étudier son effet inhibiteur. Les souches utilisées sont des souches de référence, présentées dans le **tableau 2**.

Tableau 2. Souches de référence employées dans l'évaluation de l'activité antimicrobienne

Microorganismes	Gram	Code
<i>Staphylococcus aureus</i>	+	ATCC 29213
<i>Bacillus subtilis</i>	+	ATCC 6633
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	-	ATCC 27853
<i>Escherichia coli TEM-1</i>	-	ATCC 35218
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	-	ATCC 700603
<i>Candida albicans</i>		ATCC 10231

I.1.3. Milieux de culture

Les milieux de culture jouent un rôle fondamental dans la multiplication des micro-organismes, étape indispensable à l'évaluation de l'activité antimicrobienne. Les milieux utilisés dans le cadre de cette étude sont présentés dans le **tableau 3**.

Tableau 3. Milieux de culture employés pour la prolifération microbienne et les tests d'activité antimicrobienne

Milieu de culture	pH	Utilisation
Gélose nutritive	6.0	Pour la conservation des souches
Bouillon Mueller Hinton	7.4	Pour le repiquage des bactéries
Gélose Mueller-Hinton	7.4	Pour l'évaluation d'activité antimicrobienne des bactéries
Bouillon Sabouraud	5.6	Pour le repiquage de levure
Gélose Sabouraud	5.6	Pour l'évaluation d'activité antimicrobienne de levure

I.2. Méthodes

I.2.1. Préparation des extraits à partir du matériel végétal

Afin de préparer l'extrait, un mélange en poudre des plantes étudiées est utilisé ainsi que de l'éthanol à 96% et du Méthanol à 96%.

- ✓ Une quantité de 35,58 g d'un mélange de plantes médicinales est dissoute dans 500 ml de deux solvants: éthanol à 96 %, méthanol à 96 % et eau distillée.
- ✓ Le mélange a été agités manuellement jusqu'à obtention d'une solution homogène.

- ✓ L'erenmeyer a été fermé hermétiquement à l'aide d'un bouchon en téflon, puis enveloppé dans du papier aluminium pour protéger les extraits de la lumière et prévenir toute oxydation.
- ✓ Le mélange a été placé sous agitation magnétique, à température ambiante ($\approx 25\text{ }^{\circ}\text{C}$), pendant une durée de sept jours pour permettre l'extraction par macération.

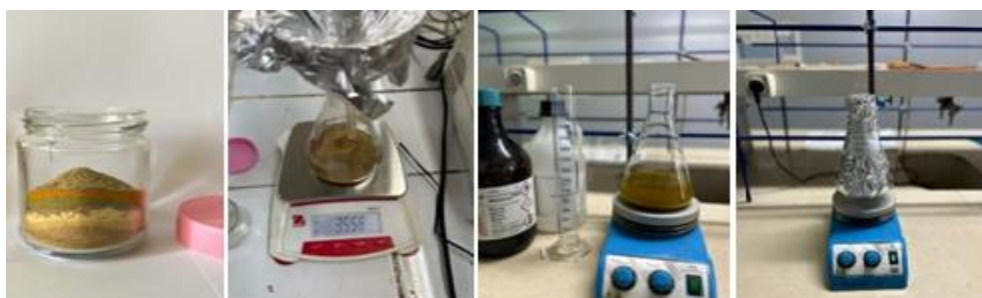


Figure 24. Etapes d'extraction par macération à froid.

- ✓ Une filtration a été réalisée après la précipitation des extraits dans les différents solvants afin d'extraire la partie solide de la solution et pour éliminer les impuretés.



Figure 25. Filtration des extraits

- ✓ L'évaporation a été réalisée par évaporateur rotatif, cette technique permet de séparer efficacement des mélanges liquides comportant des substances aux points d'ébullition distincts, ainsi que de fractionner les constituants d'un mélange homogène. Les extraits ainsi obtenus sont ensuite utilisés pour diverses analyses biologiques.

En effet, l'évaporateur rotatif fonctionne sur le principe de la distillation sous vide partiel. La solution est soumise à une rotation continue afin d'augmenter la surface de contact avec l'air, favorisant ainsi l'évaporation. Simultanément, la pression est abaissée, généralement à l'aide d'une pompe à vide, ce qui permet une évaporation à des températures inférieures à celles normalement requises pour les liquides concernés (**Offoumou et al., 2019**). Selon la procédure décrite par **Alshalmani et Bozakouk (2017)**, la première étape consiste à

nettoyer l'appareil et à vérifier son bon fonctionnement, notamment en s'assurant que le flacon collecteur est correctement fixé sous le condenseur afin de récupérer le solvant évaporé. Le réfrigérant doit être rempli d'eau glacée pour limiter le risque de surchauffe. Ensuite, le ballon contenant la solution à évaporer est installé sur le rotateur et immergé dans un bain-marie. Les paramètres sont réglés, généralement à une température de 40 °C avec une agitation modérée, conformément au protocole de **Li et al. (2018)**. Durant l'évaporation, une surveillance rigoureuse est indispensable pour prévenir tout débordement ou surchauffe. Une fois le processus achevé, les extraits sont récupérés, ainsi que le solvant condensé dans le flacon collecteur. L'évaporateur rotatif doit être minutieusement nettoyé pour éliminer tout résidu, garantissant ainsi sa préparation pour une utilisation future. Les extraits obtenus sont ensuite transférés dans de petits flacons en verre et séchés dans une étuve à 60 °C jusqu'à complète déshydratation.



Figure 26. Schéma récapitulatif de l'extraction à partir du mélange de plantes

I.2.2. Evaluation de l'activité antibactérienne

L'activité antimicrobienne de cet extrait vis-à-vis des microorganismes (bactéries et levure) est évaluée par :

- Technique de diffusion en puits.
- Détermination des concentrations inhibitrices (CMI).

I.2.2.1. Stérilisation du matériel

✓ L'ensemble du matériel utilisé comme l'eau distillée, les embouts de micropipette, les milieux de culture et les tubes à essai enveloppés dans du papier aluminium pour les préparations bactériennes a été stérilisé à l'autoclave à 121°C pendant 15 minutes.

I.2.2.2. Préparation des dilutions de l'extrait

✓ Une solution mère a été préparée en dissolvant 0,3 g d'extrait dans 3 ml de DMSO à 5 %. À partir de cette solution, une dilution au 1/2 a été réalisée en mélangeant un volume

égal de solution mère (1 ml) avec un volume de DMSO (1 ml). Ces deux préparations ont été utilisées respectivement comme extrait concentré et extrait dilué pour les tests d'activité antimicrobienne.

I.2.2.3. Préparation des milieux de culture

- ✓ La gélose de *Mueller-Hinton* et de *Sabouraud* sont préparées à partir des milieux de culture déshydratés on ajoute la quantité nécessaire du milieu (poudre) dans un erlenmeyer contenant de l'eau distillée, puis on agite et on dépose le tout sur une plaque chauffante. Après dissolution complète, les milieux sont stérilisés à l'autoclave, puis coulés et répartis dans des boîtes de Pétri stériles. Ces dernières sont séchées pendant 30 min à température ambiante avant leur emploi.
- ✓ Les milieux *Mueller-Hinton* et *Sabouraud* sont préparés sous forme de bouillon en suivant la même procédure sans ajout d'agar, en les conservant ensuite dans des tubes et flacons stériles après stérilisation

I.2.2.4. Préparation de l'inoculum

- ✓ Une préculture a été réalisée à partir des souches de référence dans des milieux liquides spécifiques : bouillon *Mueller-Hinton* (MH) pour les bactéries et bouillon *Sabouraud* (SB) pour la levure.
- ✓ Incubés à 37°C pendant 24 heures afin d'assurer une croissance optimale.
- ✓ Les suspensions microbiennes ont ensuite été calibrées en ajustant la densité optique entre 0,08 et 0,1 à 600 nm à l'aide d'un spectrophotomètre, ce qui correspond à une concentration d'environ 10^8 UFC/ml.
- ✓ La suspension est ajustée en ajoutant du milieu de culture si la densité dépasse la valeur minimale, ou en ajoutant des colonies si elle est inférieure à la valeur maximale (**Gachkar et al., 2007; Houekou et al., 2016**).

I.2.2.5. Application de la technique de diffusion en puits

- ✓ Une fois l'inoculum microbien standardisé, il est réparti uniformément à l'aide d'un écouvillon stérile sur la surface du milieu *Mueller-Hinton* (pour les bactéries) ou du milieu *Sabouraud* (pour la levure), préalablement solidifié dans des boîtes de Pétri.
- ✓ Après un temps de repos de 15 minutes pour permettre une bonne diffusion, des puits de 6 mm de diamètre sont percés à l'aide de l'extrémité épaisse de pipettes Pasteur.
- ✓ Les puits 1 et 2 ont été remplis avec 100 µL de DMSO à 5 %, servant de témoin négatif.

- ✓ Pour préparer la solution de l'extrait, 300 mg de matière sèche ont été dissous dans 3 mL de DMSO à 5 %, obtenant une solution mère à une concentration de 100 mg/ml. Un volume de 100 µL de cette solution a été distribué dans les puits 5 et 6, correspondant à une quantité de 10 mg d'extrait par puits.
- ✓ Cette solution mère a ensuite été réalisée en mélangeant 1 ml de la solution à 100 mg/ml avec 1 ml de DMSO à 5 %, permettant d'obtenir une concentration finale de 50 mg/mL. À partir de cette solution diluée, 100 µL ont été introduits dans les puits 3 et 4, soit une quantité de 5 mg d'extrait par puits.
- ✓ Après dépôt de l'extrait, les boîtes ont été maintenues à température ambiante pendant une heure pour permettre une bonne pré diffusion. Elles ont ensuite été incubées à 37 °C pendant 24 heures pour les bactéries, et 48 heures pour la levure.
- ✓ L'activité antibactérienne a été déterminée en mesurant le diamètre des zones d'inhibition autour des puits à l'aide d'une règle graduée (Houekou *et al.*, 2016).

I.2.2.6. Détermination des concentrations inhibitrices (CMI)

La concentration minimale inhibitrice (CMI) est définie comme la plus faible concentration d'un agent antimicrobien capable d'inhiber visiblement la croissance d'un micro-organisme après une incubation standardisée (Kowalska-Krochmal et Dudek-Wicher, 2021). Elle constitue un paramètre essentiel pour évaluer de manière quantitative l'efficacité des antibiotiques, des extraits naturels ou de nouveaux agents antimicrobiens (Heithoff *et al.*, 2023). La méthode de microdilution en bouillon, réalisée dans des plaques de 96 puits, est couramment utilisée pour déterminer la CMI. Après incubation, généralement entre 18 et 24 heures à une température de 35 à 37°C, la croissance microbienne est évaluée visuellement en observant la turbidité des puits. Le puits contenant la plus faible concentration sans aucune turbidité est alors identifié comme représentant la CMI (Gajic *et al.*, 2022).

- ✓ Les souches bactériennes testées (*Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Bacillus subtilis*) ainsi que la levure *Candida albicans* ont été préalablement cultivées dans du bouillon *Mueller-Hinton* (ou *Sabouraud* pour la levure) puis incubées à 37°C pendant 18 à 24 heures.
- ✓ Après incubation, un calibrage a été réalisé pour ajuster la densité microbienne à une turbidité de 0,5 McFarland, correspondant à une concentration d'environ 10⁸ UFC/mL.
- ✓ Cette suspension a ensuite été diluée afin d'obtenir une charge finale de 5×10⁵ UFC/mL dans chaque puits.

- ✓ L'extrait végétal a été préparé à une concentration initiale de 300 mg/mL en dissolvant 0,6 g d'extrait dans 2 mL de DMSO à 5 % (solution mère).
- ✓ Pour le test de CMI, tous les puits d'une microplaque stérile à 96 puits ont d'abord été remplis avec 100 µL de bouillon *Mueller-Hinton*.
- Dans le puits 1, 100 µL de l'extrait ont été ajoutés (contrôle négatif, sans souche).
- Le puits 2 a reçu 100µL de la suspension microbienne seule (contrôle positif sans extrait).
- Le puits 3 a été rempli avec 100µL de l'extrait et a servi de point de départ pour les dilutions.
- Des dilutions en série ont été réalisées des puits 4 à 24 en transférant 100 µL du puits précédent, afin d'obtenir des concentrations décroissantes de l'extrait.
- ✓ En dernière étape, 100 µL de la suspension microbienne standardisée ont été ajoutés dans chaque puits (du puits 3 au dernier), portant le volume final à 200 µL par puits.
- ✓ Les microplaques ont ensuite été incubées pendant 24 heures à 37°C. L'apparition ou l'absence de turbidité a permis de déterminer la concentration minimale inhibitrice (CMI), définie comme la plus faible concentration de l'extrait empêchant toute croissance visible du micro-organisme.

Résultats et

Discussion

III. Résultats

I.1. Détermination du rendement d'extraction

Le taux d'extraction peut varier selon plusieurs facteurs, notamment la méthode utilisée, le type de solvant employé, la température d'extraction, ainsi que la taille des particules de la poudre végétale utilisée (Sai et al., 2023). Le rendement de l'extrait a été déterminé à l'aide de la formule suivante :

$$\text{Rendement (\%)} = (m_0 / m_1) \times 100$$

m_0 : Masse en gramme de l'extrait brut évaporé.

m_1 : Masse en gramme de la matière végétale initiale sèche.

Tableau 4. Paramètres d'extraction et rendement obtenu

Solvant utilisé	Masse de la poudre (g)	Volume d'extrait obtenu (ml)	Rendement (%)
Éthanol/Méthanol	35,5	≈ 2,5	7,04



Figure 27. Extrait obtenue.

I.2. Activité antibactérienne sur milieu solide

L'activité antibactérienne a été évaluée par la méthode de diffusion sur puits, adaptée par Nunes et al. (2022). Les zones d'inhibition ont été mesurées après incubation des boîtes.

Tableau 5. Boîtes de pétris après incubation montrant les zones d'inhibition des différentes souches.

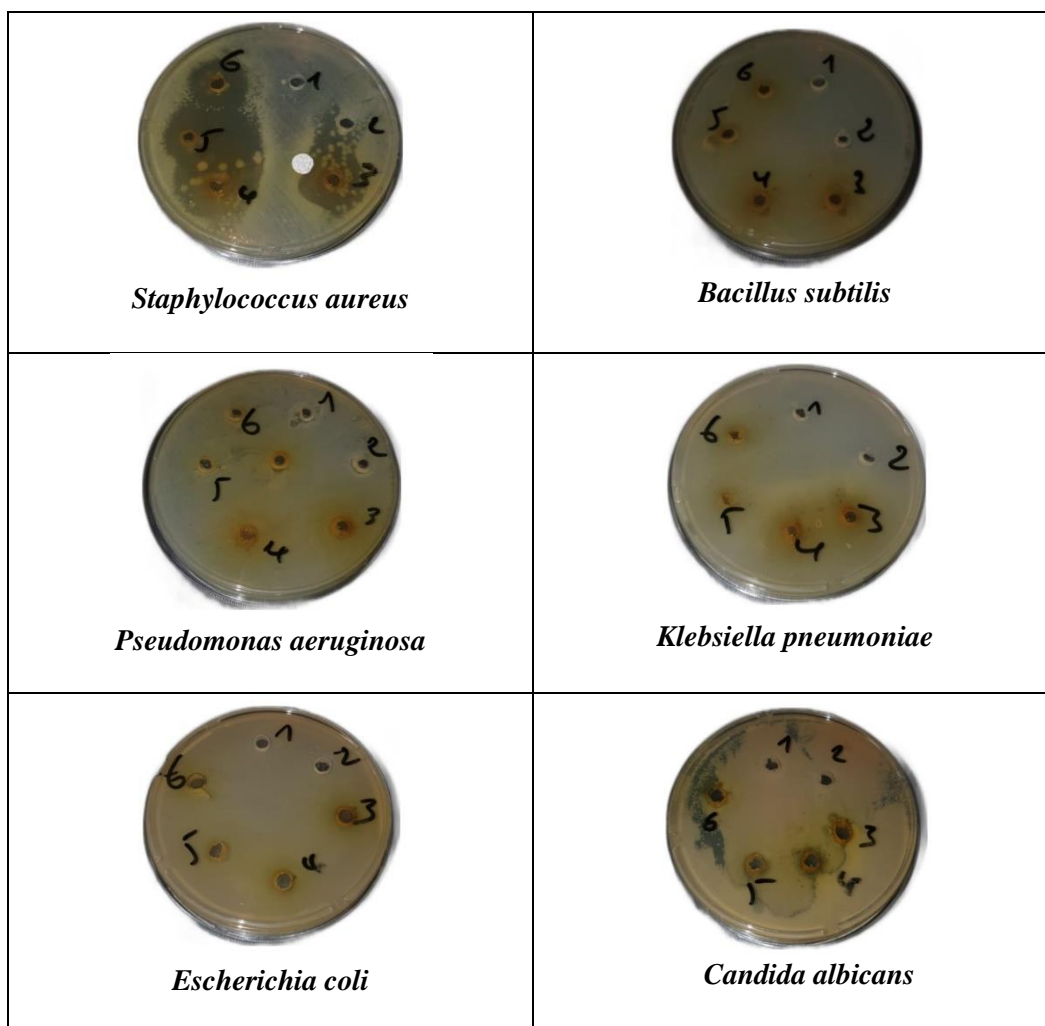


Tableau 6. Les résultats obtenus de l'activité antibactérienne sur milieu solide d'extrait alcoolique des plantes

Souches	Zone d'inhibition (mm)					
	Extrait alcoolique					
	Puits					
	1	2	3	4	5	6
<i>Staphylococcus aureus</i>	-	-	16.6	20.6	12.6	16.6
<i>Bacillus subtilis</i>	-	-	-	-	-	-
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	-	-	-	-	-	-
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	-	-	-	-	-	-
<i>Escherichia coli</i>	-	-	-	-	-	-
<i>Candida albicans</i>	-	-	-	-	-	-

I.3. Méthode de détermination des concentrations inhibitrices (CMI)

Les résultats obtenus par la méthode de microdilution en milieu liquide ont permis de déterminer la concentration minimale inhibitrice (CMI) de l'extrait à base de plantes sur différentes souches microbiennes. Les micro-organismes testés comprenaient cinq souches : *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Bacillus subtilis* et *Pseudomonas aeruginosa*, ainsi que, *Candida albicans*. La CMI correspond à la plus faible concentration d'extrait pour laquelle aucune croissance visible n'est observée après incubation. Cette méthode a permis d'évaluer quantitativement le potentiel antimicrobien de l'extrait et de comparer la sensibilité des différentes souches dans des conditions expérimentales contrôlées.

La détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI) a été effectuée par une série de dilutions en milieu liquide, à partir d'une concentration initiale de 75 mg/mL introduite dans le puits P3. Des dilutions successives au facteur 2 ont été réalisées de P4 jusqu'à P10, donnant les concentrations suivantes :

Tableau 7. Gradient de concentrations de l'extrait végétal utilisé pour le test de CMI

Puits	Concentrations (mg/ml)
P3	75
P4	37.5
P5	18.75
P6	9.37
P7	4.68
P8	2.34
P9	1.17
P10	0.58

Après incubation, aucune inhibition de la croissance microbienne n'a été observée dans les puits testés, y compris à la concentration la plus élevée (75 mg/mL, puits P3). Ces résultats indiquent que toutes les souches microbiennes testées présentent une concentration minimale inhibitrice (CMI) supérieure à 75 mg/ml.

IV. Discussion

Notre extrait est constitué d'un mélange de plusieurs plantes médicinales, chacune reconnue pour ses propriétés antimicrobiennes spécifiques. La combinaison de ces plantes peut donner lieu à des effets synergiques, renforçant ainsi l'activité globale de l'extrait. Pour mieux comprendre les résultats obtenus lors des tests antimicrobiens il est pertinent de présenter les activités antimicrobiennes rapportées individuellement pour chaque plante dans la littérature. Le tableau suivant résume ces données, facilitant ainsi la mise en perspective de nos observations expérimentales avec les travaux antérieurs.

Tableau 8. Résumé de la mise en perspective de nos observations expérimentales avec les travaux antérieurs.

Plantes médicinales	Activités antimicrobiennes
<i>Zingiber officinale</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Activité antibactérienne Flavonoïdes et extraits éthanoliques inhibent <i>Escherichia coli</i>, <i>Staphylococcus aureus</i>, <i>Shigella flexneri</i>, <i>Proteus vulgaris</i>, <i>Pseudomona saeruginosa</i> (Gao et Zhang, 2010). Huiles essentielles actives contre <i>Bacillus subtilis</i> et <i>Pseudomonas spp</i> (Ficker et al., 2003; Sabulal et al., 2003). Activité générale contre bactéries Gram+ et Gram - (Kumar et al., 2011) .Activité antifongique Activité démontrée contre certains champignons (Kumar et al., 2011).
<i>Linumu sitatissimum</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Activité antibactérienne Les lignanes des graines de lin présentent une activité antimicrobienne (Pag et al., 2014). Les acides gras ralentissent la croissance des bactéries (Zuk et al., 2014). Les tourteaux de lin ont une activité antimicrobienne (Zuk et al., 2014). • Activité antifongique L'huile de lin agit sur <i>S. aureus</i>, <i>B. subtilis</i> et <i>C. albicans</i> (Kaithwas et al., 2011).
<i>Haloxylon articulatum</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Activité antibactérienne L'extrait à l'éthyl-acétate inhibe <i>Staphylococcus aureus</i> (7–12 mm) (Lamchouri et al., 2012). L'extrait méthanolique est bactéricide contre <i>S. aureus</i> (60 mg/ml) et <i>E. coli</i> (30 mg/ml) (Lakhdari et al., 2024).

<p><i>Curcuma longa</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Activité antibactérienne <p>Les extraits aqueux et éthanoliques inhibent <i>Staphylococcus sp.</i>, <i>Escherichia coli</i>, <i>Streptococcus</i>, <i>Lactobacillus</i> et <i>Salmonella</i> (Rai et al., 2015).</p> <p>La curcumine est active contre <i>Helicobacter pylori</i> (Rai et al., 2015).</p> <p>Les huiles essentielles agissent sur <i>E. coli</i> et <i>S. aureus</i>; <i>E. coli</i> est plus sensible (Tefiani, 2015).</p> <p>Les nanoparticules de curcumine inhibent <i>Staphylococcus aureus</i>, <i>Bacillus subtilis</i> et <i>Pseudomonas aeruginosa</i> (Rai et al., 2015).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Activité antifongique <p>L'extrait méthanolique inhibe <i>Cryptococcus neoformans</i> (CMI : 128 µg/ml) et <i>Candida albicans</i> (CMI : 256 µg/ml) (Ungphaiboon et al., 2005).</p> <p>L'extrait d'hexane inhibe <i>Phytophthora infestans</i>, <i>Erysiphe graminis</i>, <i>Piedraia hortae</i> et <i>Helminthosporium sp</i> (Omosa et al., 2017).</p> <p>La curcumine est active contre <i>Penicillium notatum</i> et <i>Aspergillus niger</i> (Rai et al., 2015).</p>
<p><i>Berberis vulgaris</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Activité antibactérienne <p>L'extrait hydro méthanolique inhibe <i>E. faecalis</i>, <i>C. freundii</i>, <i>B. cereus</i> et <i>E. cloacae</i> (Mezouar et al., 2014).</p> <p>La berbérine est active contre <i>Actino bacillus</i>, <i>pleuro pneumoniae</i>, <i>Shigella dysenteriae</i>, <i>Streptococcus agalactiae</i> et <i>Helicobacte rpylori</i> (Kang et al., 2015 ; Kong et al., 2010 ; Peng et al., 2015 ; Zhang et al., 2014).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Activité antifongique <p>Les alcaloïdes totaux inhibent <i>Candida albicans</i> (Mezouar et al., 2014).</p> <p>La berbérine est efficace seule ou avec le fluconazole contre <i>C. albicans</i> (Tuli et al., 2001; Li et al., 2018).</p>
<p><i>Nigella sativa</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Activité antibactérienne <p>Inhibe plusieurs bactéries Gram+ et Gram- (Hanafy et Hatem, 1991).</p> <p>Active contre <i>S. pyogenes</i> et <i>K. pneumoniae</i> Hasan, 2013).</p> <p>La thymoquinone agit sur <i>S.aureus</i> et <i>S. epidermidis</i> (Chaieb et al., 2011).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Activité antifongique <p>Effet antifongique contre <i>Candida</i> et <i>dermatophytes</i> (Mahmoudvand et al., 2014; Khan et al., 2003; Rogozhin et al., 2011).</p>

<p><i>Trigonella foenum-graecum</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Activité antibactérienne <p>Les extraits aqueux et éthanoliques montrent une activité antibactérienne (Bhatti et al., 1996).</p> <p>Les inhibiteurs de l'α-amylase inhibent <i>E. coli</i>, <i>Shigella</i> et <i>Salmonella</i> (Aher et al., 2016).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Activité antifongique <p>L'huile des graines inhibe <i>Aspergillus niger</i> et <i>A.fumigatus</i> (Al-Asadi et al., 2014).</p>
<p><i>Lepidium sativum</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Activité antibactérienne <p>Activité antibactérienne contre <i>Staphylococcus aureus</i>, <i>E. coli</i>, <i>Klebsiella pneumoniae</i>, <i>Pseudomonas aeruginosa</i> et <i>Proteus vulgaris</i> (Shama et al., 2011).</p> <p>Les flavonoïdes ciblent <i>Vibrio cholerae</i>, <i>Streptococcus mutans</i>, <i>Helicobacter pylori</i>, <i>Campylobacter jejuni</i> et <i>Clostridium perfringens</i> (Daglia, 2012).</p> <p>Les tannins condensés et hydrolysables inhibent <i>Streptococcus</i>, <i>Escherichia</i>, <i>Salmonella</i>, <i>Clostridium</i>, <i>Bacillus</i> et <i>Listeria</i> (Daglia, 2012).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Activité antifongique <p>Inhibe <i>Candida albicans</i> (Shama et al., 2011).</p> <p>Les flavonoïdes sont actifs contre <i>C. albicans</i>, <i>Trichophyton rubrum</i>, <i>T. mentagrophytes</i> et <i>Microsporum gypseum</i> (Daglia, 2012).</p> <p>Les tannins hydrolysables agissent sur <i>Candida parapsilosis</i> (Daglia, 2012).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Activité antivirale <p>Les flavonoïdes ont une activité contre le virus de la grippe, l'adénovirus et l'entérovirus (Daglia, 2012).</p> <p>Les tannins condensés et hydrolysables inhibent HSV-1, HSV-2 et le virus Epstein-Barr (Daglia, 2012).</p>
<p><i>Aristolochia longa</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Activité antibactérienne <p>L'extrait végétal inhibe plusieurs souches bactériennes par diffusion sur disque (Cowan, 1999).</p> <p>L'activité est liée à la présence de groupements hydroxyles dans les composés actifs (Cowan, 1999).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Activité antifongique <p>L'accumulation de composés phénoliques induite par l'agression pathogène est impliquée dans la défense antifongique (Macheix et al., 2005).</p>

<p><i>Atriplex halimus</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Activité antibactérienne <p>Les extraits d'<i>Atriplex halimus</i> sont actifs contre plusieurs souches bactériennes pathogènes (Abdel Rahman et al., 2011; Ounaissia et al., 2020; Ziane et al., 2020).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Activité antifongique <p>Les flavanones et flavonoïdes totaux inhibent <i>Alternaria spp.</i>, <i>Cladosporium spp.</i>, <i>Fusariumoxy sporum</i> et <i>Trichoderma harzianum</i> (Houmani, 1988; Vrijsen et al., 1987).</p>
<p><i>Arisarum vulgare</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Activité antibactérienne <p>La bguaine et l'irniine inhibent <i>Staphylococcus aureus</i>, <i>Bacillus subtilis</i>, <i>Bacillus cereus</i> et <i>Micrococcus luteus</i> (Melhaoui et al., 1993).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Activité antifongique <p>Les deux alcaloïdes sont actifs contre <i>Candida albicans</i>, <i>C. tropicalis</i>, <i>C. parapsilosis</i>, <i>C. glabrata</i> et <i>Cryptococcus neoformans</i> (Melhaoui et al., 1993).</p> <p>L'irniine inhibe <i>Aspergillus fumigatus</i> et <i>Scopulariopsis brevicaulis</i>, les deux composés inhibent <i>Trichophyton mentagrophytes</i> et <i>Microsporium canis</i> (Melhaoui et al., 1993).</p>
<p><i>Prunus persica</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Activité antibactérienne <p>L'extrait des feuilles inhibe <i>Staphylococcus aureus</i>, <i>Pseudomonas aeruginosa</i> et <i>Klebsiella pneumoniae</i> (8–15 mm à 20 mg/ml) (Messaoudi et Mohellebi, 2019).</p> <p><i>S. aureus</i> est la souche la plus sensible (CMI = 2 mg/ml) (Messaoudi et Mohellebi, 2019).</p> <p>L'extrait en DMSO inhibe <i>Listeria monocytogenes</i> (Belhadj et al., 2016).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Activité antifongique <p>L'extrait en DMSO inhibe <i>Candida albicans</i> (Belhadj et al., 2016).</p> <p>Aucun effet observé contre <i>Trichoderma afroharzianum</i> (Messaoudi et Mohellebi, 2019).</p>

Les résultats de notre étude révèlent une variation notable de sensibilité des six souches microbiennes testées face à l'extrait polyherbal utilisé. Parmi elles, *Staphylococcus aureus* s'est montrée la plus sensible, avec une zone d'inhibition maximale atteignant 20,6 mm de diamètre. Cette activité est supérieure à celle rapportée par Shama et al. (2011) pour *Lepidium sativum* une des plantes présentes dans notre mélange où les zones d'inhibition ne dépassaient pas 15 mm.

Par ailleurs selon le tableau **Rai et al. (2015)** ont démontré que des nanoparticules de curcumine, principe actif majeur du *Curcuma longa* (également présent dans notre extrait), possédaient une activité antibactérienne marquée contre *S. aureus*. De même, **Tefiani (2015)** a mis en évidence la sensibilité de *S. aureus* suite à l'application d'un extrait de *Curcuma longa*, évalué par la méthode de diffusion sur disque.

Ces résultats suggèrent que certaines plantes de notre mélange, notamment *Lepidium sativum* et *Curcuma longa*, pourraient contribuer à l'effet antimicrobien observé. L'effet global pourrait également être renforcé par des interactions synergiques entre les différents composés présents dans l'extrait polyherbal.

Concernant les autres souches microbiennes testées, à savoir *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aeruginosa*, ainsi que la levure *Candida albicans*, aucune activité inhibitrice n'a été observée dans les conditions expérimentales de notre étude. Ces résultats suggèrent une possible résistance de ces micro-organismes à l'extrait polyherbal utilisé.

Ces observations sont en accord avec les travaux de **Hero et al. (2012)** menés en Irak, qui ont montré que l'extrait méthanolique de *Lepidium sativum* l'une des plantes présentes dans notre mélange ne présentait aucune efficacité contre *E. coli*, *Candida albicans* et *Pseudomonas aeruginosa*. La concordance entre nos résultats et ceux de cette étude antérieure renforce l'hypothèse selon laquelle certaines souches, notamment *E. coli* et *C. albicans*, présentent une résistance marquée à certains composés présents dans *L. sativum* ou dans le mélange de plantes utilisé.

La concentration minimale inhibitrice (CMI) de notre extrait, supérieure à 75 mg/ml, indique une activité antimicrobienne modérée. Ce résultat est en accord avec certaines études antérieures. Par exemple, *Haloxylon articulatum* a montré une activité modérée avec une CMI de 60 mg/ml contre *Staphylococcus aureus* et 30 mg/ml contre *Escherichia coli* (**Lakhdari et al., 2024**). De même, *Linum usitatissimum* a présenté une action modérée contre *S. aureus* et *E. coli* (**Pag et al., 2014; Zuket et al., 2014**), comparable à notre résultat. En revanche, plusieurs plantes montrent une efficacité bien plus élevée. *Prunus persica* inhibe *S. aureus* avec une CMI de 2 mg/ml (**Messaoudi et Mohellebi, 2019**). *Zingiber officinale* et *Curcuma longa* sont également actifs contre *S. aureus*, *E. coli* et *Pseudomonas aeruginosa* (**Gao et Zhang, 2010; Kumar et al., 2011; Rai et al., 2015**). De plus, *Nigella sativa* et *Lepidium sativum* démontrent des effets notables contre ces mêmes souches (**Chaieb et al., 2011; Daglia, 2012**). Ainsi, notre extrait semble avoir une

efficacité plus faible que celle de nombreuses plantes étudiées, mais reste comparable à certains extraits modérément actifs comme ceux de *Haloxylon articulatum* et *Linum usitatissimum*. Toutefois, il est important de noter que les différences observées peuvent également être liées aux conditions expérimentales spécifiques adoptées par chaque étude (type d'extrait, solvant utilisé, souche bactérienne, méthode de détermination de la CMI), ce qui peut influencer les résultats obtenus.

En résumé les résultats obtenus des deux méthodes indiquent que l'extrait polyherbal possède une activité antibactérienne ciblée. L'effet de notre extrait qu'on a eu sur les souches testées pourrait être liée à la nature des micro-organismes, aux interactions complexes entre les composés du mélange, ou encore aux limites de la méthode utilisée. Ces données confirment la nécessité d'approfondir l'étude des extraits végétaux, en tenant compte des synergies ou antagonismes possibles, afin de mieux comprendre et valoriser leur potentiel antimicrobien.

Conclusion et

Perspectives

Conclusion et perspectives

Le mélange de plantes étudié dans ce travail regroupe plusieurs espèces connues pour leurs propriétés médicinales, notamment antimicrobiennes. Ces plantes sont traditionnellement utilisées pour leurs effets bénéfiques sur la santé. Leur association vise à renforcer l'activité biologique globale par un possible effet synergique.

L'objectif principal de cette étude était d'évaluer l'activité antimicrobienne *in vitro* d'un extrait polyherbal. Les tests réalisés par la méthode de diffusion en puits ont révélé une activité antibactérienne uniquement contre *Staphylococcus aureus*, avec une zone d'inhibition maximale de 20,6 mm. Les autres souches testées n'ont montré aucune sensibilité par cette méthode.

Par ailleurs, les tests de concentration minimale inhibitrice (CMI) ont indiqué que toutes les souches bactériennes et fongiques étudiées présentaient une CMI supérieure à 75 mg/mL, suggérant une activité antimicrobienne faible à modérée, possiblement influencée par la nature des composés extraits, leur concentration, ou des interactions entre eux.

Afin de compléter ce travail, nous proposons :

- Tester d'autres méthodes ou solvants d'extraction afin d'améliorer la récupération des composés actifs.
- Augmenter les concentrations ou améliorer la formulation pour accroître l'efficacité antimicrobienne.
- Vérifier la stabilité des extraits dans le temps et dans ^{différentes} conditions de conservation.
- Étudier les effets de synergie ou d'antagonisme entre les composés du mélange pour comprendre leur interaction.
- Comparer le mélange aux plantes prises individuellement, afin d'évaluer si l'association est réellement bénéfique.
- Utiliser des plantes fraîches et non commerciales, cultivées ou récoltées dans des conditions maîtrisées pour garantir la qualité.
- Mener des études de docking moléculaire (*in silico*) pour simuler les interactions entre les molécules actives et des cibles microbiennes, et ainsi mieux comprendre les mécanismes d'action potentiels.

