

République Algérienne Démocratique Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة ابن خلدون - تيارت
Université Ibn Khaldoun – Tiaret



Faculté des Sciences de la Matière
كلية علوم المادة
Département de Chimie
قسم الكيمياء

Mémoire

Présenté par :

M^{lle}. R. BENSAID

M^{lle}. M. KIMOUR

Pour obtenir le diplôme de

Master

Filière : Chimie

Spécialité: Chimie Organique

Sujet :

**Extraction, caractérisation et activité antimicrobienne de l'huile
essentielle de gingembre officinale (Zingibare officinale).**

Soutenu le : 22/06/2025

Devant le jury :

M^{me}. HENNI. M

M^{me}. BENHAOUA .Ch.

M^{me}. BOUMETRED. T

M^{me}. BALEH. H

Présidente

Examinatrice

Examinatrice

Promotrice

MCA à UNIV -Tiaret

Pr à UNIV -Tiaret

MCB à UNIV -Tiaret

MCA à UNIV -Tiaret

Année universitaire : 2024/2025



Remerciements

On rédige ces remerciements qui marquent la conclusion de ce long parcours, des années de travail, d'efforts et de persévérance. Avant tout, nos remerciements vont à Dieu Tout- puissant, qui nous a accompagné sur le chemin de la vie nous a donné la volonté, la patience et la force d'achever ce travail. Louange à Dieu pour l'aboutissement de ce projet.

On tient à exprimer notre profonde reconnaissance à notre promotrice, Madame BALEH .H, pour sa supervision bienveillante, ses conseils avisés, sa disponibilité constante et le temps qu'elle nous a généreusement consacré.

Nos remerciements sincères vont également aux membres du jury pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant d'évaluer ce travail.

Madame HENNI .M, présidente du jury, pour l'honneur qu'elle nous a fait en présidant cette soutenance.

Madame BENHAOUA. C et Madame BOUMETHRED.T, qui ont accepté d'examiner ce mémoire.



On remercie également le Professeur BENIA, directeur du laboratoire de recherche de reproduction des animaux de la ferme de l'institut vétérinaire de l'université de Tiaret ainsi que Mr DOUCENE Radhouane pour sa disponibilité et son engagement lors de la réalisation des tests antibactériens.

On saisit aussi cette occasion pour remercier chaleureusement M^r Al-Arabi , M^r.Chadli, ainsi que M^{me} Kouadria .S, M^{me} BABOU .F, et M^{me} TENAH .K et toutes les personnes, qui ont Contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

À tous, un grand merci.



Dédicace

À la pulsation de mon cœur, à la lumière de ma vie : mes chers parents. Ô vous, les plus grandes des bénédictions et les dons les plus précieux du Tout Miséricordieux. Par votre présence, mon cœur s'épanouit ; par votre tendresse, mon chemin devient doux. Je ne suis rien d'autre que le fruit de votre amour et de vos prières. Vous êtes l'origine, vous êtes toute l'histoire. Je vous offre ce fruit, car vous en êtes les racines. Toute ma gratitude vous est destinée, car c'est grâce à vous, après Dieu, que j'ai pu réaliser ce rêve.

À mes frères bien-aimés Najat, Mariam, Mohammed et Roya,
Vous avez toujours été le mur sur lequel je m'appuie, le soutien fidèle qui ne m'a jamais fait défaut. Mon cœur n'a jamais été déçu tant que vous y étiez, et mon chemin n'a jamais été égaré avec vous à mes côtés. Vous avez toute ma gratitude et ma fierté. À mon amie de toujours Zahia,
Plus qu'une amie, tu as été la sœur que ma mère n'a jamais mise au monde. Nous avons grandi ensemble, partageons même nos rêves, et souvent, nous nous y retrouvions.

À mes chères amies Ahlem et Asmaa,
Vous avez partagé mon parcours universitaire avec sincérité et loyauté. Vous avez été mes véritables compagnes de route. Mon affection sincère vous

Accompagne

Que Dieu vous garde pour moi et nous réunisse toujours dans le bien et l'amour
À mes précieux amis Boshra, Dhikra, Noura et Ahlem,
Vous avez été bien plus que des compagnons : des âmes sœurs, des cœurs qui m'ont compris et soutenu dans le silence comme dans les mots.

À mes précieux amis Boshra, Dhikra, Noura et Ahlem,
Vous avez été bien plus que des compagnons : des âmes sœurs, des cœurs qui m'ont compris et soutenu dans le silence comme dans les mots.



*. Avec tout mon amour, toute ma gratitude et mes prières sincères : que
Dieu ne me prive jamais de votre précieuse compagnie.*

*.À ma partenaire Rabab,
Merci d'avoir partagé cette aventure, et d'avoir allégé la fatigue du travail et de la
recherche. Ta présence m'a été d'un grand secours.*

*À mes camarades étudiants, en particulier ceux de la section CO,
Merci pour chaque moment partagé, chaque discussion enrichissante et chaque*

Sourire dans les couloirs.

Manel

Dédicace

Je dédie ce travail à :

Mes très chers parents pour leurs sacrifices et leurs

Encouragements durant toutes mes études

*Mes chers frères : Adel, Khaled, Nadir, Hamidou, nour
el Salam, Anwar, zir*

Mes chères sœurs : mouna et salessabil

Et toute la famille Bensaid et khiati et Abbade

Mes cher amis : Rachida Maroua Naima

Mon binôme : manel

Ainsi qu'à

*tous les étudiants de ma promotion surtout promo Co
2025*

Chacun son nom.

Rabab

Merci à tous

Listes des tableaux

N°	NOM	PAGE
Tableau 1	Les formes galéniques des plantes médicinales.....	7
Tableau 2	Localisation des HE dans les organes des plantes.....	7
Tableau 3	Classification botanique du gingembre.....	15
Tableau 4	Valeur nutritionnelle du gingembre.....	16
Tableau 5	Classification botanique du gingembre.....	23
Tableau 6	Les indices chimiques pour le contrôle de la drogue végétale.....	35
Tableau 7	Résultats de l'étude phytochimiques.....	36
Tableau 8	Indices physico-chimiques de l'HE de gingembre.....	40
Tableau 9	Les rapports frontaux des composés déterminés par CCM.....	41
Tableau 10	Zones d'inhibition de l'HE et des antibiotiques.....	42
Tableau 11	Le tableau ci-dessous s'indique les résultats de la méthode du disque.....	42

Liste des figures

N°	Nom	Page
Figure 1	Petite ceinturée.....	3
Figure 2	Absinthe.....	3
Figure 3	Bouillon-blanc.....	4
Figure 4	Gingembre.....	4
Figure 5	Exemple de macération de plante.....	5
Figure 6	Exemple de percolation de plante.....	5
Figure 7	Exemple d'infusion d'un plante.....	5
Figure 8	Exemple de la décoction d'une plante	6
Figure 9	Schéma de l'entraînement à la vapeur d'eau.....	10
Figure 10	Schéma d'hydrodistillation.....	10
Figure 11	Schéma de l'expression à froid.....	11
Figure 12	Schéma de l'extraction par solvant.....	11
Figure 13	Schéma de l'extraction assisté par micro-onde.....	12
Figure 14	Schéma de l'extraction au CO ₂ supercritique.....	13
Figure 15	Aspect général de Zingiber officinale.....	15
Figure 16	Répartition mondiale des plantes de la famille des Zingiberaceae.....	16
Figure 17	Les tiges du gingembre.....	17
Figure 18	Les feuilles du gingembre.....	17
Figure 19	Les fleurs de gingembre.....	18
Figure 20	Le rhizome de gingembre.....	18
Figure 21	Les éléments les plus dominants dans le gingembre.....	19
Figure 22	Pays producteur mondial de gingembre.....	21