Références
Bibliographiques

Références bibliographiques

1. Abdel Rahman, S. M., Abd-Ellatif, S. A., Deraz, S. F., & Khalil, A. A. (2011). Antibacterial activity of some wild medicinal plants collected from western Mediterranean coast, Egypt: Natural alternatives for infectious disease treatment. *African Journal of Biotechnology*, 10(52), 10733–10743.
2. Abdelgadir, A. A., Ahmed, E. M., & Eltohami, M. S. (2011). Isolation, characterization and quantity determination of aristolochic acids, toxic compounds in *Aristolochiabracteolata* L. *Environmental Health Insights*, 5, EHI-S6292. <https://doi.org/10.4137/EHI.S6292>
3. Abdelguerfi, A., & Ramdane, S. A. (2003). *Plan d'action et stratégie nationale sur la biodiversité, Tome XII : Évaluation des besoins en matière de renforcement des capacités nécessaires à la conservation et à l'utilisation durable de la biodiversité importante pour l'agriculture*. Document du FEM/PNUD, projet ALG/97/G31. Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, Algérie.
4. Abdulmalek, N., Alharbi, S., & Khan, M. A. (2021). Antidiabetic and antioxidant potential of *Lepidium sativum* seeds in experimental models of diabetes. *Phytomedicine*, 85, 153520.
5. Adefegha, S. A., & Oboh, G. (2012). In vitro inhibition activity of polyphenol-rich extracts from *Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & Perry (clove) buds against carbohydrate hydrolyzing enzymes linked to type 2 diabetes and Fe²⁺-induced lipid peroxidation in rat pancreas. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 2(10), 774–781. [https://doi.org/10.1016/S2221-1691\(12\)60227-0](https://doi.org/10.1016/S2221-1691(12)60227-0)
6. Aggarwal, B. B., Surh, Y. J., & Shishodia, S. (Eds.). (2007). *The molecular targets and therapeutic uses of curcumin in health and disease* (Vol. 595). Springer Science & Business Media.
7. Aher, R. R., Belge, S. A., Kadam, S. R., Kharade, S. S., Misal, A. V., & Yeole, P. T. (2016). Therapeutic importance of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.): A review. *Journal of Plant Science Research*, 3(1), 149.
8. Ahmad, A., Nabi, R., Mishra, A., & Ahmad, I. Z. (2021). A panoramic review on *Lepidium sativum* L. bioactives as prospective therapeutics. *Drug Research*, 71(5), 233–242. <https://doi.org/10.1055/a-1285-0607>
9. Ahmad, B., Rehman, M. U., Amin, I., Arif, A., Rasool, S., & Bhat, S. A. (2015). A review on pharmacological properties of zingerone (4-(4-hydroxy-3-methoxyphenyl)-2-butanone). *Sci World J.*, 2015, 816364.
10. Ahmad, F. A. (1995). *Plantes médicinales et aromatiques dans le monde arabe : L'agriculture et la fabrication de plantes médicinales dans le monde arabe*. Institution arabe pour les études et la publication, pp. 2–22.
11. Akbar, S. (2020). *Berberis vulgaris* L. (Berberidaceae). In *Handbook of 200 Medicinal Plants* (pp. 1–7). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-16807-0_44
12. Akram, M., Shahab-uddin, Ahmed, A., Usmanghani, K., Hannan, A., Mohiuddin, E., & Asif, M. (2010). Review article: Curcuma longa and curcumin.
13. Al-Asadi, J. N. (2014). Therapeutic uses of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.). *American Journal of Social Issues and Humanities*.
14. Al-Hader, A., Aqel, M., & Hassan, Z. (1993). Hypoglycemic effects of the volatile oil of *Nigella sativa* seeds. *International Journal of Pharmacognosy*, 31(2), 96–100.
15. Ali, B. H., & Blunden, G. (2002). Pharmacological and toxicological properties of *Nigella sativa* L. *Phytotherapy Research*, 15, 59–69.
16. Ali, B. H., Blunden, G., Tanira, M. O., & Nemmar, A. (2008). Some phytochemical, pharmacological and toxicological properties of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe): A

- review of recent research. *Food and Chemical Toxicology*, 46(2), 409-420. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2007.09.085>
17. Al-Jassir, M. (1992). Chemical composition and microflora of black cumin (*Nigella sativa*) seeds growing in Saudi Arabia. *Food Chemistry*, 45, 239–242.
 18. Allais, D. (2009). Le gingembre. *Actualités Pharmaceutiques*, 48(483), 53-54. [https://doi.org/10.1016/s0515-3700\(09\)70339-8](https://doi.org/10.1016/s0515-3700(09)70339-8)
 19. Allaoui, M., Berbaoui, H., Cheriti, A., Boulenouar, N., & Belboukhari, N. (2016). Comparative study of the antioxidant activity and phenols and flavonoids contents of the ethyl acetate extracts from two Saharan Chenopodiaceae. *Algerian Journal of Arid Environment*, 6(1), 9.
 20. Al-Saleh, L., Billedo, G., & El-Doush, L. (2006). Levels of selenium, DL- α -tocopherol, DL- γ -tocopherol, all-trans-retinol, thymoquinone and thymol in different brands of *Nigella sativa* seeds. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19, 167–175.
 21. Alshalmani, S. K., Zobi, N. H., & Bozakouk, I. H. (2014). Antibacterial activity of Libyan seaweed extracts. *International Journal of Pharmaceutical Science and Research*, 5(12), 5425.
 22. Al-Snafi, A. E. (2019). Chemical constituents and pharmacological effects of *Lepidium sativum* - a review. *International Journal of Current Pharmaceutical Research*, 11(6), 1–10.
 23. Alves-Silva, J. M., Romane, A., Efferth, T., & Salgueiro, L. (2017). North African medicinal plants traditionally used in cancer therapy. *Frontiers in*, 4(8), 270486.
 24. Anil, K., Jyotsna, D., & Anup, S. (2011). A review on spice of life *Curcuma longa* (turmeric). *International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology*, 2, 372.
 25. Anofel. (2014). *Laboratoire de Parasitologie-Mycologie des Centres hospitaliers universitaires de France*. Paris : Éditions scientifiques.
 26. Aouadhi, S. (2015). Atlas des risques de la phytothérapie rationnelle : Étude de 57 plantes recommandées par les herboristes. Mémoire de master en toxicologie, Faculté de médecine de Tunis, Tunisie.
 27. Ashley, T. N., Weil, Z. M., & Nelson, R. J. (2012). Inflammation: Mechanisms, costs and natural variation. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 43, 385–406. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-102710-145026>
 28. Assih, A., Nenonene, Y. A., Tchabi, A., Fiaboe, K. R., & Akantetou, K. P. (2018). Effets de la fertilisation sur les nématodes parasites et le rendement en rhizomes frais du gingembre, *Zingiber officinale* Rosc. *European Scientific Journal*, 14(24), 217.
 29. Avril, J. L., Dabernat, H., Denis, F., & Monteil, H. (2000). *Bactériologie clinique* (2e éd., pp. 149–153). Paris, France : Éditions Ellipses.
 30. Awad, E. M. (2005). In vitro decrease of the fibrinolytic potential of cultured human fibrosarcoma cell line, HT1080, by *Nigella sativa* L. oil. *Phytomedicine*, 12, 100–107.
 31. Azam, M. W., & Khan, A. U. (2019). Updates on the pathogenicity status of *Pseudomonas aeruginosa*. *Drug Discovery Today*, 24, 350–359. <https://doi.org/10.1016/j.drudis.2018.07.003>
 32. Aziz, S., & Rahman, H. U. (2013). Biological activities of *Prunus persica* L. Batsch. *Journal of Medicinal Plants Research*, 7(11), 987–951.
 33. Azzi, R., Djaziri, R., Lahfa, F., Sekkal, F. Z., Benmehdi, H., & Belkacem, N. (2012). Ethnopharmacological survey of medicinal plants used in the traditional treatment of diabetes mellitus in the North Western and South Western Algeria. *Journal of Medicinal Plants Research*, 6(10), 2041–2050.
 34. Baba-Aissa, F. (1999). *Encyclopédie des plantes utiles : Flore d'Algérie et du Maghreb; substances végétales d'Afrique*. Éditions Moderne.

35. Babayan, V. K., Kootungal, D., & Halaby, G. A. (1978). Proximate analysis, fatty acid and amino acid composition of *Nigella sativa* seeds. *Journal of Food Science*, 43, 1314–1315.
36. Badami, S., Jose, C. K., Dongre, S. K. H., & PC, J. (2005). In vitro antioxidant activity of various extracts of *Aristolochiabracteolata* leaves. *Oriental Pharmacy and Experimental Medicine*, 5(4), 316–321.
37. Barelle, C. J., Priest, C. L., Mac Callum, D. M., Gow, N. A. R., Odds, F. C., & Brown, A. J. P. (2006). Niche-specific regulation of central metabolic pathways in a fungal pathogen. *Cellular Microbiology*, 8(6), 961–971. <https://doi.org/10.1111/j.1462-5822.2005.00679.x>
38. Basha, R. H., & Sankaranarayanan, C. (2014). β -Caryophyllene, a natural sesquiterpene, modulates carbohydrate metabolism in streptozotocin-induced diabetic rats. *Acta Histochemica*, 116(8), 1469–1479. <https://doi.org/10.1016/j.acthis.2014.09.001>
39. Bassi, D., Mignani, I., Spinardi, A., & Tura, D. (2016). Peach (*Prunus persica* (L.) Batsch). In *Nutritional Composition of Fruit Cultivars* (pp. 535–571). Academic Press.
40. Behibchi, H., Boubidi, N., & Bettache, M. (2008). *Les espèces de Bacillus et leur rôle dans la production industrielle* (Mémoire de Master, Microbiologie). Université de Jijel, Algérie.
41. Bekdouche, F., Derrid, J. A., & Krouchi, F. (2008). Évaluation après feu de la composition floristique de la subéraie de Mizrana (Tizi-Ouzou, Algérie). *Science et Technologie C*, (28), 19–29.
42. Belhadj, F., Somrani, I., Aissaoui, N., Messaoud, C., Boussaid, M., & Marzouki, M. N. (2016). Bioactive compounds contents, antioxidant and antimicrobial activities during ripening of *Prunus persica* L. varieties from the North West of Tunisia. *Journal of Food Chemistry*, 204, 29–36. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.02.108>
43. Bellakhdar, J. (1997). *La pharmacopée marocaine traditionnelle : Médecine arabe ancienne et savoirs populaires*. Ibis Press.
44. Belouad, A. (2001). *Plantes médicinales d'Algérie*. Office des Publications Universitaires.
45. Benarba, B. (2013). *Isolement et développement de principes actifs à partir de plantes en vue de leur utilisation en thérapie anticancéreuse* [Thèse de doctorat, Université d'Oran].
46. Benarba, B. (2015). Use of medicinal plants by breast cancer patients in Algeria. *EXCLI Journal*, 14, 1164.
47. Benarba, B., Ambroise, G., Aoues, A., Meddah, B., & Vazquez, A. (2012). *Aristolochia longa* aqueous extract triggers the mitochondrial pathway of apoptosis in BL41 Burkitt's lymphoma cells. *International Journal of Green Pharmacy*, 6(1), 30–35. <https://doi.org/10.4103/0973-8258.97124>
48. Benhammou, N., Bekkara, F. A., & Panovska, T. K. (2009). Antioxidant activity of methanolic extracts and some bioactive compounds of *Atriplex halimus*. *Comptes Rendus Chimie*, 12(12), 1259–1266.
49. Benkaci-Ali, F. (2007). *Étude de la composition chimique de la Nigella sativa originaire d'Algérie* [Thèse de doctorat, Université d'Alger].
50. Benkaci-Ali, F., Baaliouamer, A., Meklati, B. Y., & Chemat, F. (2007). Chemical composition of seed essential oils from Algerian *Nigella sativa* extracted by microwave and hydrodistillation. *Flavour and Fragrance Journal*, 22(2), 148–153.
51. Benkherara, S., Bordjiba, O., Harrat, S., & Djahra, A. B. (2021). Antidiabetic potential and chemical constituents of *Haloxylon scoparium* aerial part, an endemic plant from southeastern Algeria. *International Journal of Secondary Metabolite*, 8(4), 398–413
52. Benmehdi, H., Fellah, K., Amrouche, A., Memmou, F., Malainine, H., Dalile, H., & Siata, W. (2017). Phytochemical study, antioxidant activity and kinetic behaviour of

- flavonoids fractions isolated from *Prunus persica* L. leaves. *Asian Journal of Chemistry*, 29(1), 13–18.
53. Benrebiha, F. Z. (1987). *Contribution à l'étude de la germination de quelques espèces Atriplex locales et introduites* [Mémoire de magister, Institut National Agronomique, El-Harrach, Alger].
54. Benzakour, G., Benkirane, N., Amrani, M., & Oudghiri, M. (2011). Immunostimulatory potential of *Aristolochia longa* L. induced toxicity on liver, intestine and kidney in mice. *Journal of Toxicology and Environmental Health Sciences*, 3, 214–222.
55. Beristain-Bauza, S. D. C., Hernández-Carranza, P., Cid-Pérez, T. S., Ávila-Sosa, R., Ruiz-López, I. I., & Ochoa-Velasco, C. E. (2019). Antimicrobial activity of ginger (*Zingiber officinale*) and its application in food products. *Food Reviews International*, 35(5), 407–426.
56. Berri, R. (2009). *Contribution à la détermination de la biomasse consommable d'une halophyte : Atriplex* (Mémoire d'ingénieur). Université KasdiMerbah Ouargla.
57. Bettelheim, K. A. (1994). Biochemical characteristics of *Escherichia coli*.
58. Bhat, F. A., Shafi, S., Hilal, N., Bhat, S. A., & Rafiqee, A. (2020). Apoptotic effects of *Prunus persica* (L.) Batsch leaves against breast cancer cell line (MDA-MB-231) and cervical cancer cell line (HeLa) in vitro. *Journal of Drug Delivery and Therapeutics*, 10(4), 25–30.
59. Bhattacharjee, C., Gupta, D., Deb, L., Debnath, S., & Dutta, A. S. (2011). Effect of leaf extract of *Prunus persica* Linn on acute inflammation in rats. *Research Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 3(1), 38–40.
60. Bhatti, M. A., Khan, M. T. J., Ahmed, B., Jamshaid, M., & Ahmad, W. (1996). Antimicrobial activity of *Trigonella foenum-graecum* seeds. *Fitoterapia*, 67, 372–374.
61. Bnouham, M., Mekhfi, H., Legssyer, A., & Ziyat, A. (2002). *Medicinal plants used in the treatment of diabetes in Morocco*. *International Journal of Diabetes & Metabolism*, 10, 33–50.
62. Borriss, R. (2015). *Bacillus*, a plant-beneficial bacterium. In B. Lugtenberg (Ed.), *Principles of plant-microbe interactions: Microbes for sustainable agriculture* (pp. 379–391). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-08574-6>
63. Bouafia, Z., Boudjelal, A., Bouaziz-Terrachet, S., Bouhenna, M. M., Bouchahdane, S., Boulila, A., Yıldız, I., Yılmaz, S., Ozen, T., & Demirtas, I. (2024). *Arisarum vulgare: Bridging tradition and science through phytochemical characterization and exploring therapeutic potential via in vitro, in vivo, and in silico biological activities*. *ChemistrySelect*, 9(40).
64. Boucherit, H., Benabdeli, K., Benaradj, A., & Boughalem, M. (2018). Phytoécologie de “*Hammadascoparia*” dans la région de Naâma (Algérie occidentale). *Botanica Complutensis*, 42, 93–116.
65. Boukeria, S., Ben Bott, A., Kadi, K., Debbache, K., & Gueniche, A. (2019). Étude phytochimique et évaluation de l'activité anticoagulante des composés phénoliques du *Curcuma longa* L. *Revue des Bio Ressources*, 9(2), 11.
66. Boukerker, H., Salemkour, N., Nouasria, D., Benyakhlef, B., Nacereddine, S., Chalabi, K., Nouidjem, Y., & Belhamra, M. (2016). La végétation steppique au profit de la phytothérapie dans la région d'El Bayadh. *Journal Algérien des Régions Arides*, 13, 61–73.
67. Boulaouad, A., Bouhafis, Y., & Maadi, A. R. (2018). Étude de l'activité antioxydante des extraits de la plante médicinale *Atriplexhalimus*ssp. *schweinfurthii* (Mémoire de Master, Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi Bordj Bou Arreridj).
68. Boumazouna, M., & Guennad, H. (2017). Contribution à la caractérisation physico-chimique et microbiologique de l'extrait de gingembre : Préparation d'une teinture à base de gingembre et étude de son activité antiseptique et cicatrisante.

69. Bounouar, E., Missoun, F., Amari, N. O., Belabaci, F. Z., Belabaci, S., Sekkal, F. Z., & Djebli, N. (2022). Antidiabetic effect of *Atriplex halimus* L. (Sp. Pl. 2: 1052 (1753)) long and short-term treatment against streptozotocin-induced diabetes in rats. *Anales de BiolGhazanfarogía*, 43, 21–30.
70. Bourée, P. (2001). *Les candidoses*. Paris : Éditions scientifiques et médicales Elsevier.
71. Bousbia, N. (2004). *Extraction et identification de quelques huiles essentielles (Nigelle, Coriandre, Origan, Thym, Romarin) : Étude de leurs activités antimicrobiennes* [Mémoire de magistère, INA, Alger].
72. Bousta, D., & Ennabili, A. (2001). L'Institut national des plantes médicinales et aromatiques au service du développement de la phytothérapie au Maroc. *Pharmacognosie*, 9, 297–303. <https://doi.org/10.1007/s10298-011-0658-x>
73. Bouyahya, A., Bakri, Y., Khay, E. O., Edaoudi, F., Talbaoui, A., Et-Touys, A., ... & Dakka, N. (2017). Antibacterial, antioxidant and antitumor properties of Moroccan medicinal plants: A review. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*, 7(1), 57–64.
74. Bouzabata, A. (2016). *Les médicaments à base de plantes en Algérie : Réglementation et enregistrement. Phytothérapie*.
75. Bouzeraib, A., & Mekiou, M. (2022). *Bacillus, une potentielle rhizobactérie favorisant la croissance de plantes* (Mémoire de Master Recherche, Bio-industrie, Analyse et Contrôle). Université Frères Mentouri Constantine 1, Algérie.
76. Brewer, S. C., Wunderink, R. G., Jones, C. B., & Leeper Jr, K. V. (1996). Ventilator-associated pneumonia due to *Pseudomonas aeruginosa*. *Chest*, 109, 1019–1029.
77. Brisse, S., Grimont, F., & Grimont, P. A. D. (2006). The genus *Klebsiella*. In M. Dworkin, S. Falkow, E. Rosenberg, K.-H. Schleifer, & E. Stackebrandt (Eds.), *The prokaryotes* (Vol. 6, pp. 159–196). Springer. https://doi.org/10.1007/0-387-30746-X_7
78. Bruneton, J. (1999). *Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales* (3e éd.). Paris : Éditions Lavoisier.
79. Bruneton, J. (2009). *Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales* (4e éd., revue et augmentée). Paris : Lavoisier – Tec & Doc.
80. Cadet, A. (2020). *Étude de l'effet de la curcumine sur des bactéries impliquées dans la maladie parodontale* [Sciences du Vivant]. Université Bordeaux.
81. Cazes, J. (2005). *Encyclopedia of chromatography* (2^eéd., p. 1250). CRC Press.
82. Centre Anti-poison du Maroc. (2010). *Toxicologie Maroc*. CAPM.
83. Chabrier, J.-Y. (2010). *Plantes médicinales et formes d'utilisation en phytothérapie* [Thèse de doctorat en pharmacie, Université Henri Poincaré-Nancy 1].
84. Chaieb, K., Kouidhi, B., Jrah, H., Mahdouani, K., & Bakhrouf, A. (2011). Antibacterial activity of thymoquinone, an active principle of *Nigella sativa* and its potency to prevent bacterial biofilm formation. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 11(1), 1–6.
85. Charron-Lamoureux, V., Thérien, M., Konk, A., & Beauregard, P. B. (2020). *Bacillus subtilis* and *Bacillus velezensis* population dynamics and quantification of spores after inoculation on ornamental plants. *Canadian Journal of Microbiology*, 66(9), 664–669. <https://doi.org/10.1139/cjm-2020-0174>
86. Chastre, J., & Fagon, J.-Y. (2002). Ventilator-associated pneumonia. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 165, 867–903.
87. Chastre, J., & Trouillet, J.-L. (2000). Problem pathogens (*Pseudomonas aeruginosa* and *Acinetobacter*). In *Seminars in Respiratory Infections* (pp. 287–298).
88. Chaudhary, P., Kumar, P. S., Kumar, G., & Varshney, J. (2010). A review on pharmacological activities of turmeric. *Pharmacologyonline*, 3, 193–199.
89. Cheikh Ali, Z. (2012). *Études chimiques et biologiques d'Aframomum sceptrum (Zingiberaceae) et de la curcumine* [Thèse de doctorat en chimie pharmaceutique]. Faculté de pharmacie de Châtenay-Malabry, Université Paris-Sud.

90. Chen, B.-H., Wu, P.-Y., Chen, K.-M., Fu, T.-F., Wang, H.-M., & Chen, C.-Y. (2009). Antiallergic potential on RBL-2H3 cells of some phenolic constituents of *Zingiber officinale* (ginger). *Journal of Natural Products*, 72(5), 950-953.
91. Chen, H., Chen, T., Giudici, P., & Chen, F. (2016). Vinegar functions on health: Constituents, sources, and formation mechanisms. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(6), 1124–1138. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12228>
92. Chen, Y., Wang, Y., Zhang, J., Sun, C., & Lopez, A. (2011). Berberine improves glucose homeostasis in streptozotocin-induced diabetic rats in association with multiple factors of insulin resistance. *ISRN Endocrinology*, 2011, 519371.
93. Chérif, H. S., Saidi, F., Boutoumi, H., Rouibi, A., & Chaouia, C. (2009). Identification et caractérisation de quelques composés chimiques chez *Aristolochialonga* L. *Agricultura – Stiinta si Practica*, 3–4, 76–82.
94. Cheriti, A., Rouissat, A., Sekkoum, K., & Balansard, G. (1995). *Fitotérapie*, 66(6), 531.
95. Chikhi, I., Allali, H., Dib, M. E. A., Medjdoub, H., & Tabti, B. (2014). Antidiabetic activity of aqueous leaf extract of *Atriplex halimus* L. (Chenopodiaceae) in streptozotocin-induced diabetic rats. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*, 4(3), 181–184.
96. Chira, K., Suh, J.-H., Saucier, C., & Teissède, P.-L. (2008). Phytonutrition fondamentale. Les polyphénols du raisin. *Phytothérapie*, 6, 75–82. <https://doi.org/10.1007/s10298-008-0293-3>
97. Cho, A. S., Jeon, S. M., Kim, M. J., Yeo, J., Seo, K. I., Choi, M. S., & Lee, M. K. (2010). Chlorogenic acid exhibits anti-obesity property and improves lipid metabolism in high-fat diet-induced obese mice. *Food and Chemical Toxicology*, 48(3), 937–943.
98. Christelle, H. (2010). *Thèse de Doctorat. Le curcuma, de l'épice au médicament*. Faculté de pharmacie, Université Henri Poincaré-Nancy 1.
99. Conan, C. (2021). La pêche : tout savoir sur ce fruit. *PasseportSanté*. Disponible sur : <https://www.passeportsante.net>
100. Coskuner, Y., & Karababa, E. (2007). Some physical properties of flaxseed (*Linum usitatissimum* L.). *Journal of Food Engineering*, 78, 1067–1073.
101. Cotelle, N. (2001). Role of flavonoids in oxidative stress. *Current Topics in Medicinal Chemistry*, 1, 569–590.
102. Cowan, M. M. (1999). Plant products as antimicrobial agents. *Clinical Microbiology Reviews*, 12, 75–82. <https://doi.org/10.1128/CMR.12.4.564>
103. Da, L., Somé, D., Yehouenou, C., Somé, C., Zoungrana, J., Ouédraogo, A.-S., Lienhardt, C., & Poda, A. (2023). État des lieux de la résistance aux antibiotiques en Afrique subsaharienne. *Médecine et Maladies Infectieuses Formation*, 2, 3–12. <https://doi.org/10.1016/j.mmifmc.2023.01.003>
104. Daglia, M. (2011). Polyphenols as antimicrobial agents. *Current Opinion in Biotechnology*, 23, 1–8.
105. Daglia, M. (2012). Polyphenols as antimicrobial agents. *Current Opinion in Biotechnology*, 23(2), 174–181. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2011.08.007>
106. Datta, P. K., Diwakar, B. T., Viswanatha, S., Murthy, K. N., & Naidu, K. A. (2011). Safety evaluation studies on garden cress (*Lepidium sativum* L.) seeds in Wistar rats. *International Journal of Applied Research in Natural Products*, 4(1), 37–43.
107. Daun, J., Barthet, V., Chornick, T., & Duguid, S. (2003). Structure, composition, and variety development of flaxseed. In L. U. Thompson & S. C. Cunnane (Eds.), *Flaxseed in human nutrition* (2^eéd., p. 140). AOCS Press.
108. Deb, L., Gupta, A. S., Dutta, A., Yadav, D., Bhowmik, K. K., & Sampath, P. (2010). Evaluation of antioxidant activity of aqueous fraction of *Prunus persica* L. aqueous extract. *Der Pharmacia Sinica*, 1(2), 157–164.

- 109.** Debelle, F., Vanherweghem, J. L., & Nortier, J. (2009). Néphropathie aux acides aristolochiques : de l'observation clinique au modèle expérimental. *Flammarion Médecine Sciences – Actualités Néphrologiques*, 188–200.
- 110.** Defranco, A. L., Robertson, M., & Locksley, R. (2009). *Immunité: La réponse immunitaire dans les maladies infectieuses et inflammatoires* (p. 400). Bruxelles: De Boeck.
- 111.** Denamur, E., Clermont, O., Bonacorsi, S., & Gordon, D. (2021). The population genetics of pathogenic *Escherichia coli*. *Nature Reviews Microbiology*, 19, 37–54. <https://doi.org/10.1038/s41579-020-0416-x>
- 112.** Dhouioui, M., Boulila, A., Jemli, M., Schiets, F., Casabianca, H., & Zina, M. S. (2016a). Fatty acids composition and antibacterial activity of *Aristolochia longa* L. and *Bryonia dioica* Jacq. growing wild in Tunisia. *Journal of Oleo Science*, 65(8), 655–661.
- 113.** Dissanayake, K. G. C., Waliwita, W. A. L. C., & Liyanage, R. P. (2020). A review on medicinal uses of *Zingiber officinale* (ginger). *International Journal of Health Sciences and Research*, 10(6), 142–148.
- 114.** Diwakar, B. T., Dutta, P. K., Lokesh, B. R., & Naidu, K. A. (2010). Physico-chemical properties of garden cress (*Lepidium sativum*) seed oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 87(5), 539–548.
- 115.** Diwakar, S. D., Singh, B. N., Singh, S. P., & Prasad, N. (2008). Chemopreventive potential of garden cress (*Lepidium sativum*) seeds against carcinogenesis. *Journal of Medicinal Food*, 11(3), 493–499.
- 116.** Djeridane, A., Yousfi, M., Nadjemi, B., Boutassouna, D., Stocker, P., & Vidal, N. (2006a). Antioxidant activity of some Algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds. *Food Chemistry*, 97, 654–660.
- 117.** Edwards, P. R., & Ewing, W. H. (1962). *Identification of Enterobacteriaceae*.
- 118.** El Abdali, Y. (2017). *Caractérisation phytochimique et activité antioxydante et immunostimulante de Lavanduladentata et Linumusitatissimum* [Mémoire de master, Université Sidi Mohamed Ben Abdellah].
- 119.** El Hilaly, J., Hmammouchi, M., & Lyoussi, B. (2003). Ethnobotanical studies and economic evaluation of medicinal plants in Taounate province (Northern Morocco). *Journal of Ethnopharmacology*, 86, 149–158.
- 120.** El Nasri, N. A., & El Tinay, A. H. (2007). Functional properties of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*) protein concentrate. *Food Chemistry*, 103(2), 582–589.
- 121.** El Rhaffari, L., Hammani, K., Benlyas, M., & Zaid, A. (2002). Traitement de la leishmaniose cutanée par la phytothérapie au Tafilalet. *Biologie & Santé*, 1, 45–54.
- 122.** El-Dakhkhny, M., Madi, N. J., Lembert, N., & Ammon, H. P. T. (2002). *Nigella sativa* L. oil, nigellone and derived thymoquinone inhibit synthesis of 5-lipoxygenase products in polymorphonuclear leukocytes from rats. *Journal of Ethnopharmacology*, 81, 161–164.
- 123.** Elqaj, M., Ahami, A., & Belghyti, D. (2007). La phytothérapie comme alternative à la résistance des parasites intestinaux aux antiparasitaires. Communication présentée aux *Journées scientifiques "Ressources naturelles et antibiotiques"*, Maroc.
- 124.** El-Shazly, A., & Wink, M. (2003). Tetrahydroisoquinoline and β -carboline alkaloids from *Haloxylon articulatum* (Cav.) Bunge (Chenopodiaceae). *Zeitschrift für Naturforschung C*, 58(7–8), 477–480.
- 125.** Emam, S. S. (2011). Bioactive constituents of *Atriplex halimus* plant. *Journal of Natural Products*, 4, 25–41.
- 126.** Espèce végétale de *Curcuma longa* L. (J.-P. Jourdan, *Curcuma et curcumine : de l'histoire aux intérêts thérapeutiques*, p. 141).
- 127.** Faivre, C., Lejeune, L., Staub, H., & Goetz, P. (2006). *Zingiber officinale* Roscoe. *Phytothérapie*, 2, 99–102.

128. Faivre, R., Lejeune, L., & Staub, H. (2006). Phytotherapie Zingiber officinale Roscoe CI 2:99-102_9. <https://doi.org/10.1007/s10298-006-0162-x>
129. FAOSTAT. (2008, 7 janvier). *Base de données statistique de l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture*. <http://faostat.fao.org/>
130. FAOSTAT. (2016). *FAOSTAT online database*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/faostat/>
131. Farnsworth, N. R., Akerele, O., Bingel, A. S., Soejarto, D. D., & Guo, Z. (1986). Place des plantes médicinales dans la thérapeutique. *Bulletin de l'Organisation mondiale de la santé*, 64(2), 159–164.
132. Fatehi, N., Allaoui, M., Berbaoui, H., Cheriti, A., Boulenouar, N., & Belboukhari, N. (2017). *Haloxylon scoparium*: An ethnopharmacological survey, phytochemical screening and antibacterial activity against human pathogens causing nosocomial infection. *Phyto Chem & Bio Sub Journal*, 11(2).
133. Faust, M., & Timon, B. (1995). Origin and dissemination of peach. *Horticultural Reviews*, 17, 331–379.
134. Feyzi, S., Varidi, M., Zare, F., & Varidi, M. J. (2015). Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*) seed protein isolate: Extraction optimization, amino acid composition, thermo and functional properties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(15), 3165–3176.
135. Ficker, C. E., Smith, M. L., Susiarti, S., Leaman, D. J., Irawati, C., & Arnason, J. T. (2003). Inhibition of human pathogenic fungi by members of Zingiberaceae used by the Kenyah (Indonesian Borneo). *Journal of Ethnopharmacology*, 85(2-3), 289-293.
136. Flowers, T. J., Hajibagheri, M. A., & Clipson, N. J. W. (1986). Halophytes. *The Quarterly Review of Biology*, 61(3), 313–337.
137. Foine, A. (2017). Les Zingiberaceae en phytothérapie : l'exemple du gingembre.
138. Fondu, J. (2019). *Les bienfaits de la phytothérapie : le curcuma a-t-il sa place en médecine vétérinaire ?* Université de Liège, Liège, Belgique.
139. Foster, T. J. (2002). Chapter 39 – *Staphylococcus aureus*. In M. Sussman (Ed.), *Molecular Medical Microbiology* (pp. 839–888). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-012677530-3/50258-0>
140. Franclet, A., & Le Houérou, H. N. (1971). *Les Atriplex en Tunisie et en Afrique du Nord*. FAO.
141. Freney, J., Renaud, F., Hansen, W., & Bollet, C. (2000). *Précis de bactériologie clinique*. Paris, France : Médecine-Sciences Flammarion.
142. Fukuda, T., Ito, H., Mukainaka, T., Tokuda, H., Nishino, H., & Yoshida, T. (2003). Anti-tumor promoting effect of glycosides from *Prunus persica* seeds. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 26(2), 271–273. <https://doi.org/10.1248/bpb.26.271>
143. Gahbiche, S. (2009). *Certificat Thalassothérapie : La phytothérapie*. École Supérieure des Sciences et Techniques de la Santé de Sousse.
144. Gajic, I., Kabic, J., Stankovic, N., Milenkovic, M., & Vasic, S. (2022). Antimicrobial susceptibility testing: A comprehensive review of currently used methods. *Antibiotics*, 11(4), 427. <https://doi.org/10.3390/antibiotics11040427>
145. Gang, Z. (2010). *Isolation of bioactive compound from Ecuadorian Aristolochia constricta* [Thèse de doctorat, Chiba University, Japon].
146. Gao, D., & Zhang, Y. (2010). Comparative antibacterial activities of crude polysaccharides and flavonoids from *Zingiber officinale* and their extraction. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, 5(6), 235–238.
147. Gasparotto, J., Somensi, N., Bortolin, R. C., Moresco, K. S., Girardi, C. S., Klafke, K., & Moreira, J. C. F. (2014). Effects of different products of peach (*Prunus persica* L. Batsch) from a variety developed in southern Brazil on oxidative stress and inflammatory parameters in vitro and ex vivo. *Journal of Clinical Biochemistry and Nutrition*, 55(2), 110–119.

- 148.** Ghafoor, K., Al Juhaimi, F., Özcan, M. M., Uslu, N., Babiker, E. E., & Mohamed Ahmed, I. A. (2020). Total phenolics, total carotenoids, individual phenolics and antioxidant activity of ginger (*Zingiber officinale*) rhizome as affected by drying methods. *LWT - Food Science and Technology*, 126, 109354.
- 149.** Ghazanfar, A. S. (1994). *Arabian medicinal plants*. Library of Congress Cataloging in Publication, USA.
- 150.** Ghedira, K. (2005). Les flavonoïdes: structure, propriétés biologiques, rôle prophylactique et perspectives d'utilisation. *Phytothérapie*, 3(4), 162–169.
- 151.** Ghedira, K., & Goetz, P. (2019). *Berberis vulgaris* L. (*Berberidaceae*) Épine-vinette. *Phytothérapie*, 17, 159–163. <https://doi.org/10.3166/phyto-2019-0162>
- 152.** Ghedira, K., & Le Jeune, R. (2010). Huile de nigelle cultivée, *Nigella sativa* L. (Renonculacée). *Phytothérapie*, 8(2), 124–128.
- 153.** Gigon, F. (2012). Le gingembre, une épice contre la nausée. *Phytothérapie*, 10(2), 87-91.
- 154.** Gingembre HE. (2023, 6 avril). ScenTree, la nouvelle classification innovante et collaborative des matières premières utilisées en parfumerie. Voyagez dans l'univers merveilleux des odeurs. Récupéré sur https://www.scentree.co/fr/Gingembre_HE.html
- 155.** Girija, S., Duraipandiyar, V., Kuppusamy, P. S., Gajendran, H., & Rajagopal, R. (2014). Chromatographic characterization and GC-MS evaluation of the bioactive constituents with antimicrobial potential from the pigmented ink of *Loligoduvauceli*. *International Scholarly Research Notices*, 2014, Article ID 820745. <https://doi.org/10.1155/2014/820745>
- 156.** glucisoEarl, A. M., Losick, R., & Kolter, R. (2008). Ecology and genomics of *Bacillus subtilis*. *Trends in Microbiology*, 16(6), 269–275. <https://doi.org/10.1016/j.tim.2008.03.004>
- 157.** Golkar, P., Hadian, F., & KoohiDehkordi, M. (2019). Production of a new mucilage compound in *Lepidium sativum* callus by optimizing in vitro growth conditions. *Natural Product Research*, 33(1), 130–135.
- 158.** González, J. A., Vallejo, J. R., & Amich, F. (2018). *Arisarum vulgare* Targ. Tozz. In *Inventario Español de los Conocimientos Tradicionales Relativos a la Biodiversidad* (pp. 58–59). Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, de l'Alimentation et de l'Environnement (MAPAMA).
- 159.** González-Gallego, J., Sanchez-Campos, S., & Tuñon, M. J. (2007). Anti-inflammatory properties of dietary flavonoids. *Nutrición Hospitalaria*, 22, 287–293.
- 160.** González-Tejero, M. R., Casares-Porcel, M., Sánchez-Rojas, C. P., Ramiro-Gutiérrez, J. M., Molero-Mesa, J., Pieroni, A., Giusti, M. E., Censorii, E., de Pasquale, C., Della, A., Paraskeva-Hadjichambi, D., Hadjichambis, A., Houmani, Z., El-Demerdash, M., El-Zayat, M., Hmamouchi, M., & El-Johri, S. (2008). Medicinal plants in the Mediterranean area: Synthesis of the results of the project Rubia. *Journal of Ethnopharmacology*, 116, 341–357.
- 161.** Gorval, L. M., & Grishkovets, V. I. (1999). State Nikitskii Botanical Garden, Yalta, Ukraine. *Chemistry of Natural Compounds*, 35(2), 223–224.
- 162.** Goto, Y., Hirooka, S., Masuda, H., Koyama, T., & Yazawa, K. (2012). Peach leaf contains multiflorin A as a potent inhibitor of glucose absorption in the small intestine in mice. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 35(8), 1264–1268.
- 163.** Greuter, W., Burdet, H. M., & Long, G. (1984). *Med-Checklist: A critical inventory of vascular plants of the circum-Mediterranean countries, 1. Pteridophyta (2nd ed.), Gymnospermae, Dicotyledones (Acanthaceae–Cneoraceae)*. Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève / Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem.