Figure 23	Séchage du gingembre.....	22
Figure 24	Extraction de l'HE de gingembre par hydrodistillation.....	27
Figure 25	Plaque CCM.....	31
Figure 26	Saturation de la cuve CCM.....	32
Figure 27	Immersion de la plaque.....	32
Figure 28	Révélation des taches par des vapeur I₂.....	32
Figure 29	Révélation des taches par une lampe UV.....	32
Figure 30	Spectre infra rouge de l'huile essentielle de gingembre.....	40
Figure 31	Les résultats de la méthode du puis Spath, E-coli 50µl.....	42
Figure 32	Les résultats de la méthode du puis Spath, E-coli 100µl.....	43
Figure 33	Les résultantes des antis ACM.....	43
Figure 34	Résultats des CIP.....	43
Figure 35	Les résultats de la méthode du disque E-coli , Staph.....	43

Liste des abréviations

AFNR	Agence nationale des fréquences
ATB	Antibiotiques
ACM	Association pour les machines informatique
CCM	Chromatographie couche mince
CIP	Classification internationale des maladies
E. coli	Escherichia coli
GN	Gingembre
HE	Huile essentielle
mm	Millimètre
MH	Gélose Muller-Hinton
nm	Nanomètre
pH	Potentiel hydrogène
Rf	Rapport frontale
R %	Rendement
Staph	Staphylococcus aureus

TABLE DES MATIERES

Dédicace

REMERCIEMENTS

RESUME

LISTE DES TABLEAUX, DES FIGURES ET ABREVIATIONS

INTRODUCTION GENERALE.....1

PREMIERE PARTIE: Synthèse Bibliographique

Chapitre I

I.1. Les plantes médicinales.....	3
I.1.1. Introduction.....	3
I.1.2. Définition.....	3
I.1.3. La phytothérapie.....	4
I.1.4. La composition chimique des plantes médicinales.....	4
I.1.5. Les parties des plantes utilisées.....	4
I.1.6. Les propriétés thérapeutiques des plantes médicinales.....	6
I.1.7. Les formes galéniques des plantes médicinales.....	6
I.2. Les huiles essentielles.....	7
I.2.1. Définition.....	7
I.2.2. Localisation dans la plante Les huiles essentielles.....	7
I.2.3. Les composants chimiques des HE.....	8
I.2.4. Facteurs influençant les compositions chimiques des huiles essentielles.....	9
I.2.5. Méthodes d'extractions des huiles essentielles.....	9
I.2.6. Utilisations, propriétés et activités biologiques des huiles essentielles.....	1
I.3. Le gingembre.....	14
I.3.1. Introduction.....	14
I.3.2. Présentation botanique de gingembre.....	14
I.3.3. Classification de gingembre.....	15
I.3.4. Répartition mondiale de la production du gingembre.....	16
I.3.5. Valeur nutritionnelle du gingembre.....	16
I.3.6. La composition morphologique du gingembre.....	17
I.3.7. L'HE du gingembre.....	18
I.3.8. Les propriétés pharmacologiques du gingembre.....	19

I.3.9. Formulations pharmaceutiques du gingembre.....	20
I.3.10. Utilisations du gingembre.....	20

Deuxième partie: Partie expérimentale

Chapitre II

II.1. But de travail.....	21
II.2. Matériel et méthodes.....	21
II.2.1.I. Le matériel végétal.....	21
II. 2.2. Matériel technique et appareillage.....	22
II.3. Contrôle qualité de la matière première.....	23
II.3..1 Description botanique.....	23
II.3.2. Stokage.....	23
II.3.3. Contrôle chimique.....	23
II.4. Etudes phytochimique.....	22
II.4.1. Les composés poly-phénoliques.....	22
II.4.2. Les flavonoïdes.....	23
II.4.3. Les quinones.....	23
II.4.4. Les glucosides.....	23
II.4.5. Les saponines.....	23
II.4.6. Recherche des hétérosides cardiotoniques.....	26
II.4.7. Recherché des mucilages.....	24
II.4.8. Recherche des iridoides.....	26
II.5. Extraction de l'huile essentielle.....	26
II.5.1. Caractérisation de d'HE.....	28
II.5.1.1. pH.....	28
II.5.2. La densité.....	28
II.5.3. Spectroscopie Infra rouge à transformée de Fourier (IRTF).....	28
II.5.3.1. Principe.....	29
II.5.4. Chromatographie sur couche mince (CCM).....	30
II.6. Etude de l'activité antibactérienne de L'HE de gingembre.....	32

Résultats et discussion

Chapitre III

III.1. Contrôle de qualité de la drogue végétale.....	35
III.2. Etude phytochimique.....	35
III.3. Extraction d'HE.....	39
III. 4. Caractérisation d'HE.....	40
III.4.1. Indices physico chimique de l'HE de gingembre.....	40
III.4.2. Spectroscopie infrarouge.....	40
III.4.3. Chromatographie sur couche mince (CCM).....	42
III.5. Activité antibactérienne.....	42

INTRODUCTION
GENERALE

Introduction générales

Les vertus thérapeutiques des plantes sont exploitées depuis longtemps et sont transmises oralement de génération en génération.

Les plantes médicinales possèdent un atout considérable grâce à la découverte progressive des applications de leurs huiles essentielles dans les soins de santé ainsi que leurs utilisations dans d'autres domaines d'intérêt économique. Ces plantes ainsi que leurs huiles essentielles sont très utilisées dans le domaine médical et elles sont de plus en plus demandées sur le marché mondial

Les Huiles essentielles sont la fraction volatile de ces plantes aromatiques avec une composition chimique diverse qui leur procurent des effets thérapeutiques remarquables. Parmi ces HE, l'huile essentielle de thym, de l'eucalyptus, du citron qui sont largement utilisés pour leur activité antibactérienne, ou encore l'HE de lavande qui est connue pour ses effets antalgiques, ou l'huile essentielle de clou de girofle qui est utilisés dans la médecine dentaire pour son effet anti inflammatoire et antibactérien. [1]

Le gingembre est une plante aromatique largement utilisé dans la cuisine mondiale et surtout algérienne. Cette plante fait partie d'une grande famille botanique qui est les Zingibéracées. Son huile essentielle est très riche en composés biologiques actifs dont les sesquiterpènes les monoterpènes. Parmi les sesquiterpènes on trouve le zingiberène , le valencène et dans les monoterpènes on trouve le es camphène et l' α -pinène , et on trouve aussi des composés oxygénés. Cette richesse en molécules actives lui procure des effets pharmacologiques très variés. [2]

Vue l'importance de l'HE de gingembre et les différents effets thérapeutiques qu'elle possède, nous nous sommes intéressé à l'extraction de l'HE de cette plante et l'étude de son activité antibactérienne.

Ce travail été réalisé au sein du laboratoire de graduation au Département de Chimie, Faculté des Sciences de la Matière à l'Université Ibn Khaldoun - Tiaret.