164. Gu, S., Song, X., Xie, R., Ouyan, C., Xie, L., Li, Q., Su, T., Xu, M., Xu, T., Huang, D., & Liang, B. (2020). Berberine inhibits cancer cells growth by suppressing fatty acid synthesis and biogenesis of extracellular vesicles. *Life Sciences*, 257, 118122.
165. Guan, X., Zheng, X., Vong, C. T., Zhao, J., Xiao, J., Wang, Y., & Zhong, Z. (2020). Combined effects of berberine and evodiamine on colorectal cancer cells and cardiomyocytes in vitro. *European Journal of Pharmacology*, 875, 173031.
166. Guettoche, S. (2021). *Étude phytochimique d'Atriplexhalimus et la détermination de son activité biologique (Région Ouargla Algérie)* [Thèse de doctorat, Université KasdiMerbah Ouargla].
167. Guignard, J.-L. (2001). *Botanique systématique moléculaire* (12e éd.). Paris : Masson.
168. Guignard, J.-L., & Dupont, F. (2004). *Botanique : Systématique moléculaire* (13e éd.). Paris : Masson.
169. Guignard, J.-L., & Dupont, F. (2015). *Abrégé de botanique : Les familles de plantes* (16e éd.). Paris : Masson.
170. Guo, Y., Song, G., Sun, M., Wang, J., & Wang, Y. (2020). Prevalence and therapies of antibiotic-resistance in *Staphylococcus aureus*. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 10, 107. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2020.00107>
171. Gurung, A. K., & Yadav, U. N. (2022). Effectiveness of *Zingiber officinale* (ginger) compared with non-steroidal anti-inflammatory drugs and complementary therapy in primary dysmenorrhoea: A systematic review. *Clinical Epidemiology and Global Health*, 10, 1152.
172. Habtemariam, S. (2019). The chemical and pharmacological basis of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) as potential therapy for diabetes and metabolic syndrome. In *Medicinal Foods as Potential Therapies for Type-2 Diabetes and Associated Diseases* (pp. 639687).
173. Hajhashemi, V., Ghannadi, A., & Jafarabadi, H. (2004). Black cumin seed essential oil, as a potent analgesic and anti-inflammatory drug. *Phytotherapy Research*, 18, 195–199.
174. Hajji, H., Talbaoui, A., Elalaoui, F. E. F., & Abdennebi, E. (2016). In vitro evaluation of antibacterial action of *Caralluma europaea* extracts on *Rhodococcusequi*. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 8(5), 943–952.
175. Hall, C. I., Tulbek, M. C., & Xu, Y. (2006). Flaxseed. *Advances in Food and Nutrition Research*, 51, 1–97.
176. Halligudi, N. (2012). Pharmacological properties of flax seed: Review. *Hygeia: Journal for Drugs and Medicines*, 4, 70–77.
177. Halliwell, B. (1994). Free radicals and antioxidants. *Nutrition Reviews*, 52, 253–265.
178. Han, W., Xu, J. D., Wei, F. X., Zheng, Y. D., Ma, J. Z., Xu, X. D., ... & Zhang, Y. C. (2015). Prokinetic activity of *Prunus persica* (L.) Batsch flowers extract and its possible mechanism of action in rats. *BioMed Research International*, 2015.
179. Hanafy, M. S. M., & Hatem, M. E. (1991). Studies on the antimicrobial activity of *Nigella sativa* seed (black cumin). *Journal of Ethnopharmacology*, 34(2–3), 275–278.
180. Hanafy, M. S. M., & Hatem, M. E. (1991). Studies on the antimicrobial activity of *Nigella sativa* seed (black cumin). *Journal of Ethnopharmacology*, 34(2–3), 275–278. [https://doi.org/10.1016/0378-8741\(91\)90047-S](https://doi.org/10.1016/0378-8741(91)90047-S)
181. Hannan, J. M. A., Ali, L., Rokeya, B., Khaleque, J., Akhter, M., Flatt, P. R., & Abdel-Wahab, Y. H. A. (2007). Soluble dietary fibre fraction of *Trigonella foenum-graecum* (fenugreek) seed improves glucose homeostasis in animal models of type 1 and type 2 diabetes by delaying carbohydrate digestion and absorption, and enhancing insulin action. *British Journal of Nutrition*, 97(3), 514–521.

- 182.** Hanou, S. (2018). *Aptitude du lait de chamelle au développement des bactéries lactiques et mise au point de laits fermentés* [Thèse de doctorat, Université Badji Mokhtar, Annaba].
- 183.** Hasan, N. A., Nawahwi, M. Z., & Malek, H. A. (2013). Antimicrobial activity of *Nigella sativa* seed extract. *Sains Malaysiana*, 42(2), 143–147.
- 184.** Hashim, F., & El-Kiey, M. (1982). *Nigella sativa* seeds of Egypt. *Journal of Pharmaceutical Sciences U.A.R.*, 3, 121–133.
- 185.** Hassan, L. G., Hassan, S. W., Hashim, T., Umar, K. J., & Sani, N. A. (2011). Determination of nutritive values of garden cress (*Lepidium sativum* L.) leaves. *Bayero Journal of Pure and Applied Sciences*, 4(2), 18–23.
- 186.** Hassine, A. B., Ghanem, M. E., Bouzid, S., & Lutts, S. (2008). An inland and a coastal population of the Mediterranean xero-halophyte species *Atriplex halimus* L. differ in their ability to accumulate proline and glycinebetaine in response to salinity and water stress. *Journal of Experimental Botany*, 59(6), 1315–1326. <https://doi.org/10.1093/jxb/ern040>
- 187.** He, Y., Yue, Y., Zheng, X., Zhang, K., Chen, S., & Du, Z. (2015). Curcumin, inflammation, and chronic diseases: How are they linked? *Molecules*, 20(5), 9183–9213.
- 188.** Heithoff, D. M., Barnes, L., & Mahan, M. J. (2023). Antimicrobial susceptibility testing to evaluate minimum inhibitory concentration values of clinically relevant antibiotics. *STAR Protocols*, 4(3), 102512. <https://doi.org/10.1016/j.xpro.2023.102512>
- 189.** Hekmatshoar, Y., Ozkan, T., & Saadat, Y. R. (2021). Evidence for health-promoting properties of *Lepidium sativum* L.: An updated comprehensive review. *Turkish Journal of Pharmaceutical Sciences*.
- 190.** Heli, J. R. D., Shanna, L. M. S., Chad, E. B. A., & Beth, K. (2007). *Flaxseed: A review of health benefits*. *Pennington Nutrition Series*, (5), 4.
- 191.** Hero, F. S. A., & Tawfeeq, J. D. (2012). Antibacterial activity of *Lepidium sativum* and *Allium porrum* extract and juices against some Gram-positive and Gram-negative bacteria. *Medical Journal of Islamic World Academy of Sciences*, 20(1), 1–6.
- 192.** Holzbach, J. C., & Lopes, L. M. X. (2010). Aristolactams and alkaloids of *Aristolochia gigantea*. *Molecules*, 15, 9462–9472.
- 193.** Hombourger, C. (2010). *Le Curcuma, de l'épice au médicament* [Thèse de doctorat en science pharmaceutique]. UHP-Université Henri Poincaré.
- 194.** Houekou, Y. P., Tchacondo, T., Gbogbo, A. K., Agban, A., Pissang, P., Atakpama, W., & Akpagana, K. (2016). Activités antimicrobiennes de *Parquetinagriscens* (Afzel.) Bullock, une plante utilisée en médecine traditionnelle togolaise dans le traitement des infections microbiennes. *Afrique Science*, 12(5), 182–188.
- 195.** Houérou, H. N. (1992). The role of saltbushes (*Atriplex* spp.) in arid lands rehabilitation in the Mediterranean basin: A review. *Agroforestry Systems*, 18(2–3), 107–148.
- 196.** Houghton, P. J., & Osibogun, I. M. (1993). Flowering plants used against snakebite. *Journal of Ethnopharmacology*, 39(1), 1–29.
- 197.** Houmani, M. (1988). Actualité scientifique : Biotechnologie, amélioration des plantes et sécurité alimentaire. *Collection Universités Francophones, ED ESTM*, Paris, 1, 175–176.
- 198.** Hui, H., Tang, G., Liang, V., & Go, W. (2009). Hypoglycemic herbs and their action mechanisms. *Chinese Medicine*, 4, 11.
- 199.** Ibn El-Baytar. (1982). *Al-Jami' li-Mufradat al-Adwiyawa al-Aghdhiya* (Vol. 1). Dar El Dawa
- 200.** Idm'hand, E., Msanda, F., & Cherifi, K. (2020). Ethnobotanical study and biodiversity of medicinal plants used in the Tarfaya Province, Morocco. *Acta Ecologica Sinica*, 40(2), 134–144.

- 201.** Ikpeama, A., Onwuka, G. I., & Nwankwo, C. (2014). Composition nutritionnelle du curcuma et ses propriétés antimicrobiennes. *Revue Internationale de Recherche Scientifique et Technique*, 5, 1085–1089.
- 202.** Imanshahidi, M., & Hosseinzadeh, H. (2008). Pharmacological and therapeutic effects of *Berberis vulgaris* and its active constituent, berberine. *Phytotherapy Research*, 22, 999–1012.
- 203.** Iserin, P. (2001). *Larousse des plantes médicinales : Identification, préparation, soins* (2e éd.). Paris : Larousse.
- 204.** Ivanovska, N., & Philipov, S. (1996). Study on the anti-inflammatory action of *Berberis vulgaris* root extract, alkaloid fractions and pure alkaloids. *International Journal of Immunopharmacology*, 18(10), 553–561.
- 205.** Jakubczyk, K., Drużga, A., Janda, K., & Skonieczna-Zydecka, K. (2020). Antioxidant potential of curcumin—A meta-analysis of randomized clinical trials. *Antioxidants*, 9, 1092.
- 206.** Janda, J. M., & Abbott, S. L. (2006). The genera *Klebsiella* and *Raoultella*. In M. Schaechter (Ed.), *The enterobacteria* (2nd ed., pp. 115–129). ASM Press.
- 207.** Jansen, P. C. M. (2007). *Lepidium sativum* L. – Medicinal properties and phytochemistry. In *PROTA (Plant Resources of Tropical Africa)*, Wageningen, Netherlands.
- 208.** Jiang, T., Ghosh, R., & Charcosset, C. (2021). Extraction, purification and applications of curcumin from plant materials A comprehensive review. *Trends in Food Science & Technology*, 112, 419–430. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.04.015>
- 209.** Jourdan, A. J. L. (1830). *Pharmacopoea universalis*. Landes Industrie Comptoirs.
- 210.** K'Eogh, J., & Scott, M. (1986). *An Irish Herbal: The Botanologia Universalis Hibernica* (1st ed.). Aquarian Press.
- 211.** Kadi, S. A., & Zirmi-Zembri, N. (2016). Nutritive value of the main forage resources used in Algeria. 2-Fodder trees and shrubs. *Livestock Research for Rural Development*, 28(8).
- 212.** Kadri, H. (2017). *Étude phytochimique de quelques plantes de la Numidie Algérienne* (Thèse de doctorat). Université Badji Mokhtar Annaba.
- 213.** Kähkönen, M. P., Hopia, A. I., Vuorela, H. J., Rauha, J., Pihlaja, K., Kujala, T. S., & Heinonen, M. (1999). Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47, 3954–3962.
- 214.** Kaithwas, G., Mukerjee, A., Kumar, P., & Majumdar, D. K. (2011). *Linum usitatissimum* (linseed/flaxseed) fixed oil: Antimicrobial activity and efficacy in bovine mastitis. *Inflammopharmacology*, 19, 45–52. <https://doi.org/10.1007/s10787-010-0057-8>
- 215.** Kang, S., Li, Z., Yin, Z., Jia, R., Song, X., Li, L., Chen, Z., Peng, L., Qu, J., Hu, Z., Lai, X., Wang, G., Liang, X., He, C., & Yin, I. (2015). *The antibacterial mechanism of berberine against Acrinobacillus pleuropneumoniae*. *Natural Product Research*, 39(23), 2203–2206.
- 216.** Kant, R., Shukla, R. K., & Shukla, A. (2018). A review on peach (*Prunus persica*): An asset of medicinal phytochemicals. *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology*, 6(1), 2186–2200.
- 217.** Karan, S. K., Mishra, S. K., Pal, D., & Mondal, A. (2012). Isolation of β -sitosterol and evaluation of antidiabetic activity of *Aristolochia indica* in alloxan-induced diabetic mice with a reference to in-vitro antioxidant activity. *Journal of Medicinal Plants Research*, 6(7), 1219–1223. <https://doi.org/10.5897/JMPR11.1367>
- 218.** Karunakaran, R., & Sadanandan, S. P. (2019). Zingiber officinale: Anti-inflammatory actions and potential usage for arthritic conditions. In *Bioactive food as dietary interventions for arthritis and related inflammatory diseases* (pp. 233-244). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813820->

219. Kassie, F., Knasmüller, S., König, W., & Helma, C. (2002). Genotoxic effects of benzyl isothiocyanate, a natural constituent of *Lepidium sativum*, in bacteria and mammalian cells. *Chemico-Biological Interactions*, 140(1), 1–10.
220. Kazan, A., Koyu, H., Turu, I. C., & Yesil-Celiktas, O. (2014). Supercritical fluid extraction of *Prunus persica* leaves and utilization possibilities as a source of phenolic compounds. *The Journal of Supercritical Fluids*, 92, 55–59.
221. Kehili, N., Saka, S., & Aouacheri, O. (2017). L'effet phytoprotecteur de la nigelle (*Nigella sativa*) contre la toxicité induite par le cadmium chez les rats. *Phytothérapie*. <https://doi.org/10.1007/s10298-017-1099-y>
222. Kerr, K. G., & Snelling, A. M. (2009). *Pseudomonas aeruginosa*: A formidable and ever-present adversary. *Journal of Hospital Infection*, 73, 338–344. <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2009.04.020>
223. Khadidja, D., Zouina, D., Saliha, D., Anis, B., Abd Raouf, M. A. A. D. A. D. I., & Seddik, K. (2020). A contribution to the valorization of two medicinal plants: *Atriplex halimus* subsp. *schweinfurthii* and *Bunium incrassatum*, growing in the region of M'sila (North-East Algeria). *Indian Journal of Novel Drug Delivery*, 12(4), 208–216.
224. Khamidov, I., Telezhenetskaya, M. V., & Karimov, A. (1995). Investigations of the alkaloids of *Berberis vulgaris*. *Chemistry of Natural Compounds*, 31(3), 503–504.
225. Khan, M. A. U., Ashfaq, M. K., Zuberi, H. S., Mahmood, M. S., & Gilani, A. H. (2003). The in vivo antifungal activity of the aqueous extract from *Nigella sativa* seeds. *Phytotherapy Research*, 17(2), 183–186.
226. Khan, M., Ullah, N., Azhar, M., Komal, W., & Muhammad, W. (2019). A mini-review on the therapeutic potential of *Zingiber officinale* (ginger). *Natural Products: An Indian Journal*, 15(1), 125.
227. Kharchoufa, L., Bouhrim, M., Bencheikh, N., El Assri, S., Amirou, A., Yamani, A., Choukri, M., Mekhfi, H., & Elachouri, M. (2020). Acute and subacute toxicity studies of the aqueous extract from *Haloxylon scoparium* Pomel (*Hammada scoparia* (Pomel)) by oral administration in rodents. *BioMedResearch International*, 2020, Article ID 8892535.
228. Khedis, L., & Aid, A. (2020). *Caractérisation phytochimique et activité antibactérienne de Curcuma longa* (Mémoire de mastère en biotechnologie microbienne). Université Akli Mohand Oulhadj 3 Bouira.
229. Khither, H. (2011). *Étude des effets des huiles polaires et apolaires des graines de Nigella sativa L. sur l'activité de l'élastase : Application à la maladie pulmonaire obstructive chronique et à l'emphysème pulmonaire* (Mémoire de Magister, Université Ferhat Abbas, Sétif). 92 p.
230. Khyal Anya, & Peredera, S. (2023). *Analysis of antimicrobial properties of medicinal plants*. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 25(110), 137–141.
231. Kim, B., Oh, M. J., Yoon, J., Kim, H. Y., Lee, K. J., ... & Choi, K. Y. (2002). *Persicaria hydropiper* (L.) Spach and its flavonoid components, isoquercitrin and isorhamnetin, activate the Wnt/ β -catenin pathway and inhibit adipocyte differentiation of 3T3-L1 cells. *Phytotherapy Research*, 25(11), 1629–1635.
232. Kim, H. P., Son, K. H., Chang, H. W., & Kang, S. S. (2004). Anti-inflammatory plant flavonoids and cellular action mechanisms. *Journal of Pharmacological Sciences*, 96, 229–245.
233. Kinet, J. M., Benrebaha, F., Bouzid, S., Laihacar, S., & Dutuit, P. (1998). Le réseau Atriplex : Allier biotechnologies et écologie pour une sécurité alimentaire accrue en régions arides et semi-arides. *Cahiers d'Agriculture*, 7, 505–509.
234. Kokoska, L. (2011). *Chemistry and biological activity of Nigella genus: The antimicrobial and anti-inflammatory effects of seed extracts, essential oils and compound of six Nigella species*. LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG.

- 235.** Kong, W., Li, Z., Xiao, X., Zhao, Y., & Zhang, P. (2010). Activity of berberine on *Shigella dysenteriae* investigated by microcalorimetry and multivariate analysis. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 102, 331–336. <https://doi.org/10.1007/s10973-010-0778-9>
- 236.** Kosalec, I., Gregurek, B., Kremer, D., Zovko, M., Sanković, K., & Karlović, K. (2009). Croatian barberry (*Berberis croatica* Horvat): A new source of berberine – analysis and antimicrobial activity. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 25(1), 145–150.
- 237.** Kou, X., Wang, X., Ji, R., Liu, L., Qiao, Y., & Lou, Z. (2018). Occurrence, biological activity and metabolism of 6-shogaol. *Food Function*, 9(3), 1310–1327.
- 238.** Kovács, Á. T. (2019). *Bacillus subtilis*. *Trends in Microbiology*, 27(8), 724–725. <https://doi.org/10.1016/j.tim.2019.03.008>
- 239.** Kowalska-Krochmal, B., & Dudek-Wicher, R. K. (2021). The minimum inhibitory concentration of antibiotics: Methods, interpretation, clinical relevance. *Pathogens*, 10(2), 165. <https://doi.org/10.3390/pathogens10020165>
- 240.** Krishnaraju, T. V. N., Rao, D., Sundararaju, M., Vanisree, H.-S., Tsay, H.-S., & Subbaraju, G. V. A. (2005). Assessment of bioactivity of Indian medicinal plants using brine shrimp (*Artemia salina*) lethality assay. *International Journal of Applied Science and Engineering*, 3, 125–134.
- 241.** Ksouri, R., Ksouri, W. M., Jallali, I., Debez, A., Magné, C., Hiroko, I., & Abdelly, C. (2012). Medicinal halophytes: Potent source of health-promoting biomolecules with medical, nutraceutical, and food applications. *Critical Reviews in Biotechnology*, 32(4), 289–326.
- 242.** Kulkarni, S. K., & Dhir, A. (2010). Berberine: A plant alkaloid with therapeutic potential for central nervous system disorders. *Phytotherapy Research*, 24(3), 317–324.
- 243.** Kumar Gupta, S. K., & Sharma, A. (2014). Medicinal properties of *Zingiber officinale* Roscoe – A review. *IOSR Journal of Pharmacy and Biological Sciences*, 9(5), 124–129.
- 244.** Kumar, G., Karthik, L., & Rao, K. B. (2011). A review on pharmacological and phytochemical properties of *Zingiber officinale* Roscoe (Zingiberaceae). *Journal of Pharmacy Research*, 4(9), 2963–2969.
- 245.** Kumar, N., & Chaudhary, A. (2015). Evaluation of anthelmintic activity of *Prunus persica* (L.). *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 8(5), 163–165.
- 246.** Kumar, R., Awasthi, M., Sharma, A., Padwad, Y., & Sharma, R. (2020). Berberine induces dose-dependent quiescence and apoptosis in A549 cancer cells by modulating cell cyclins and inflammation independent of mTOR pathway. *Life Sciences*, 244, 117346.
- 247.** Kwak, C. S., Yang, J., Shin, C. Y., & Chung, J. H. (2018). Topical or oral treatment of peach flower extract attenuates UV-induced epidermal thickening, matrix metalloproteinase-13 expression and pro-inflammatory cytokine production in hairless mice skin. *Nutrition Research and Practice*, 12(1), 29–40.
- 248.** Lahbari, M. (2015). *Étude et simulation du séchage de l'abricot : application à quelques variétés de la région des Aurès*. Thèse de doctorat, Université de Hadj Lakhdar Batna, Faculté de Technologie.
- 249.** Lahiri, B., & Rani, R. (2020). Garden cress seeds: Chemistry, medicinal properties, application in dairy and food industry: A review. *Emergent Life Sciences Research*, 6, 1–4.
- 250.** Lahsissene, H., Kahouadji, A., Tijane, M., & Hseini, S. (2009). Catalogue des plantes médicinales utilisées dans la région de Zaer (Maroc occidental). *Lejeunia*, 186, 1–26.
- 251.** Lakhan, S. E., Ford, C. T., & Tepper, D. (2015). Zingiberaceae extracts for pain: A systematic review and meta-analysis. *Nutrition Journal*, 14, 50. <https://doi.org/10.1186/s12937-015-0036-7>

- 252.** Lakhdari, W., Neghmouche, N. S., Abderrezzak, A., Bachir, H., Dehliz, A., Hammi, H., & Elsharkawy, E. R. (2024). Unveiling the therapeutic potential of *Haloxylon articulatum* extract: A comprehensive study on its phytochemical composition, antioxidant, antifungal, and antibacterial activities. *International Journal of Food Properties*, 27(1), 1290–1301. <https://doi.org/10.1080/10942912.2024.2389297>
- 253.** Lamchouri, F., Benali, T., Bennani, B., Toufik, H., Ibn Majdoub Hassani, L., Bouachrine, M., & Lyoussi, B. (2012). Preliminary phytochemical and antimicrobial investigations of extracts of *Haloxylon scoparium*. *Journal of Materials and Environmental Science*, (4), 754–759.
- 254.** Laouedj, M. (2017). *Conseiller en phytothérapie et herboriste*.
- 255.** Lechevalier, P. (1952). *Arbres et fleurs de pleine terre* (Vol. 2). Paris.
- 256.** Lee, S. H., Kim, B., Oh, M. J., Yoon, J., Kim, H. Y., Lee, K. J., & Choi, K. Y. (2011). *Persicaria hydropiper* (L.) Spach and its flavonoid components, isoquercitrin and isorhamnetin, activate the Wnt/ β -catenin pathway and inhibit adipocyte differentiation of 3T3-L1 cells. *Phytotherapy Research*, 25(11), 1629–1635. <https://doi.org/10.1002/ptr.3453>
- 257.** Leroy, R. (2019). *La curcumine : provenance et potentiels thérapeutiques* [Thèse de doctorat en pharmacie, Université d'Aix-Marseille, Faculté de Pharmacie]. 89 p.
- 258.** Leterne, E., & Lespinasse, J.-M. (2008). *Les fruits retrouvés : patrimoine de demain*. Éditions du Rouergue.
- 259.** Lewis, W. H., & Elvin-Lewis, M. P. F. (2003). *Medical botany: Plants affecting human health*. Wiley.
- 260.** Li, S., Yuan, W., Deng, G., Wang, P., Yang, P., & Agarwal, B. (2011). Chemical composition and product quality control turmeric (*Curcuma longa* L.). *Thopharmj*, 5, 28–54.
- 261.** Li, Y., Plitzko, I., Zaugg, J., Hering, S., & Hamburger, M. (2010). HPLC-based activity profiling for GABA_A receptor modulators: A new dihydroisocoumarin from *Haloxylon scoparium*. *Journal of Natural Products*, 73(4), 768–770.
- 262.** Li, Y., Sun, S., Pu, X., Yang, Y., Zhu, F., Zhang, S., & Xu, N. (2018). Evaluation of antimicrobial activities of seaweed resources from Zhejiang Coast, China. *Sustainability*, 10(7), 2156. <https://doi.org/10.3390/su10072156>
- 263.** Li, Y., Yin, Y. M., Wang, X. Y., Wu, H., & Ge, Z. Z. (2018). Evaluation of berberine as a natural fungicide: Biodegradation and antimicrobial mechanism. *Journal of Asian Natural Products Research*, 20(2), 148–162. <https://doi.org/10.1080/10286020.2017.1297393>
- 264.** Li, Z., Zheng, J., Zhang, N., & Li, C. (2016). Berberine improves airway inflammation and inhibits NF- κ B signaling pathway in an ovalbumin-induced rat model of asthma. *Journal of Asthma*, 53(10), 999–1005.
- 265.** Liu, B., Furevi, F., Perepelov, A., Guo, X., Cao, H., Wang, Q., Reeves, P., Knirel, Y., Wang, L., & Widmalm, G. (2020). Structure and genetics of *Escherichia coli* O antigens. *FEMS Microbiology Reviews*, 44. <https://doi.org/10.1093/femsre/fuz028>
- 266.** Liyana-Pathirana, C. M., & Shahidi, F. (2006). Antioxidant properties of commercial soft and hard winter wheats *Triticum aestivum* L. and their milling fractions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86, 477–485.
- 267.** Loizzo, M. R., Pacetti, D., Lucci, P., Núñez, O., Menichini, F., Frega, N. G., & Tundis, R. (2015). *Prunus persica* var. platycarpa (Tabacchiera Peach): Bioactive compounds and antioxidant activity of pulp, peel and seed ethanolic extracts. *Plant Foods for Human Nutrition*, 70(3), 331–337.
- 268.** Loo, Y. S., Madheswaran, T., Rajendran, R., & Bose, R. J. C. (2020). Encapsulation of berberine into liquid crystalline nanoparticles to enhance its solubility and anticancer activity in MCF7 human breast cancer cells. *Journal of Drug Delivery Science and Technology*, 57, 101756.

- 269.** Lopes, T. Z., De Moraes, F. R., Tedesco, A. C., Arni, R. K., Rahal, P., & Calmon, M. F. (2020). Berberine-associated photodynamic therapy promotes autophagy and apoptosis via ROS generation in renal carcinoma cells. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, *123*, 109794. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2019.109794>
- 270.** Maatallah, S., Dabbou, S., Castagna, A., Guizani, M., Hajlaoui, H., Ranieri, A. M., & Flamini, G. (2019). *Prunus persica* by-products: A source of minerals, phenols and volatile compounds. *Scientia Horticulturae*, *256*, 108579. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108579>
- 271.** Macheix, J. J., Fleuriet, A., & Jay-Allemand, C. (2005). Nature et diversité des composés phénoliques des végétaux. In *Les composés phénoliques des végétaux* (pp. 10–15). Technique et Documentation, Lavoisier.
- 272.** Magar, R. T., & Sohng, J. K. (2020). A review on structure, modifications and structure–activity relation of quercetin and its derivatives. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, *30*(1), 11–20. <https://doi.org/10.4014/jmb.1907.07003>
- 273.** Magnoliides, C. (2006a). Piperales : Aristolochiaceae. In *Guía de Consultas Diversidad Vegetal*. Ed. FACENA (UNNE), Argentina.
- 274.** Mahassni, S. H., & Al-Reemi, R. M. (2013). Cytotoxic effect of *Lepidium sativum* seed extract on breast cancer cells. *Journal of Medicinal Plants Research*, *7*(15), 918–923.
- 275.** Mahmoudvand, H., Sepahvand, A., Jahanbakhsh, S., Ezatpour, B., & Ayatollahi Mousavi, S. A. (2014). Evaluation of antifungal activities of the essential oil and various extracts of *Nigella sativa* and its main component, thymoquinone, against pathogenic dermatophyte strains. *Journal de Mycologie Médicale*, *24*(4), e155–e161. <https://doi.org/10.1016/j.mycmed.2014.06.048>
- 276.** Mahrez, M. (1997). *Étude caryologique de l'Atriplex halimus* (Mémoire d'ingénieur). Institut National d'Études Supérieures, Blida.
- 277.** Maire, R. (1961). *Flore de l'Afrique du Nord* (Vol. 8, pp. 216–221). Éditions Paul Lechevalier.
- 278.** Malecky, M. (2005). *Métabolisme des terpénoïdes chez les caprins* (Thèse de doctorat, Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement, AgroParisTech).
- 279.** Mao, Q. Q., Xu, X. Y., Cao, S. Y., Gan, R. Y., Corke, H., Beta, T., & Li, H. B. (2019). Bioactive compounds and bioactivities of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). *Foods*, *8*(6), 185.
- 280.** Martinez, J. P., Ledent, J. F., Bajji, M., & Kinet, J. M. (2003). Effect of water stress on growth, Na⁺ and K⁺ accumulation and water use efficiency in relation to osmotic adjustment in two populations of *Atriplex halimus* L. *Journal of Plant Growth Regulation*, *41*(1), 64–65.
- 281.** Marwat, S. K., Shoaib, M., Khan, E. A., Rehman, F., & Ullah, H. (2015). Phytochemistry and bioactivities of Quranic plant, zanjabil-ginger (*Zingiber officinale* Roscoe): A review. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science*, *15*(5), 707-713.
- 282.** Matés, J. M., Pérez-Gómez, C., & Castro, N. I. (1999). Antioxidant enzymes and human diseases. *Clinica Chimica Acta*, *32*, 595–603.
- 283.** Mau, J. L., Tsai, S. Y., Tseng, Y. H., & Huang, S. J. (2005). Antioxidant properties of methanolic extracts from *Ganoderma tsugae*. *Food Chemistry*, *93*(4), 641–649. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.10.026>
- 284.** Mbadiko, C. M., Ngbolua, K. N., Mpiana, P. T., Tshilanda, D. D., Makengo, K. G., Pambu, L. A., Kemfine, L. L., Bamvingana, K. C., Bongo, N. G., & Mbemba, F. T. (2017). Assessment of the antisickling activity of total methanolic extracts from the rhizomes and roots of *C. longa* and the effect of photodegradation on the antisickling activity. *Journal of Advancement in Medical and Life Sciences*, *5*(1), 1–6.

- 285.** McKell, C. M. (1994). Salinity in *Atriplex* species: Fodder shrubs of arid lands. In M. Pessaraki (Ed.), *Handbook of plant and crop physiology*. Marcel Dekker.
- 286.** Medjekal, S., & Bousseboua, H. (2016). Seasonal variation of the nutritive value of fourwing saltbush (*Atriplex canescens*). *Options Méditerranéennes, Série A, Séminaires Méditerranéens*, 115, 569–573.
- 287.** Melhaoui, A., Jossang, A., & Bodo, B. (1992). Structure of irniine a pyrrolidine alkaloid from *Arisarum vulgare*. *Journal of Natural Products*, 55, 950–952.
- 288.** Melhaoui, A., Mallea, M., Jossang, A., & Bodo, B. (1993). Antibiotic and antifungal pyrrolidine alkaloids from *Arisarum vulgare*. *Natural Product Letters*, 2(3), 237–242.
- 289.** Menounos, P., Staphylakins, K., & Gegiou, D. (1986). The sterols of *Nigella sativa* seed oil. *Phytochemistry*, 25, 761–763.
- 290.** Mercan, N., Guvensen, A., & Celik, A. (2007). Antimicrobial activity and pollen composition of honey samples collected from different provinces of Turkey. *Natural Product Research*, 21(3), 187–195.
- 291.** Merouani, N., Belhattab, R., & Sahli, F. (2017). Evaluation of the biological activity of *Aristolochia longa* L. extracts. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 8(5), 1978–1992.
- 292.** Mertz, W., Rosinski, E. E., Gordon, W. A., Harrison, W. W., Shani, J., & Sulman, F. G. (1973). In vitro potentiating of insulin by ash from saltbush (*Atriplex halimus*). *Archives Internationales de Pharmacodynamie et de Thérapie*, 206(1), 121–182.
- 293.** Mesli-Bestaoul, K., Bouazza, M., & Godron, M. (2007). Étude des groupements végétaux des monts de Tlemcen et de leurs faciès de dégradation par deux approches : les profils écologiques et les liaisons interspécifiques (Oranie – Algérie). *Sciences & Technologie C*, (25), 71–78.
- 294.** Messaoudi, S., & Mohellebi, D. (2019). *Activité antioxydante et antimicrobienne des extraits des feuilles de pêcher Prunus persica* [Mémoire de Master, Université A. Mira - Béjaïa, Algérie].
- 295.** Meziti, A. (2009). *Activité antioxydante des extraits des graines de Nigella sativa* [Mémoire de magistère, Université El Haj Lakhdar Batna].
- 296.** Mezouar, D., Lahfa, F. B., & Djaziri, R. (2014). Evaluation of the antioxidant activity of *Berberis vulgaris* L. *Phytothérapie*, 12, 297–301. <https://doi.org/10.1007/s10298-014-0900-4>
- 297.** Mghezzi-Habellah, R., Karoune, S., Kechebar, M. S., & Bounab, H. (2016). Étude des composés phénoliques et des activités antioxydantes de l'*Acacia ehrenbergiana* de la région de Tindouf. *Journal Algérien des Régions Arides*, 34(13), 56–81.
- 298.** Miara, M. D., Bendif, H., Rebbas, K., Rabah, B., Hammou, M. A., & Maggi, F. (2019). Medicinal plants and their traditional uses in the Highland Region of Bordj Bou Arreridj (Northeast Algeria). *Journal of Herbal Medicine*, 16, 100262.
- 299.** Moggi, G. (1959). La distribuzione dell'«*Arisarum proboscideum*» (L.) Savi ed il suo valore sistematico e fitogeografico. *Webbia: Journal of Plant Taxonomy and Geography*, 15(1), 95–110.
- 300.** Mohammedi, Z. (2016). Resistance, pharmacological properties, and nutritional value of a shrub from arid environments: *Atriplex halimus*. *Research Journal of Medicinal Plant*, 10(1), 10–18.
- 301.** Mohd Amir, A., Khan, A., Mujeeb, M., Ahmad, A., Usmani, S., & Akhtar, M. (2011). Phytochemical analysis and in vitro antioxidant activity of *Zingiber officinale*. *Free Radicals and Antioxidants*, 1(4), 75–81.
- 302.** Mohd Sahardi, N. F. N., & Makpol, S. (2019). Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) in the prevention of ageing and degenerative diseases: Review of current evidence. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2019, 5054395.
- 303.** Mohd Yusof, Y. A. (2016). Gingerol and its role in chronic diseases. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 929, 177–207.