Il est divisé en trois chapitres

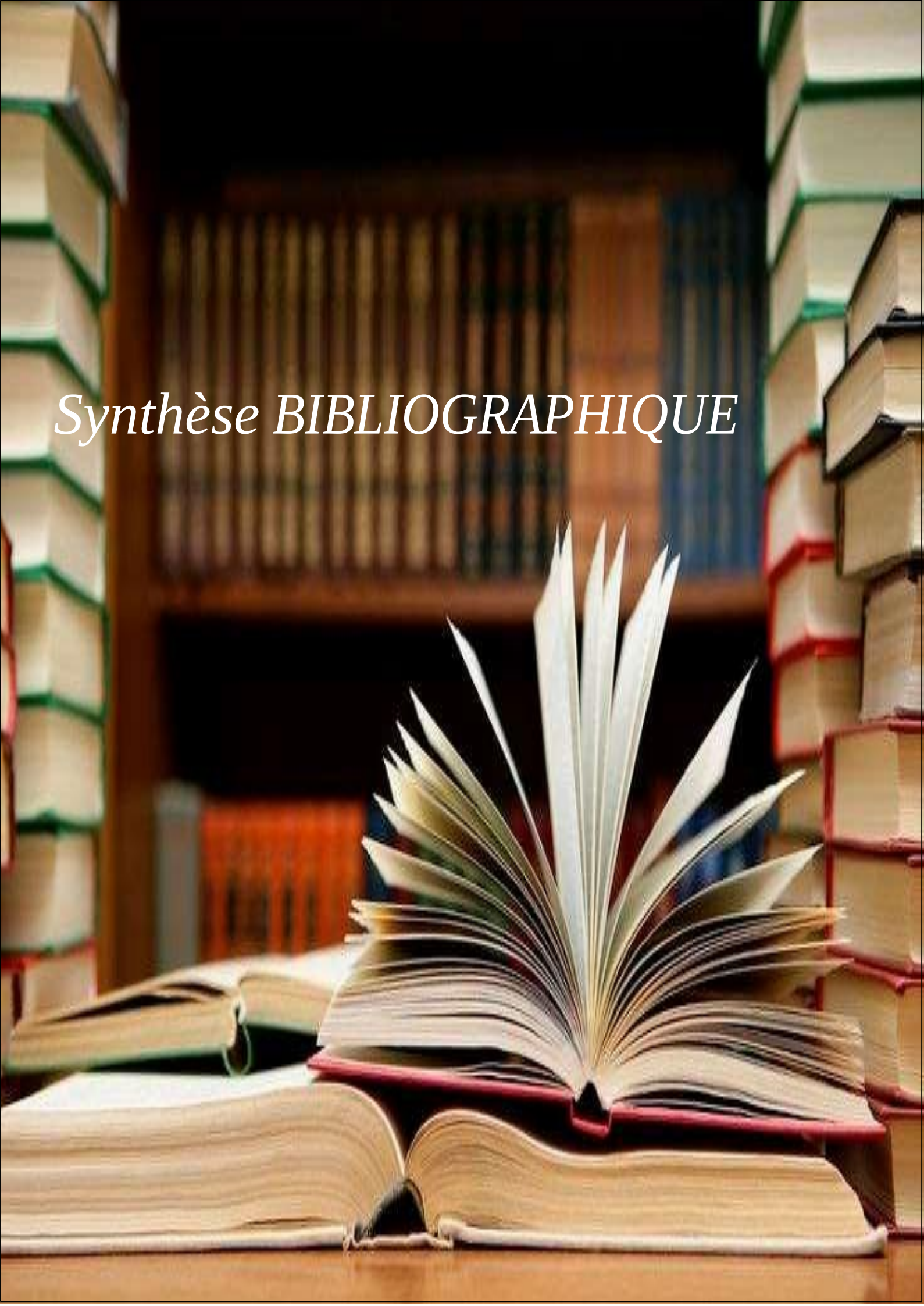
La première partie est liée à l'étude bibliographique qui porte des généralités sur les plantes médicinales, leurs diverses propriétés thérapeutiques, les généralités sur les huiles essentielles,

leurs différentes méthodes d'extraction. Le chapitre donne aussi un aperçu sur gingembre, sa composition chimique et ses effets pharmacologiques.

La deuxième partie est la partie expérimentale où nous présentons les modes opératoires et les techniques utilisés pour la caractérisation de L'HE et pour l'étude de son activité antibactérienne.

La troisième partie est consacré aux différents résultats obtenus et à leur discussion

. Et enfin le manuscrit est clôturé par une conclusion générale où tous le travail expérimental est résumé.

A photograph of a library interior. In the foreground, an open book with a red cover lies flat on a wooden surface, its pages fanned out in a semi-circle. Behind it, another open book is partially visible. The background is filled with tall, dark wooden bookshelves packed with books, creating a sense of depth and a vast collection of literature.

Synthèse BIBLIOGRAPHIQUE



CHAPITRE I



I.1. Les plantes médicinales

I.1.1. Introduction

Les plantes médicinales sont une partie essentielle de la vie humaine et sont largement utilisées dans de nombreux domaines. Les plantes médicinales ont été une pratique traditionnelle dans de nombreuses cultures à travers le monde. Aujourd'hui, l'importance d'intégrer ces connaissances est reconnue, notamment dans les disciplines liées à l'agriculture et à l'agronomie. Les plantes médicinales sont au centre de l'attention de la communauté scientifique mondiale, soulignant leur importance dans le système de santé actuel et futur, compte tenu de l'évolution de la demande de produits naturels à des fins médicinales et thérapeutiques. En ce sens, l'Organisation mondiale de la santé recommande la promotion des médicaments traditionnels et des plantes médicinales en raison de leur faible coût et de leur large acceptation dans les soins de santé primaires. [3]

I.1.2. Définition

Les plantes médicinales sont un ensemble de plantes utilisées en thérapie au sens de la Pharmacopée européenne dont au Moins une partie possède des propriétés Médicamenteuses [4]. Il existe 35 000 espèces végétales qui sont utilisées à travers le monde pour des raisons médicinales [5]

Elles renferment dans une ou plusieurs de leurs parties des substances susceptibles d'être employées à des fins curatives, ou des précurseurs pour la semi-synthèse de médicaments chimiques [6]

Elles sont aussi utilisées dans d'autres domaines, tels que l'alimentation et le cosmétique. Voici Quelques exemples sur les plantes médicinales :



Figure.I. 01 : petite ceinturée



Figure.I. 02 : absinthe



Figure.I. 03 : Bouillon-Blanc



Figure .I.04 : Gingembre

I.1.3. La phytothérapie

Le terme phytothérapie est dérivé du grec « phyton », qui signifie « plante », et « therapeia », qui signifie « traitement ». Elle se caractérise ainsi par l'usage des plantes pour traiter les maladies [7] et troubles fonctionnels traités au moyen de plantes, et de préparations à base de Plantes. Basée sur un savoir empirique enrichi au fil des générations. [8]

I.1.4. La composition chimique des plantes médicinales

Les composants chimiques des plantes médicinales donnent les propriétés pharmacologiques appropriées et permettent leur large utilisation dans la pratique médicale. Les substances physiologiquement plus actives dans les plantes sont les alcaloïdes, les trapézoïdes, les glycosides, les composés phénoliques...etc. [9].