- 304.** Mokkedem, A. (2004). *Guide pratique des cultures en sec de quelques plantes médicinales, condimentaires et aromatiques*. INRAA.
- 305.** Moradi Kor, N., Didarschetaban, M. B., & Saeid, H. R. (2013). Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) as a valuable medicinal plant. *International Journal of Advance Biological and Biomedical Research*, 1(8), 922–931.
- 306.** Mortazavi, H., Nikfar, B., Esmaeili, S.-A., Rafieenia, F., Saburi, E., Chaichian, S., Gorji, M. A. H., & Momtazi-Borojeni, A. A. (2020). Potential cytotoxic and anti-metastatic effects of berberine on gynaecological cancers with drug-associated resistance. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 187, 111951.
- 307.** Mostafa, E. S., Maher, A., Mostafa, D. A., Gad, S. S., Nawwar, M. A. M., & Swilam, N. (2021). A unique acylated flavonol glycoside from *Prunus persica* (L.) var. Florida Prince: A new solid lipid nanoparticle cosmeceutical formulation for skincare. *Antioxidants*, 10(3), 436. <https://doi.org/10.3390/antiox10030436>
- 308.** Moudjeb, I., Sahbi, A., & Hammoudi, N. E. (2021). Étude phytochimique et les activités antioxydante et antifongique de l'*Atriplexhalimus* L. (Mémoire de Master, Université L'Arbi Ben Mhidi-Oum El Bouaghi).
- 309.** Muir, A. D., & Westcott, N. D. (2003). *Flax: The genus Linum* (pp. 22–25). Taylor & Francis Group.
- 310.** Mulas, M., & Mulas, G. (2004). Potentialités d'utilisation stratégique des plantes des genres *Atriplex* et *Opuntia* dans la lutte contre la désertification. *Short and Medium-Term Priority Environmental Action Programme (SMAP)*, 38–46.
- 311.** Murata, K., Takahashi, K., Nakamura, H., Itoh, K., & Matsuda, H. (2014). Search for skin-whitening agent from *Prunus* plants and the molecular targets in melanogenesis pathway of active compounds. *Natural Product Communications*, 9(2), 1934578X1400900213. <https://doi.org/10.1177/1934578X1400900213>
- 312.** Nègre, R. (1960). *Petites Flores des Régions Arides du Maroc Occidental, Tome I*. Librairie de l'Académie de Médecine : Paris. (pp. 571-572).
- 313.** Nesbitt, P. D., Lam, Y., & Thompson, L. U. (1999). Human metabolism of mammalian lignan precursors in raw and processed flaxseed. *American Journal of Clinical Nutrition*, 69, 549–555.
- 314.** Newman, D. J., Cragg, G. M., & Snader, K. M. (2000). La grande encyclopédie du Maroc : Flore et végétation. *10^e Journées Internationales HE*, Digne-les-Bains, 5–7 septembre, p. 28.
- 315.** Nunes, A. R., Flores-Félix, J. D., Gonçalves, A. C., Falcão, A., Alves, G., & Silva, L. R. (2022). Anti-inflammatory and antimicrobial activities of Portuguese *Prunus avium* L. (sweet cherry) by-products extracts. *Nutrients*, 14(21), 4576. <https://doi.org/10.3390/nu14214576>
- 316.** Offoumou, M. R., Gueyraud, R. K., Kigbafori, D. S., Allico, J. D., & Guédé, N. Z. (2019). *Procédure d'utilisation d'un évaporateur rotatif* (No. 3).
- 317.** Ohkoshi, E., Miyazaki, H., Shindo, K., Watanabe, H., Yoshida, A., & Yajima, H. (2007). Constituents from the leaves of *Nelumbo nucifera* stimulate lipolysis in the white adipose tissue of mice. *Planta Medica*, 73(12), 1255–1259. <https://doi.org/10.1055/s-2007-981548>
- 318.** Ojha, S., Azimullah, S., Mohanraj, R., Sharma, C., Yasin, J., Arya, D. S., & Adem, A. (2022). *Thymoquinone protects against myocardial ischemic injury by mitigating oxidative stress and inflammation*. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2022, Article ID 2338690. <https://doi.org/10.1155/2022/2338690>
- 319.** Olaiya, C. O., & Soetan, K. O. (2014). A review of the health benefits of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.): Nutritional, biochemical and pharmaceutical perspectives. *American Journal of Social Issues and Humanities*, 3–12.
- 320.** Omar, A. R., & Mohamed El Haykle, M. (1993). *Plantes médicinales et aromatiques* (2^e éd.). Installations Connaissances d'Alexandrie, pp. 13–134.

321. Omosa, L. K., Midiwo, J. O., & Kuete, V. (2017). *Curcuma longa*. In V. Kuete (Ed.), *Medicinal spices and vegetables from Africa* (pp. 425–435). Academic Press.
322. Organisation mondiale de la Santé. (2020). *L’OMS encourage les pays de la Région africaine à promouvoir des médicaments traditionnels sûrs et efficaces*.
323. Orsi-Llinares, F. (2005). *La Nigelle, une épice d'intérêt médicinal* [Thèse de pharmacie, Université de Grenoble].
324. Ortiz-Dorda, J., Martinez-Mora, C., Correal, E., Simoon, B., & Cenis, J. L. (2005). Genetic structure of *Atriplex halimus* populations in the Mediterranean Basin. *Annals of Botany*, 95(5), 827–834.
325. Ounaissia, K., Bennadja, S., Aliane, L., & Djahoudi, A. (2020). Phytochemical screening and antibacterial activity of methanolic extracts of the aerial parts of *Atriplex halimus* L. from Biskra (Algeria). *International Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 13(1), 26–33.
326. Oyagbemi, A. A., Saba, A. B., & Azeez, O. I. (2010). Molecular targets of [6]-gingerol: Its potential roles in cancer chemoprevention. *Biofactors*, 36(3), 169–178.
327. Pag, A. I., Radu, R. G., Draganescu, D., Popa, M. I., & Sirghie, C. (2014). Flaxseed cake: A sustainable source of antioxidant and antimicrobial extracts. *Cellulose Chemistry and Technology*, 48, 265–273.
328. Painuli, S., Quispe, C., Herrera-Bravo, J., Semwal, P., Martorell, M., Almarhoon, Z. M., ... & Cho, W. C. (2022). Nutraceutical profiling, bioactive composition, and biological applications of *Lepidium sativum* L. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2022.
329. Parham, S., Kharazi, A. Z., Bakhsheshi-Rad, H. R., Nur, H., Ismail, A. F., Sharif, S., ... & Berto, F. (2020). Antioxidant, antimicrobial and antiviral properties of herbal materials. *Antioxidants*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813820->
330. Paris, R. R., & Moyses, H. (1981). *Matière médicale* (2^e éd., Tome 2, pp. 129–131). Masson.
331. Park, D., Min, J., Jeong, M., Song, H., Yang, J., Seok, K., Karigar, C., & Choi, M. (2008). Selection of high berberine yielding *Phellodendron insulare* Nak. lines and the antimicrobial activity of their extract. *Forest Science and Technology*.
332. Parvez, M. K., Arbab, A. H., Al-Dosari, M. S., Al-Rehaily, A. J., Alam, P., Ibrahim, K. E., Alsaïd, M. S., & Rafatullah, S. (2018). Protective effect of *Atriplex suberecta* extract against oxidative and apoptotic hepatotoxicity. *Experimental and Therapeutic Medicine*, 15(4), 3883–3891. <https://doi.org/10.3892/etm.2018.5866>
333. Peng, L., Kang, S., Yin, Z., Jia, R., Song, X., Li, L., Li, Z., Zou, Y., Liang, X., Li, L., He, C., Ye, G., Yin, L., Shi, F., & Lv, C. (2015). Antibacterial activity and mechanism of berberine against *Streptococcus agalactiae*. *International Journal of Clinical and Experimental Pathology*, 8(5), 5217–5223.
334. Peng, P. L., Hsieh, Y. S., Wang, C. J., Hsu, J. L., & Chou, F. P. (2006). Inhibitory effect of berberine on the invasion of human lung cancer cells via decreased productions of urokinase-plasminogen activator and matrix metalloproteinase-2. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 214, 8–15.
335. Peng, W., Li, P., Ling, R., Wang, Z., Feng, X., Liu, J., Yang, Q., & Yan, J. (2022). Diversity of volatile compounds in ten varieties of Zingiberaceae. *Molecules*, 27, 565.
336. Perry, M. C. (2008). *Évaluation de la curcumine comme agent anti-cancéreux dans le traitement des tumeurs cérébrales* [Thèse de doctorat]. Université Montréal.
337. Poirel, L., Madec, J.-Y., Lupo, A., Schink, A.-K., Kieffer, N., Nordmann, P., & Schwarz, S. (2018). Antimicrobial resistance in *Escherichia coli*. *Microbiology Spectrum*, 6. <https://doi.org/10.1128/microbiolspec.arba-0026-2017>
338. Ponnusamy, L., Kothandan, G., & Manoharan, R. (2020). Berberine and emodin abrogate breast cancer growth and facilitate apoptosis through inactivation of SIK3-induced mTOR and Akt signaling pathway. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Molecular Basis of Disease*, 1866(11), 165897.

339. Pouget, M. (1980). *Les relations sol-végétation dans les steppes sud-algéroises*. Travaux et Documents ORSTOM.
340. Pozdzik, A. A., Berton, A., Schmeiser, H. H., Missoum, W., Decaestecker, C., Salmon, I. J., et al. (2010). Aristolochic acid nephropathy revisited: A place for innate and adaptive immunity? *Histopathology*, 56(4), 449–463.
341. Prajapati, V. D., Maheriya, P. M., Jani, G. K., Patil, P. D., & Patel, B. N. (2014). *Lepidium sativum* Linn: A current addition to the family of mucilage and its applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, 65, 72–80.
342. Preeti, C., Ravinder, K. M., Ratendra, K., & Shamim, A. (2010). Hepatoprotective effect of *Prunus persica* leaves extract against carbon tetrachloride induced hepatic injury in rats. *Der Pharmacia Lettre*, 7(2), 150–153.
343. Pura, B., Begoña, C., Raúl, A., García-Muñoz, A. M., Javier, M., & Pilar, Z. (2023). Antioxidant activity in extracts from Zingiberaceae family: Cardamom, turmeric, and ginger. *Molecules*, 28, 4024. <https://doi.org/10.3390/molecules28104024>
344. Quézel, P., & Santa, S. (1962). *Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales* (Tome 1). Paris : Centre National de la Recherche Scientifique.
345. Quincampoix, J. C., & Mainardi, J. L. (2001). Mécanismes de résistance des cocci à Gram positif. *Réanimation*, 10, 267–275.
346. Radwan, H. M., Aboul-Ela, M., Shams, K. A., & El-Sayed, M. M. (2007). Phytochemical study and biological activities of *Lepidium sativum* L. seeds. *Natural Product Research*, 21(7), 575–586.
347. Rahmani, M., Toumi-Benali, F., Hamel, L., & Dif, M. (2015). *Aperçu ethnobotanique et phytopharmacologique sur Trigonella foenum-graecum L.* Lavoisier SAS.
348. Rai, R., Pandit, R., Gaikwad, S., Yadav, A., & Gade, A. (2015). Potential applications of curcumin and curcumin nanoparticles: From traditional therapeutics to modern nanomedicine. *Nanotechnology Reviews*, 4(2), 161–172.
349. Raish, M., Ahmad, A., Ansari, M. A., Alkharfy, K. M., Al Jenobi, F. I., & Janardhanan, K. K. (2016). Hepatoprotective effect of *Lepidium sativum* seed extract against D-galactosamine-induced liver injury in rats. *Journal of Medicinal Plants Research*, 10(3), 43–50.
350. Ramadan, M. F., & Mörsel, J. T. (2002). Characterisation of phospholipid composition of black cumin (*Nigella sativa* L.) seed oil. *Nahrung/Food*, 46, 240–244.
351. Ramadan, M. F., & Oraby, H. F. (2020). *Lepidium sativum* seeds: Therapeutic significance and health-promoting potential. In *Nuts and Seeds in Health and Disease Prevention* (pp. 273–289). Academic Press.
352. Ramulu, P., Giridharan, N. V., & Udayasekhararao, P. (2011). Hypolipidemic effect of soluble dietary fiber (galactomannan) isolated from fenugreek seeds in WNIN (GR-Ob) obese rats. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(19), 4804–4813.
353. Randhir, R., Lin, Y. T., & Shetty, K. (2004). Phenolics, their antioxidant and antimicrobial activity in dark germinated fenugreek sprouts in response to peptide and phytochemical elicitors. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 13(3), 295–307
354. Rathee, P., Mishra, S. H., & Kaushal, R. (1982). Antimicrobial activity of essential oil, fixed oil and unsaponifiable matter of *Nigella sativa*. *Indian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 44, 8–10.
355. Ratsimiala, R. (2010). *Contribution de l'ethnobotanique dans la médecine traditionnelle Malgache*. Faculté des Sciences-Université d'Antananarivo.
356. Rédaction Medisite. (2011, 24 janvier). *Lin: origine, bienfaits, posologie*. <https://www.medisite.fr/dictionnaire-des-plantes-medicinaleslin.48578.8.html>
357. Rejeb, I. (2008). *Étude de l'effet de l'irradiation sur les polyphénols du curcumine* [Diplôme d'ingénieur]. Université du 7 Novembre à Carthage, Institut National des Sciences Appliquées et de Technologie.

- 358.** Rello, J., Rue, M., Jubert, P., Muses, G., Sonora, R., Valles, J., & Niederman, M. S. (1997). Survival in patients with nosocomial pneumonia: Impact of the severity of illness and the etiologic agent. *Critical Care Medicine*, 25, 1862–1867.
- 359.** Remppis, A., Bea, F., Greten, H. J., Buttler, A., Wang, H., Zhou, Q., et al. (2010). *Rhizoma Coptidis* inhibits LPS-induced MCP-1/CCL2 production in murine macrophages via an AP-1 and NFκB-dependent pathway. *Mediators of Inflammation*, 2010, 194896.
- 360.** Rogozhin, E. A., Oshchepkova, Y. I., Odintsova, T. L., et al. (2011). Novel antifungal defensins from *Nigella sativa* L. seeds. *Plant Physiology and Biochemistry*, 49(2), 131–137.
- 361.** Rosas, M. (1989). *El género Atriplex (Chenopodiaceae) en Chile*. *Gayana Botánica*, 46, 3–82.
- 362.** Ruiz-Herrera, J. (2006). *Fungal cell wall: Structure, synthesis, and assembly*. CRC Press.
- 363.** Rulika, B., Wanke, S., Nuss, M., & Neinhuis, C. (2008). Pollination of *Aristolochia*.
- 364.** Sabulal, B., Dan, M., Kurup, R., Pradeep, N. S., Valsamma, R. K., & George, V. (2006). Caryophyllene-rich rhizome oil of *Zingiber nimmonii* from South India: Chemical characterization and antimicrobial activity. *Phytochemistry*, 67(22), 2469–2473. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2006.09.004>
- 365.** Saeed Arayne, M., Sultana, N., & Bahadur, S. S. (2007). The *Berberis* story: *Berberis vulgaris* in therapeutics. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 20(1), 83–92.
- 366.** Sai, U. K. R., Addo, P. W., MacPherson, S., Shearer, M., Taylor, N., Paris, M., Lefsrud, M., & Orsat, V. (2023). Effects of particle size, solvent type, and extraction temperature on the extraction of crude cannabis oil, cannabinoids, and terpenes. *ACS Food Science & Technology*, 3(1), 170–183. <https://doi.org/10.1021/acsfoodscitech.3c00015>
- 367.** Saidi, F., Chérif, H. S., Lazouri, H., Aid, K., Rouibi, A., Bele, C., & Matea, C. (2009). Determination of the lipid compounds of *Aristolochia* L. from Algeria. *Bulletin UASMV Agriculture*, 66, 17–23.
- 368.** Sakaguchi, M., Kitaguchi, D., Morinami, S., Kurashiki, Y., Hashida, H., Miyata, S., Yamaguchi, M., Sakai, M., Murata, N., & Tanaka, S. (2020). Berberine induced nucleolar stress response in a human breast cancer cell line. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 528(1), 227–233.
- 369.** Salle, J.-L. (1991). *Le totum en phytothérapie : Approche de phyto-biothérapie*. Paris : Éditions Frison-Roche.
- 370.** Samir, D., Khaoula, Z., Safa, G., Yahia, K., & Anouar, F. (2017). Protective effects of *Aristolochia longa* and *Aquilaria malaccensis* against lead-induced acute liver injury in rats. *Journal of Acute Disease*, 6(5), 193–198. <https://doi.org/10.12980/jad.6.2017JADWEB-2017-0002>
- 371.** Sangwan, A., Kawatra, A., & Sehgal, S. (2014). Nutritional composition of ginger powder prepared using various drying methods. *Journal of Food Science and Technology*, 51(9), 2260–2262.
- 372.** Saxena, A., Kumar, M., & Chakdar, H. (2020). Rhizospheric *Bacillus*: Natural biology and biotechnological potential. In J. Meena, A. Kumar, J. Yadav, & R. Layek (Eds.), *Advances in PGPR research* (pp. 175–204). CAB International.
- 373.** Scalbert, A., Morand, C., Manach, C., & Remesy, C. (2002). Absorption and metabolism of polyphenols in the gut and impact on health. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 56, 276–282.
- 374.** Semwal, R. B. (2015). Gingerols and shogaols: Important nutraceutical principles from ginger. *Phytochemistry*, 117, 554–568.
- 375.** Shahrajabian, M. H., Sun, W., & Cheng, Q. (2019). Clinical aspects and health benefits of ginger (*Zingiber officinale*) in both traditional Chinese medicine and modern