On trouve aussi dans les plantes des minéraux et des antioxydants. Grâce à la composition diversifiée des plantes, on peut y extraire des composés spécifiques pour des applications diverses. [10]

I.1.5. Les parties des plantes utilisées

On peut utiliser plusieurs parties de la plante soit la plante complète au moment de la floraison ou bien les feuilles, les fleurs, les racines, les fruits et les graines. [11]

Plusieurs procédés sont employés pour extraire les substances actives des plantes médicinales, par eux, on

cite :

La macération : c'est une extraction partielle par un solvant donné, pendant plusieurs heures, la matière première en contact, à froid, avec le solvant. Le mélange doit être remué à intervalle régulier. Le produit obtenu est un macéré. [A]



Figure I.5 : Exemple de macération de plante

La percolation : c'est une extraction partielle consistant à épuiser une matière première en faisant filtrer, à travers elle, un solvant froid ou chaud qui entraîne, avec lui, tout composé soluble. [B]



Figure.I.6 : exemple de percolation de plante

L'infuse : elle consistant à verser sur la matière première de l'eau bouillante, à maintenir le contact pendant un certain temps puis à laisser refroidir. [C]



Figure .I.7 : Exemple d'infusion d'un plante

La décoction : méthode d'extraction et de dissolution partielle, par exemple à l'aide de l'eau ou de l'alcool, qui implique de garder la matière première en contact avec le solvant lors de l'ébullition. Le produit est un décocté. [12]



Figure .I.8 : Exemple de la décoction d'un plante

I.1.6. Les propriétés thérapeutiques des plantes médicinales

Les plantes médicinales contiennent des constituants bioactifs qui assurent une bonne santé et servent de pont entre les industries alimentaires et pharmaceutiques. La photochimie remplit de nombreuses fonctions. [13]. Ces substances issues de plantes possèdent des effets pharmacologiques. Elles sont utilisées pour leur effet : anti inflammatoire, antispasmodique, antiallergique, antioxydant, antibactérien, antifongique, chimio préventif, neuroprotecteurs, hypotenseurs et anti-âge [14].

Certaines substances extraites de plantes stimulent le système immunitaire, bloquent la forme de l'élimination des carcinogènes, réduisent l'oxydation, ralentissent le taux de croissance des cellules cancéreuses, réduisent l'inflammation, et régulent les hormones telles que l'œstrogène et l'inuline. [15] [16]

I.1.7. Les formes galéniques des plantes médicinales

L'utilisation des plantes médicinales sous forme de médicaments varie selon les usages dont nous avons besoin. [17]

Tableau.I.1 : Les formes galéniques des plantes médicinales

Modalités d'administration	Les formes principales
Orale	Comprimés, gélules, solutions ou suspensions aqueuses
Parentérale	Solutions aqueuses
Rectale	Suppositoires
Vaginale	Comprimés, solutions aqueuses
Ophthalmique	Solutions aqueuses, pommades.
ORL	Solutions aqueuses pulvérisées
Percutanée	Crème, pommades, solution

I.2 Les huiles essentielles

I.2.1. Définition

Les huiles essentielles sont les métabolites secondaires des plantes aromatiques, Elles se composent de molécules complexes et volatiles. Elles sont définies comme « produit odorant, généralement de composition complexe obtenu, à partir d'une matière première végétale définie botaniquement, par distillation à la vapeur distillation, distillation sèche, ou un processus mécanique approprié sans chauffage ».

L'huile est un liquide hydrophobe concentré contenant des composés chimiques volatils. [18]

I.2.2. Localisation des huiles essentielles dans la plante

On retrouve presque exclusivement les huiles essentielles chez les plantes supérieures. Les genres qui peuvent produire les composants qui les composent sont distribués parmi une cinquantaine de familles botaniques telles que les Lamiacées, les Astéracées, les Rutacées, les Canne lacées, les Lauracées, les Myrtacées et les Zingibéracées. Les cellules végétales spécialisées produisent des huiles essentielles qui peuvent être entreposées dans n'importe quel organe végétal :

Tableau I. 2 : Localisation des HE dans les organes des plantes

Les feuilles	Eucalyptus, citronnelles.
Les fleurs	Camomille, lavande...
Les zestes	Citron, orange, bergamote
Le bois	de rose, santal ...
L'écorce	Cannelle...
Les rhizomes	Curcuma, ingembre
Les rhizomes	Curcuma, gingembre

L'accumulation et la production d'huiles essentielles sont généralement liées à l'existence de structures histologiques spécialisées, souvent situées sur ou près de la surface de la plante. On trouve des cellules productrices d'huiles essentielles chez les Lauracées ou les Zingibéracées, des poils sécréteurs chez les Lamiacées, des poches sécrétrices chez les Myrtacées ou les rutacées, ainsi que des canaux sécréteurs chez les Apiacées ou les Astéracées. [19]

I.2.3. Les composants chimiques des HE

La composition chimique d'une HE est complexe, on retrouve couramment plus d'une centaine de composés, parmi lesquels un grand nombre de familles chimiques sont représentées.

- **Les terpènes** : Ce sont des molécules composées d'un nombre variable d'unités de l'isoprène, composant les monoterpènes, les sesquiterpènes et les diterpènes. Ils ont généralement des effets thérapeutiques assez faibles, mais ils viennent nuancer. Ou compléter les actions des composants plus actifs. Ils présentent généralement une toxicité cutanée modérée : irritation, rougeur, chaleur.

- **Les alcools** : Les membres de ce groupe se forment lorsque des unités composées d'un atome d'hydrogène et d'un atome d'oxygène (hydroxydes) se rattachent à des atomes de carbone. Les alcools ont généralement des propriétés antiseptiques, antivirales. Ils présentent généralement peu ou pas de toxicité (le menthol faisant exception à cette règle).

- **Les phénols** : Famille de composés organiques possédant un groupe hydroxyle (-OH) lié à un noyau aromatique, généralement un cycle benzénique et les composés connus sous le nom de phénols sont essentiels à la chimie organique et se trouvent chimie dans de nombreux produits naturels et synthétiques. [20]

- **Les phénols méthyl-éthers**

La structure phénolée subit une méthylation, faisant perdre à ces molécules la toxicité dermique des

phénols, et leur faisant acquérir de nouvelles propriétés : antispasmodiques puissants des muscles lisses, certains sont aussi antiallergiques (chavicol méthyl-éther), ou antalgiques cutanés (eugénol méthyl-éther). En ce qui concerne les propriétés antibiotiques, elles ne doivent pas être utilisées sans aromatogramme : elles répondent à la loi du tout ou rien.

- **Les oxydes**

1. Les éthers oxydes : Issus des phénols méthyl-éthers, ils en possèdent le caractère positivant.

Ils sont stimulants des glandes exocrines, antispasmodiques et antalgiques. Ils présentent diverses toxicités : neurologique (l'apiole provoque des symptômes similaires à ceux provoqués par l'alcool, la myristicine est hallucinogène, le safrole dopant), ils sont abortifs (myristicine et apiole), et le safrole est mutagène chez le rat (hépatocarcinome).

2. Les oxydes terpéniques : Fréquemment rencontrés dans de nombreuses HE, ce sont des Molécules de la sphère respiratoire : décongestionnantes des muqueuses, expectorants, mucolytiques, anti-infectieux.

3. Les aldéhydes : Ils sont formés par l'oxydation des alcools, ce sont des molécules très volatiles qui dégagent souvent une odeur puissante (le citronellal est un bon répulsif). Elles ont des propriétés calmantes et anti-inflammatoires. Certaines sont antivirales (géraniol). Leur toxicité entraîne une légère agressivité de la peau. Toutefois cette toxicité est en partie neutralisée par les terpènes contenus dans les HE à aldéhydes (limonène). [21]

I.2.4. Facteurs influençant les compositions chimiques des huiles essentielles

Chaque huile essentielle est un mélange de terpènes et leurs dérivés oxygénés ainsi que les composés phénoliques et des composés phénylpropanoïdes, qui dérivent tous deux de l'acétate mévalonique acide et les voies de l'acide shikimique, respectivement. Les facteurs affectant le rendement et la composition des huiles essentielles incluent la génétique des plantes, le stade de croissance les conditions géographiques et environnementales. (Comme le climat, l'altitude et le type de sol), les méthodes et pratiques agricoles (densité de plantation, disponibilité en eau, et période de récolte), partie de la plante utilisée, méthode d'extraction, et stockage. [22]

I.2.5. Méthodes d'extractions des huiles essentielles

Il existe plusieurs méthodes d'extraction des HE, parmi ces méthodes :

- **Extraction par entraînement à la vapeur d'eau :** C'est un procédé d'extraction de vapeurs Saturées en composés volatils, Cette extraction évite l'hydrolyse ou la dégradation, de l'HE. Elle consiste à mettre l'eau dans un ballon et la plante dans un autre. La vapeur d'eau entre dans le ballon

(Schéma. I. 9) contenant la plante et extrait de l'HE. Les conditions opératoires et la durée de distillation doivent être optimisés pour produire des HE reproductifs.

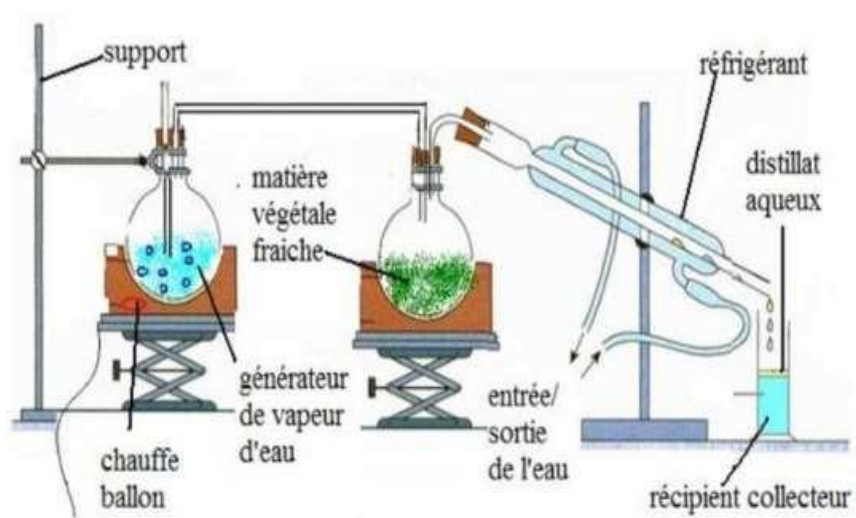


Figure. I. 9 : Schéma de l'entraînement à la vapeur d'eau.

• **Extraction par hydrodistillation** : L'hydrodistillation consiste à immerger le premier matériau dans l'eau et à l'ébullitionner. Elle est généralement réalisée sous pression atmosphérique. Certaines plantes, en particulier les fleurs, sont fragiles et ne peuvent pas supporter les traitements de l'hydrodistillation. La composition du produit obtenu par hydrodistillation est souvent différente du mélange initial dans les cellules souches des plantes. Cependant, elle présente des limitations, telles que la détérioration de certaines plantes et la dégradation des molécules aromatiques.

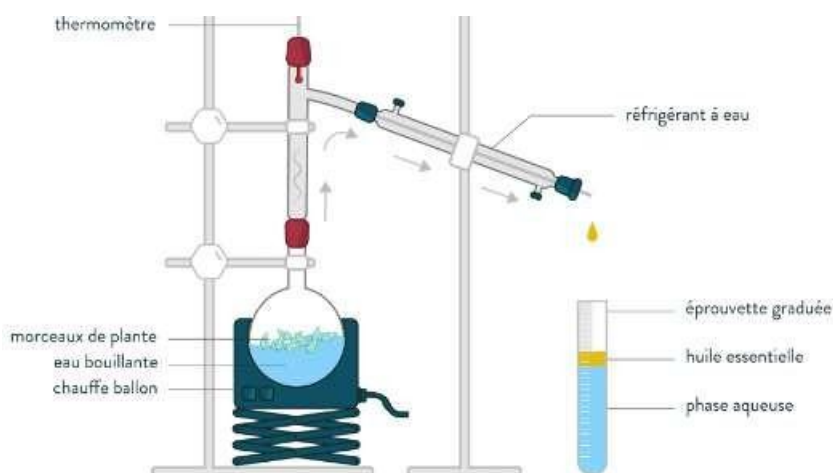


Figure. I.10: Schéma de hydrodistillation.

- **Expression à froid :** La technique consiste à extraire des essences volatiles des péricarpes d'agrumes par un traitement mécanique. Cela implique de briser ou de déchirer les sacs oléifères dans le mésocarpe sous le cœur du fruit pour collecter le contenu non modifié. La technique a été Industrialisée au début du 20e siècle pour réduire les coûts de production et améliorer les rendements. Des systèmes modernes comme Food Machiner Corporation-in-line (FMC) permettent l'extraction de jus de fruits et d'essences sans contact.

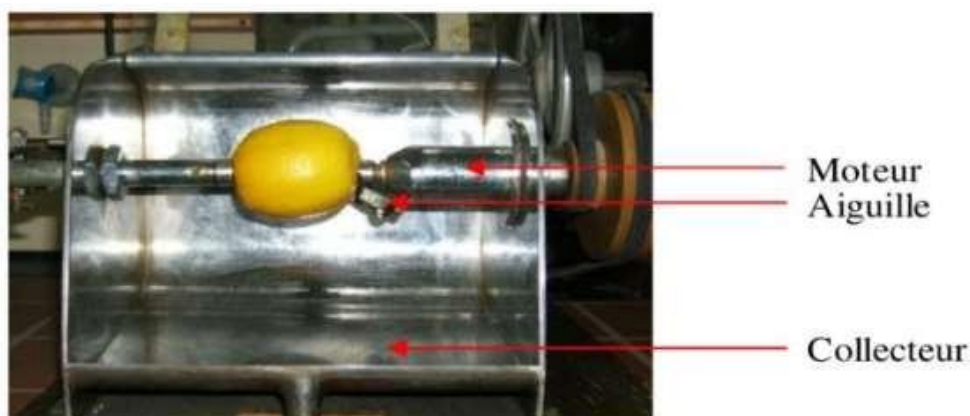


Figure. I.11 : Schéma de l'expression à froid.

Extraction par solvant organique : Les solvants les plus couramment utilisés aujourd'hui incluent l'hexane, le cyclohexane, l'éthanol, le dichlorométhane et l'acétone. Le solvant choisi doit avoir une stabilité et un point d'ébullition bas pour faciliter l'extraction. Le processus d'extraction est réalisé à l'aide d'un appareil Sole. Ces solvants ont un pouvoir d'extraction supérieur à celui de l'eau, mais contiennent également des composés non volatils comme des cires, des pigments et des acides acétiques. La technique d'extraction classique consiste à placer un solvant volatile et de la matière végétale à traiter, en chargeant le solvant en molécules aromatiques avant de l'envoyer à un concentrateur pour une distillation atmosphérique.