- industry. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science*, 69(6), 546-556.
- 376.** Shama, I. Y. A., Shayma, A. M. S., & Warda, S. A. (2011). In vitro antimicrobial assessment of *Lepidium sativum* L. seeds extracts. *Asian Journal of Medical Sciences*, 3(6), 261–266.
- 377.** Shani, J., Ahronson, Z., Sulman, F. G., Mertz, W., Frenkel, G., & Kraicer, P. F. (1972). Insulin potentiating effect of saltbush (*Atriplex halimus*) ashes. *Journal of Medical Sciences*, 8(6), 757–758.
- 378.** Sharifi-Rad, J., Rayess, Y. E., Rizk, A. A., Sadaka, C., Zgheib, R., Zam, W., Sestito, S., Rapposelli, S., Neffe-Skocińska, K., Zielińska, D., Salehi, B., Setzer, W. N., Dosoky, N. S., Taheri, Y., El Beyrouthy, M., Martorell, M., Ostrander, E. A., Ansar Rasul Suleria, H., Cho, W. C., ... Martins, N. (2020). Turmeric and its major compound curcumin on health: Bioactive effects and safety profiles for food, pharmaceutical, biotechnological and medicinal applications. *Frontiers in Pharmacology*, 11, 1021.
- 379.** Sharma, S., Sheehy, T., Kolahdooz, F., & Barasi, M. (2015). *Nutrition at a glance* (2^eéd., p. 162). Wiley-Blackwell.
- 380.** Sharma, V., Singh, P., & Rani, A. (2017). Antimicrobial activity of *Trigonella foenum-graecum* L. (Fenugreek). *European Journal of Experimental Biology*, 7(1), 4.
- 381.** Shen, H., Wang, H., Wang, L., Wang, L., Zhu, M., Ming, Y., & Lai, E. Y. (2017). Ethanol extract of root of *Prunus persica* inhibited the growth of liver cancer cell HepG2 by inducing cell cycle arrest and migration suppression. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2017, Article ID 9810547.
- 382.** Shim, Y. Y., Gui, B., Arnison, P. G., Wang, Y., & Reaney, M. J. T. (2014). Flaxseed (*Linum usitatissimum* L.) bioactive compounds and peptide nomenclature. *Trends in Food Science & Technology*, 38, 5–20.
- 383.** Singh, G., Kapoor, I. P., Singh, P. K., De Heluani, C. S., De Lampasona, M. P., & Catalan, C. A. (2008). Chemistry, antioxidant and antimicrobial investigations on essential oil and oleoresins of *Zingiber officinale*. *Food and Chemical Toxicology*, 46(10), 3295-3302.
- 384.** Skerget, M., Kotnik, P., Hadolin, M., Rizner Hras, A., Simoncic, M., & Knez, Z. (2005). Phenols, proanthocyanidins, flavones and flavonols in some plant materials and their antioxidant activities. *Food Chemistry*, 89, 191–198.
- 385.** Stanić, Z. (2017). Curcumin, a compound from natural sources, a true scientific challenge – A review. *Plant Foods for Human Nutrition*, 72(1), 1–12. <https://doi.org/10.1007/s11130-016-0590-1>
- 386.** Stevanovic, Z., Stankovic, M. S., Stankovic, J., Janackovic, P., & Stankovic, M. (2019). Use of halophytes as medicinal plants: Phytochemical diversity and biological activity. In *Halophytes and Climate Change: Adaptive Mechanisms and Potential Uses* (pp. 343–352). CABI Amazon France.
- 387.** Strang, C. (2006). *Larousse médical*. Éditions Larousse.
- 388.** Sumaira, A., & Habib, R. (2013). Biological activities of *Prunus persica* L. Batsch. *Journal of Medicinal Plants Research*, 7(15), 947–951.
- 389.** Syafitri, D. M., Levita, J., Mutakin, M., & Diantini, A. (2018). A Review: Is Ginger (*Zingiber officinale* var. Roscoe) Potential for Future Phytomedicine? *Indonesian Journal of Applied Sciences*, 8(1). <https://doi.org/10.24198/ijas.v8i1.16466>
- 390.** Tachema, & Bendimerad. (2018). Enquête sur l’usage des plantes médicinales par les patientes atteintes de cancer du sein au niveau du service d’oncologie. [Thèse de doctorat, Université de Tlemcen].
- 391.** Takagi, S., Yamaki, M., Masuda, K., Kubota, M., & Minami, J. (1977). Studies on the purgative drugs. III. On the constituents of the flowers of *Prunus persica* Batsch. *Yakugaku Zasshi*, 97(9), 1061–1064. https://doi.org/10.1248/yakushi1947.97.9_1061

- 392.** Talbaoui, A., Bouyahya, A., Boury, H. E., Amzazi, S., Benjouad, A., Dakka, N., & Bakri, Y. (2016). In vitro cytotoxic effects and antibacterial activity of Moroccan medicinal plants *Aristolochia longa* and *Lavandula multifida*. *European Journal of Medicinal Plants*, 1–13.
- 393.** Tamma, N., Benayache, F., Benayache, S., & Boukourt, F. (2017). Antimicrobial and antioxidant properties of phenolic extracts from *Haloxylon articulatum* Bioss growth in Oued Souf – Algeria. *International Journal of Toxicological and Pharmacological Research*, 9(2), 86–92.
- 394.** Tefiani, C. (2015). *Les propriétés biologiques des huiles essentielles de Curcuma longa, Ammoides verticillata et Thymus ciliatus sp. eu-ciliatus* [Thèse de Doctorat en sciences agronomique]. Université de Mostaganem.
- 395.** Tew, X. N., Lau, N. J. X., Chellappan, D. K., Madheswaran, T., Zeeshan, F., Tambuwala, M. M., Aljabali, A. A. A., Balusamy, S. R., Perumalsamy, H., Gupta, G., Oliver, B. G., Hsu, A., Wark, P., Reddy, K., Wadhwa, R., Hansbro, P. M., & Dua, K. (2020). Immunological axis of berberine in managing inflammation underlying chronic respiratory inflammatory diseases. *Chemico-Biological Interactions*, 317, 108947.
- 396.** Todorova, S., & Kozhuharova, L. (2009). Characteristics and antimicrobial activity of *Bacillus subtilis* strains isolated from soil. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 26, 1207–1216. <https://doi.org/10.1007/s11274-009-0290-1>
- 397.** Tohma, H., Köksal, E., Kılıç, Ö., Alan, Y., Yılmaz, M., Gülçin, İ., Bursal, E., & Alwasel, S. (2016). RP-HPLC/MS/MS analysis of the phenolic compounds, antioxidant and antimicrobial activities of *Salvia* L. species. *Antioxidants*, 5(4), 38.
- 398.** Tomás-Barberán, F. A., Gil, M. I., Cremin, P., Waterhouse, A. L., Hess-Pierce, B., & Kader, A. A. (2001). HPLC-DAD-ESIMS analysis of phenolic compounds in nectarines, peaches, and plums. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(10), 4748–4760.
- 399.** Torres-Villarreal, D., Camacho, A., Castro, H., Ortiz-Lopez, R., & de la Garza, A. L. (2019). Anti-obesity effects of kaempferol by inhibiting adipogenesis and increasing lipolysis in 3T3-L1 cells. *Journal of Physiology and Biochemistry*, 75(1), 83–88. <https://doi.org/10.1007/s13105-018-0659-2>
- 400.** Tshibangu, D. S., Divakar, S., Ramanathan, M., Syamala, G., Ngbolua, K. T., Mudogo, J. C., Tshilanda, D. D., Misengabu, N. M., & Mpiana, P. T. (2016). In vitro anticancer assessment of *Annickiachlorantha* (Oliv.) Setten and Maas stem (Annonaceae) bark from the Democratic Republic of Congo. *Journal of Biosciences and Medicines*, 4, 23–29.
- 401.** Tsoetsi, T., Nephali, L., Malebe, M., & Tugizimana, F. (2022). *Bacillus* for plant growth promotion and stress resilience: What have we learned? *Plants*, 11(19), 2482. <https://doi.org/10.3390/plants11192482>
- 402.** Tuli, L., Jha, R., Pandey, V., & Singh, U. (2001). Antifungal activity of chaerophylline and berberine hydroxide isolated from *Corydalis* species. *Mycobiology*, 29(2), 100–103.
- 403.** Tuli, L., Jha, R., Pandey, V., & Singh, U. (2001). Antifungal activity of chaerophylline and berberine hydroxide isolated from *Corydalis* species. *Mycobiology*, 29(2), 100–103. <https://doi.org/10.1080/12298093.2001.12015763>
- 404.** Turner, N. A., Sharma-Kuinkel, B. K., Maskarinec, S. A., Eichenberger, E. M., Shah, P. P., Carugati, M., Holland, T. L., & Fowler, V. G. (2019). Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*: An overview of basic and clinical research. *Nature Reviews Microbiology*, 17, 203–218. <https://doi.org/10.1038/s41579-018-0147-4>
- 405.** Ulanowska, K., Traczyk, A., Konopa, G., & Wegrzyn, G. (2008). Differential antibacterial activity of genistein arising from global inhibition of DNA, RNA and protein synthesis in some bacterial strains. *Archives of Microbiology*, 184, 271–278. <https://doi.org/10.1007/s00203-005-0028-0>

406. Ungphaiboon, S., Supavita, T., Singchangchai, P., Sungkarak, S., Rattanasuwan, P., & Itharat, A. (2005). Study on antioxidant and antimicrobial activities of turmeric clear liquid soap for wound treatment of HIV patients. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 27(2), 269–578.
407. Usharani, C., Sumalatha, G., & Vimochana, B. (2014). Antihelmintic activity of *Prunus persica*. *International Research Journal of Pharmacy*, 5(7), 41–43.
408. Verdrager, J. (1978). *Ces médicaments qui nous viennent des plantes : ou les plantes médicinales dans les traitements modernes* (pp. 12–15). Paris : Maloine S.A. Éditeur.
409. Viagallica. (s.d.). Pêcher commun (*Prunus persica*). https://viagallica.com/v/pecher_commun.htm
410. Vries, L. (1962). *French-English Science Dictionary for Students in Agriculture*. McGraw-Hill.
411. Vrijzen, R., Van Hoof, L. M., Vlietinck, A. J., Vanden Berghe, D. A., & Boeye, A. (1987). The poliovirus induced shut-off of cellular protein synthesis persists in the presence of flavonoïde. *Archives of Virology*, 7(1), 35–42.
412. Vuddanda, P., Chakraborty, S., & Singh, S. (2010). Berberine: A potential phytochemical with multispectrum therapeutic activities. *Expert Opinion on Investigational Drugs*, 19(10), 1297–1307.
413. Walker, D. J., & Lutts, S. (2014). The tolerance of *Atriplex halimus* L. to environmental stresses. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 26(12), 1081–1090.
414. Wang, L., Liu, L., Shi, Y., Cao, H., Chaturvedi, R., & Calcutt, M. W. (2012). Berberine induces caspase-independent cell death in colon tumor cells through activation of apoptosis-inducing factor. *PLoS ONE*, 7(5), e36418.
415. Wang, S., Xu, Z., Cai, B., & Chen, Q. (2020). Berberine as potential multi-target agent for metabolic diseases: A review of investigations for berberine. *Endocrine, Metabolic & Immune Disorders - Drug Targets*.
416. Wang, S., Zhang, C., Yang, G., & Yang, Y. (2014). Biological properties of 6-gingerol: A brief review. *Natural Product Communications*, 9(7), 1027–1030. <https://doi.org/10.1177/1934578X1400900736>
417. Wanke, S. (2006). *Evolution of the genus Aristolochia – Systematics, molecular evolution and ecology* [Dissertation, Technische Universität Dresden, Germany].
418. Wanninger, S., Lorenz, V., Subhan, A., & Edelman, F. T. (2015). Metal complexes of curcumin–synthetic strategies, structures and medicinal applications. *Chemical Society Reviews*, 44(15), 4986–5002.
419. Watson, R. R., Preedy, V. R., & Zibadi, S. (2013). *Polyphenols in human health and disease* (1^{re}éd., p. 643). Elsevier.
420. Wichtl, M., & Anton, R. (2003). *Plantes thérapeutiques : Tradition, pratique officinale, science et thérapeutique* (2e éd.). Paris, France : Tec & Doc / Lavoisier.
421. Williams, C. A., Harborne, J. B., & Mayot, S. J. (1981). Anthocyanin pigments and leaf flavonoids in the family Araceae. *Pergamon Press Ltd*, 20, 217–234.
422. Wu, W., Jin, Y., Bai, F., & Jin, S. (2015). Chapter 41 - *Pseudomonas aeruginosa*. In Y.-W. Tang, M. Sussman, D. Liu, I. Poxton, & J. Schwartzman (Eds.), *Molecular Medical Microbiology* (2nd ed., pp. 753–767). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-397169-2.00041-X>
423. Xia, X., Yan, J., Shen, Y., Tang, K., Yin, J., & Zhang, Y., et al. (2011). Berberine improves glucose metabolism in diabetic rats by inhibition of hepatic gluconeogenesis. *PLoS ONE*, 6, e16556.
424. Yadav, D., Mishra, K., Singh, D., Mehrota, S., & Singh, V. (2017). Immunomodulatory effects of fermented curcumin. *Immunopharmacology and Immunotoxicology*, 27, 485–497.
425. Yang, C., Li, H., Wang, Z., Zhang, W., Zhou, K., Meng, J., Zhao, Y., Pan, J., Lv, X., Liang, H., & Jiang, X. (2012). Glycated albumin is a potential diagnostic tool for diabetes

- mellitus. *Clinical Medicine*, 12(6), 568–571. <https://doi.org/10.7861/clinmedicine.12-6-568>
- 426.** Yin, J., Xing, H., & Ye, J. (2008). Efficacy of berberine in patients with type 2 diabetes mellitus. *Metabolism*, 57(5), 712–717. <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2008.01.013>
- 427.** Yin, J., Ye, J., & Ji, W. (2012). Effects and mechanisms of berberine in diabetes treatment. *Acta Pharmaceutica Sinica B*, 2(4), 327–334.
- 428.** Yuan, X., Wei, G., You, Y., Huang, Y., Lee, H. J., Dong, M., & Lin, J. (2017). Rutin ameliorates obesity through brown fat activation. *FASEB Journal*, 31(1_Supplement), 17–21.
- 429.** Yunxin, L., Weiwei, H., Yao, L., Xirui, X., Zheng, Z., Chao, L., Jianjun, Z., Jun, L., Fang, X., & Yubing, Z. (2020). Berberine suppresses colon cancer cell proliferation by inhibiting the scap/srebp-1 signaling pathway-mediated lipogenesis. *Biochemical Pharmacology*, 174, 113776.
- 430.** Zaghlol, D., Kamel, E., Mohammed, D., & Abbas, N. (2012). The possible toxic effect of different doses of *Nigella sativa* oil on the histological structure of the liver and renal cortex of adult male albino rats. *Egyptian Journal of Histology*, 35(1), 127–136.
- 431.** Zhang, X. M., Yang, Y. S., Gang, S., Yang, C., Lu, M., & Zhi, J. (2014). Berberine-, allicin- or clarithromycin-based triple therapy for the first-line treatment of *Helicobacter pylori* infection: An open-label, randomized trial. *Gastroenterology*, 146, S398.
- 432.** Zheng, C. J., Yoo, J.-S., Lee, T.-G., Cho, H.-Y., Kim, Y.-H., & Kim, W.-G. (2005). Fatty acid synthesis is a target for antibacterial activity of unsaturated fatty acids. *FEBS Letters*, 579(23), 5157–5162.
- 433.** Zhu, L., Zhang, D., Zhu, H., Zhu, J., Weng, S., Dong, L., Liu, T., Hu, Y., & Shen, X. (2018). Berberine treatment increases *Akkermansia* in the gut and improves high-fat diet-induced atherosclerosis in Apoe^{-/-} mice. *Atherosclerosis*, 268, 117–126.
- 434.** Zian, L., Djellouli, M., & Miloudi, A. (2020). Antibacterial activity and gas chromatography-mass spectrometry analysis of *Atriplex halimus* essential oil. *Journal of Essential Oil Research*, 32(5), 1–10.
- 435.** Zia-Ul-Haq, M., Ahmad, S., Calani, L., Mazzeo, T., Del Rio, D., Pellegrini, N., & De Feo, V. (2012). Compositional study and antioxidant potential of *Ipomoea hederacea* Jacq. and *Lepidium sativum* L. seeds. *Molecules*, 17(9), 10306–10321.
- 436.** Zuk, M., Dorotkiewicz-Jach, A., Drulis-Kawa, Z., Arendt, M., Kulma, A., & Szopa, J. (2014). Bactericidal activities of GM flaxseed extract on pathogenic bacteria clinical strains. *BMC Biotechnology*, 14, 70. <https://doi.org/10.1186/1472-6750-14-70>
- 437. SITE WEB**
- 438.** [Site 1] Tela Botanica. (2015). *Fiche eFlore de Arisarumvulgare*. <https://www.tela-botanica.org>
- 439.** [Site 2] Royal Botanic Gardens, Kew. (2023). *Arisarum vulgare* O.Targ.Tozz. In *Plants of the World Online*. <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:85902-1>
- 440. ARCHIVES**
- 441.** [Source 1] 2. Les articles L.5132-1 à -9 et R.5150 à R.5219-15. En France, c'est Francopia (Sanofi) qui a eu le monopole de la culture du pavot.
- 442.** [Source 2] Willem, J.-P. (s.d.). *Les huiles essentielles : Une médecine d'avenir*. Éditions du Dauphin.
- 443.** [Source 3] Photopoésie. (2018). *Berbéris commun (Berberis vulgaris)* [Photographie]. Flickr. <https://www.flickr.com/photos/7208148@N02/42120566861/>

Abstract

Medicinal plants are widely used in traditional medicine for their antimicrobial properties. This study aimed to evaluate the antimicrobial activity of a polyherbal extract prepared from selected medicinal plants.

Two in vitro methods were used: solid medium diffusion and minimum inhibitory concentration (CIM). The extract showed activity only against *Staphylococcus aureus* in the diffusion method, and a concentration-dependent effect was observed in the CIM test.

Keywords: Medicinal plants, polyherbal extract, antimicrobial activity, *Staphylococcus aureus*, CIM

المخلص

تُستخدم النباتات الطبية على نطاق واسع في الطب التقليدي بفضل خصائصها المضادة للميكروبات. هدف هذا العمل إلى تقييم النشاط المضاد للميكروبات لمستخلص عشبي مركب من نباتات طبية مختارة. تم اعتماد طريقتين داخل المختبر: الانتشار في الوسط الصلب وتحديد التركيز المثبط الأدنى (CIM). أظهر المستخلص نشاطاً فقط ضد *Staphylococcus aureus* بطريقة الانتشار، وسُجّل تأثير يعتمد على التركيز في اختبار CIM. الكلمات المفتاحية: النباتات الطبية، مستخلص عشبي مركب، النشاط المضاد للميكروبات، *Staphylococcus aureus*, CIM.

Résumé

Les plantes médicinales sont largement utilisées en médecine traditionnelle pour leurs propriétés antimicrobiennes. Ce travail a porté sur l'évaluation de l'activité antimicrobienne d'un extrait polyherbal préparé à partir de plantes médicinales sélectionnées.

Deux méthodes in vitro ont été utilisées : la diffusion en milieu solide et la concentration minimale inhibitrice (CMI). L'extrait a montré une activité uniquement contre *Staphylococcus aureus* par diffusion, avec un effet dépendant de la concentration en CMI.

Mots-clés : Plantes médicinales, extrait polyherbal, activité antimicrobienne, *Staphylococcus*