Figure. I.12: Schéma de l'extraction par solvant.

Extraction assistée par micro-ondes : La distillation assistée par micro-ondes présente de nombreux avantages, notamment une réduction du temps de distillation et une augmentation du rendement. Cependant, aucun développement industriel n'a encore été réalisé. La distillation assistée par micro-ondes est un domaine en pleine expansion avec de nombreux avantages, notamment une technologie renouvelable, des économies d'énergie et de temps, un investissement initial réduit, et une dégradation thermique et hydrolytique minimale. L'extraction sans solvant par micro-ondes (SFME) est une méthode d'extraction entièrement développée qui combine le chauffage par micro-ondes et la distillation sèche. Cela implique de placer le matériel végétal dans un réacteur avec quatre micro-ondes, chauffant l'eau interne de la plante, permettant la libération des HE. La SFME ne nécessite pas de chauffage prolongé et peut être utilisée pour extraire l'HE des tissus biologiques.

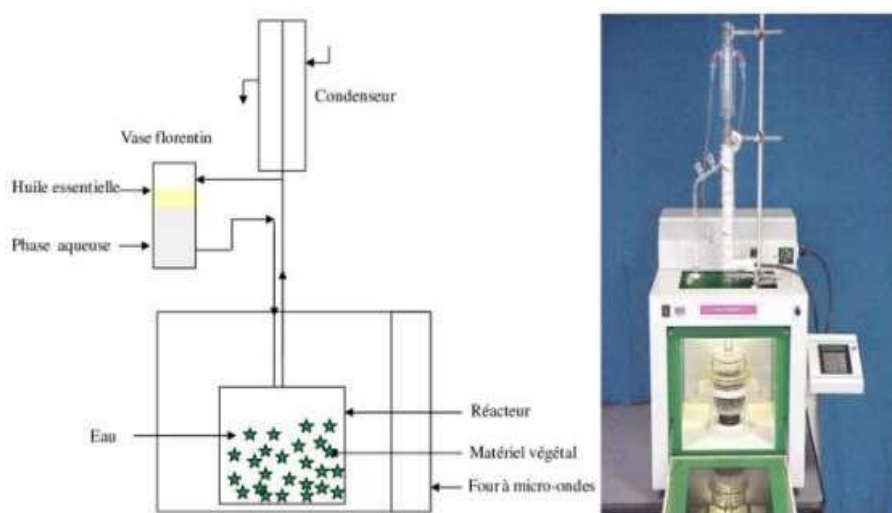


Figure. I.13 : Schéma de l'extraction assisté par micro-onde

Extraction par fluide à l'état supercritique : La technique d'extraction supercritique (SFE) est une méthode qui utilise des solvants dans leur état supercritique, leur permettant de se dissoudre dans les phases liquide et gazeuse. 90 % de l'extraction par fluide supercritique (EFS) est réalisée avec du dioxyde de carbone (CO_2) en raison de sa basse pression et température, de sa nature non toxique, de sa haute pureté et de son faible coût. La SFE est plus rapide que les méthodes traditionnelles et peut produire des compositions chimiques avec des différences qualitatives et quantitatives [23].

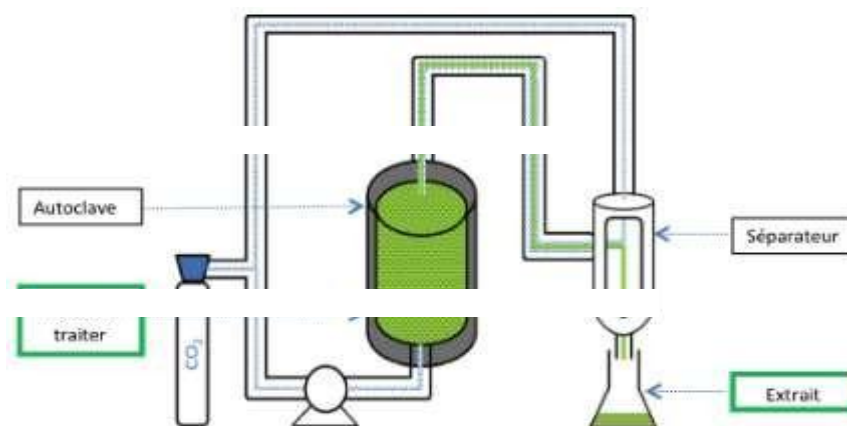


Figure.I.14: Schéma de l'extraction au CO₂ supercritique

I.2.6. Utilisations, propriétés et activités biologiques des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont de plus en plus utilisées dans l'industrie agroalimentaire en raison de leurs propriétés antiseptiques et antimicrobiennes, y compris des propriétés antitoxiques, antivenimeuses, antivirales, antioxydantes et antiparasitaires. Elles possèdent également des propriétés anticancéreuses. L'activité biologique des huiles essentielles est liée à leur composition chimique et à leurs effets synergiques potentiels. [24]. Les huiles essentielles de certaines plantes aromatiques tels que la cannelle, le clou de girofle, le géranium, le citron, le citron vert, l'orange et le romarin se sont révélées efficaces contre quelques souches bactériennes. [25]

I.3. Le gingembre

I.3.1 Introduction

Le gingembre (*Zingiber officinale* Roscoe) est une plante qui fait partie de la famille des Zingibéracées. Cette plante est originaire des climats chauds, notamment du sud-est de l'Asie. On la retrouve largement en Inde, en Chine, en Afrique, en Jamaïque, au Mexique et à Hawaï [26]. Le rhizome de (*Zingiber officinalis*) roscoe, communément appelé gingembre, est l'une des épices les plus largement employées à l'échelle mondiale en raison de sa saveur aromatique et de son piquant. On le trouve principalement dans les zones tropicales, notamment dans le sud et l'est de l'Asie. On trouve principalement cette épice en vente sous état déshydratée. Des recherches ont été menées sur les caractéristiques aromatiques de la poudre de gingembre, sur les procédés de transformation du gingembre et ses usages dans les boissons naturelles non sucrées, ainsi que sur les apports nutritionnels du gingembre. Actuellement, l'extract de gingembre est utilisé dans diverses applications thérapeutiques selon les pharmacopées de différents pays. [27]

I.3.2. Présentation botanique de gingembre

C'est une plante tropicale herbacée vivace Poussant dans les régions ensoleillées et humides, se dressant sur une tige de, 0,9m en moyenne, mais pouvant Atteindre 1 m de haut La partie souterraine utilisée est le rhizome. Celui-ci se divise dans un seul plan et est constitué de tubercules globuleux ramifiés. La peau du rhizome est beige palet sa chair est jaune pâle juteuse. La cassure est fibreuse et granuleuse, l'odeur est aromatique avec une saveur chaude et piquante. [28]. Elle peut grandir de 90 centimètres à 1,50 mètre en hauteur. Cet être vivant présente de longues feuilles pouvant atteindre une longueur de 20 centimètres, et ses fleurs peuvent exhiber diverses couleurs : du jaune, du blanc, du rouge. Le rhizome, la partie souterraine et horizontale du gingembre, est celle qui est le plus prisée. Ce dernier possède une peau d'un beige clair, une forme non uniforme et une pulpe de couleur jaune. Tandis que les rhizomes jeunes possèdent une consistance juteuse, ceux qui ont atteint leur maturité sont plus fibreux et présentent un goût plus marqué. [29]



Figure. I.15 : Aspect général de Zingiber officinale

Classification de gingembre : La classification botanique du gingembre est citée dans le tableau ci-dessous. [30]

Tableau I.3: Classification botanique du gingembre

Règne	Plante
Sous-règne	Trachéobionta
Division	Angiospermes
Classe	Monocotylédones
Sous-classe	Zingibéridées
Ordre	Zingibérales
Famille	Zingibéracées
Sous-famille	Zingibéroïdées
Genre	Zingiber.
Espèce	Z. officinale

Répartition mondiale de la production du gingembre

Le gingembre est majoritairement cultivé dans les pays de l'hémisphère sud le gingembre récolté dans ces régions du monde : Inde de l'est, les Philippines, la Chine, le Sri Lanka, le Mexique, le Pakistan, la Jamaïque, le Japon, l'Afrique de l'Ouest, les îles des Caraïbes et les meilleurs types de gingembre sont récoltés en Jamaïque

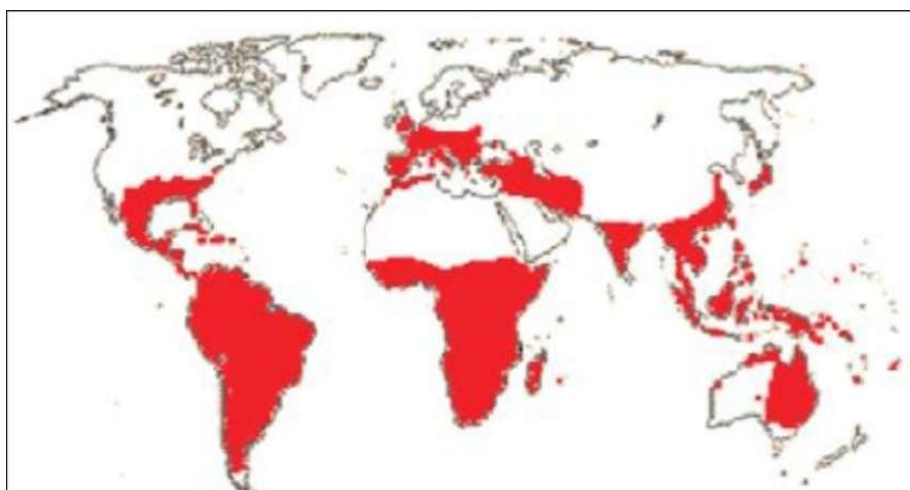


Figure.I.16 : Répartition mondiale des plantes de la famille des Zingiberaceae

Valeur nutritionnelle du gingembre

Le gingembre contiendrait plusieurs éléments parmi eux des minéraux comme le potassium (1 300mg), le magnésium (180mg), le phosphore (150 mg), le calcium (120mg), le sodium (23mg), le fer (12mg), le zinc (5mg), la niacine (vitamine B3) (5mg) et la vitamine A. [31]. La suite de la composition du gingembre est résumée dans le tableau suivant. [32]

Tableau.I.4 : Valeur nutritionnelle du gingembre

Nutriment	Quantité par 100 g	% De l'apport journaliers recommandés
Energie	332 (Kcal)	17 %
Eau	9.94 g	-
Protéines	8.98 g	18 %
Lipides	4.24 g	6 %
Oil		
Acides gras saturés	2.6 g	-
Oméga 3	0.223 g	2 %
Oméga 9	0.357 g	-
Glucides	57.5 g	21 %
Sucres	334 g	4 %
Fibres	14.1 g	56 %
Minéraux et oligo-éléments		
Calcium	114 mg	14 %
Cuivre	0.48 mg	48 %
Fer	19.8 mg	141 %
Magnésium	214 mg	57 %
Manganèse	33.3 mg	-
Phosphore	168 mg	24 %
Potassium	1320 mg	66 %
Sélénium	0.70 mg	1 %
Sodium	27 mg	1 %
Zinc	3.64 mg	36 %
Vitamines		
Vitamine A	18 µg	2 %
Vitamine B1	0.046 mg	4 %
Vitamine B2	0.17 mg	12 %
Vitamine B3	9.62 mg	60 %
Vitamine B5	0.477 mg	8 %

I.1.8. La composition morphologique du gingembre

- **Les tiges** : Les tiges se forment chaque année suite au bourgeonnement du rhizome, sont de deux sortes, les plus longues, stériles, qui absorbent la chlorophylle, pigment essentiel à l'expansion de la plante. Les plus petites, mesurant environ 20 cm de longueur, abritent les fleurs et les organes de reproduction.



Figure.I.17 :Les tiges du gingembre.

-**Les feuilles** : Les feuilles de *Zingiber officinale* sont étendues (approximativement 20cm), englobantes, en forme de lance, pérennes et parfumées. À l'instar de toutes les zingiberaceae, elles présentent une disposition alternée et distincte. On décrit le bord des feuilles comme étant penninervé, ce qui signifie que les veines secondaires s'étendent de la nervure principale de manière oblique, à l'image des barbes d'une plume.



Figure.I.18 :Les feuilles du gingembre

- **Les fleurs :** Les fleurs présentent une zygomorphie (symétrie bilatérale), sont trimères et odorantes, arborant une teinte blanc-jaune avec des stries violettes sur le labelle.



Figure I.19 : les fleurs de gingembre

- **Le Rhizome :** Rhizome charnu, très aromatique, grand sur sa face supérieure, le rhizome a des branches courtes. Le rhizome mesure habituellement 5 - 10 cm de long, 1,5 cm - 3 - 4 cm de large et 1 - 1,5 cm d'épaisseur.



Figure.I.20 : Le rhizome de gingembre

I.1.9. L'HE du gingembre

L'huile essentielle du gingembre (*Zingiber officinale*) est très riche en substances biologiques actives. Le rendement est trop faible dans une étude 0,462 et peut atteindre 1,5%. Généralement, la composition de l'huile essentielle est obtenue par la technique de couplage chromatographie en phase gazeuse et spectrométrie de masse CG/SM. Vingt-trois composés ont été identifiés dans une étude dont la prédominance était pour les sesquiterpènes. Le zingibérène (44,735%), le β -sesquiphellandrène (15,879%), le β -bisabolène (11,529%) et le α -curcumène (11,143%) constituent les principaux

composés de cette huile. [33]. Dans une autres revue, il a été porté que la composition chimique de l'huile essentielle du gingembre officinale change selon la région. On trouve le β - zingibérène , le α -zingibérène qui sont les éléments les plus dominant dans le gingembre au Nigéria et au Brésil respectivement. On trouve aussi le camphène et le citral dans l'huile essentielle du gingembre récolté dans le nord de l'inde et en Algérie [34]

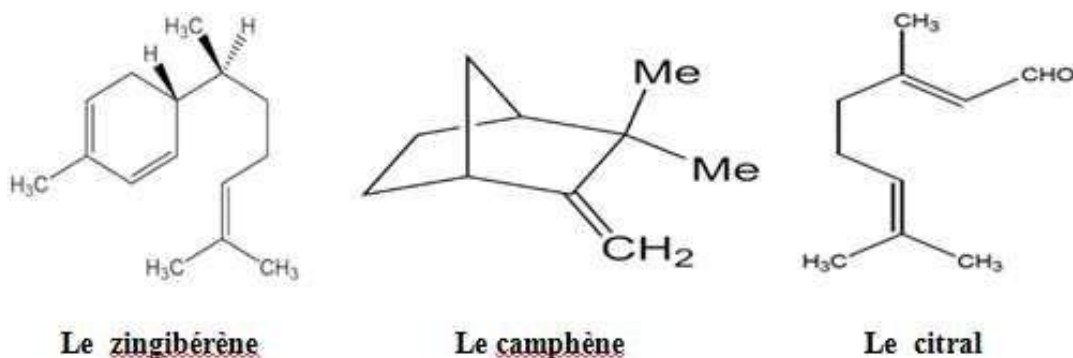


Figure.I.21 : les éléments les plus dominant dans le gingembre

I.1.10. Les propriétés pharmacologiques du gingembre

L'utilisation des rhizomes de gingembre remonte à très longtemps, que ce soit en tant qu'épice ou plante à vertus thérapeutiques. Cette plante est couramment utilisée dans la médecine populaire pour traiter divers troubles tels que la fièvre, les douleurs musculaires, les maux de gorge, la toux, les sinusites, les diarrhées, les crampes, l'indigestion, la perte d'appétit et le rhume. Elle est également employée pour apaiser ou atténuer les symptômes de l'arthrite et des rhumatismes. [35] Plusieurs études ont démontré les effets thérapeutiques du gingembre.

- **Activité antimicrobienne** : Il a été rapporté dans une étude récente que l'extrait éthanolique du gingembre exerce une activité antibactérienne importante deux bactéries pathogènes, *Escherichia. Coli* et *Pseudomonas aeruginosa* [36] De plus, dans une autre étude, l'extrait hexanique et méthanolique du gingembre ont donné une très bonne activité antibactérienne et antifongique sur des bactéries de gram + et de gram- ainsi que sur des levures. [37] Les huiles essentielles de gingembre ont démontré une action inhibitrice notable contre *Candidat albicans*, *Aspergillus niger* (antifongique), *Bacillus subtilis* et *Pseudomonas sp* (antibactérien). L'huile essentielle de gingembre a également démontré une action contre le virus de l'herpès. Une protéine extraite du rhizome de gingembre a démontré une action inhibitrice contre divers champignons tels que *Botrytis cinerea*, *Fusarium oxysporum*, *Mycosphaerella*, *arachidicola*, et *Physalospora piricola*. [38]

Propriété anti-inflammatoire : Le gingembre contient des éléments anti-inflammatoires tels que le gingérol, le shogaol, le paradol et la zingérone, qui contribuent à réduire certaines douleurs comme Les douleurs au niveau des muscles et des articulations (comme l'arthrite, l'arthrose et les rhumatismes), les traumatismes et les fractures. Les gonflements et les douleurs au ventre.

Les gingérols possèdent un effet inhibiteur sur la production des prostaglandines et des leucotriènes, renforçant ainsi leurs propriétés antiulcéreuses et anti-inflammatoires. [39]

Propriété antioxydant : Il est connu que le gingembre possède une activité antioxydant très importante. Il a été prouvé dans une étude que la capacité de l'extrait alcoolique du gingembre à piéger les radicaux libre était de 90,1% [40] Dans l'étude de Martina Höferl, l'activité antioxydante de l'huile essentielle du gingembre était plus importante que celle du butylhydroxy-toluol (BHT) [41].

I.1.11. Formulations pharmaceutiques du gingembre : Le gingembre est fréquemment employé dans la fabrication de produits pharmaceutiques sous diverses formes galéniques, visant à simplifier l'administration de tous les principes actifs. Il est utilisé comme infusion ou sous forme de sirop. Il est aussi utilisé pour la fabrication de gélules, de pommades de crèmes. De bandage et de comprimé. Infusions. Sirops. s. s et [42].

I.1.12. Utilisations du gingembre

Applications alimentaires : Il est utilisé dans divers assemblages d'épices et de sauces. Les rhizomes sont souvent utilisés pour intensifier les arômes et les goûts prononcés tels que ceux des poissons et fruits de mer, du poulet et de l'agneau. Le gingembre est aussi employé en boulangerie pour aromatiser les biscuits, les gâteaux et le pain d'épices.

Applications médicales : Il est indiqué en cas de nausées de vomissements pour les femmes enceintes ou les malades ayant subits une chimiothérapie. Il est aussi utilisé dans le cas problèmes gastriques et favorise la digestion. L'ingestion de gingembre a des propriétés antioxydantes qui combattent les effets des radicaux libres, contribuant ainsi à prévenir certaines maladies neurodégénératives

et divers cancers, y compris le cancer de la prostate. De plus, il est également utilisé pour renforcer l'efficacité d'un traitement contre le cancer cervical. [43]

Parfums et cosmétiques : L'extrait de gingembre est utilisé dans les parfums pour leur donner un parfum épicé. Il est aussi utilisé pour éclaircir la peau et soulager l'acné des peaux grasses. Dans cette partie du manuscrit, nous nous sommes intéressées à la partie expérimentale.

CHAPITRE II

PARTIE EXPÉRIMENTALE



Dans ce chapitre nous parlerons du contrôle de qualité de la matière végétale, des tests phytochimique pour déterminer les substances biologiques actives présentes dans cette plantes, puis nous passerons à l'extraction de l'huile essentielle du gingembre par hydrodistillation, sa caractérisation et enfin on terminera de l'activité antibactérienne de l'huile essentielle sur deux souches.

II.1. But de travail

Le principal objectif de ce travail est l'extraction de l'huile essentielle de gingembre par hydrodistillation et l'étude de son activité antibactérienne sur le staphylococcus aureus et l'escherichia coli. Pour se faire ,tout d'abord une collecte et une évaluation qualitative de la qualité des racines de gingembre a été faite, puis l'extraction de l'huile essentielle ce cette plante a été effectuée par hydrodistillation et enfin son activité antibactérienne a été évaluée sur deux bactéries.

La méthodologie générale suivie est représenté ci-dessous :



II.2. Matériel et méthodes

II.2.1.I. Le matériel végétal

Le matériel utilisé dans cette étude est contenu dans des racines sèches de gingembre a été acheté chez un herboriste. Son origine n'est pas connue, il peut être acheter dans ces régions du monde : l'Inde de l'est, les Philippines, la Chine, le Sri Lanka, le Mexique, le Pakistan, la Jamaïque, le Japon, l'Afrique de l'Ouest,.Il est généralement acheter 08-10 mois après sa plantation. (**Fig II.22**)



Figure.II.22 : pays producteur mondial de gingembre.

Après avoir acheté le gingembre frais de chez l'herboriste ,les expérences de séchage sontréalisées à l'aire libre à l'abri du soleil pendant une période allant de 7 à 15 jours . (fig.II.25)



Figure.II.23.Séchage du gingembre

Avant de passer au contrôle de qualité de la matière végétale et l'extraction de son huile essentielle, , les racines sèches sont broyées à l'aide d'un mortier et un pilon.



II. 2.2. Matériel technique et appareillage

Dans cette partie nous donnerons les différents appareillages qui ont été utilisés pour la partie expérimentale

- ✓ Une balance analytique B4S-B
- ✓ Un réfractomètre RL2 (Nr4667)
- ✓ Un Four à moufle type MR 170 E ;B-NR ;F-Nr 861186 ;Nenntemp 1000°C
- ✓ Une étuve d'incubation KOTTERMANNE®2712
- ✓ Une plaque CCM chromatographie sur couche mince
- ✓ Une lampe (rayonnement ultraviolet)

II.3. Contrôle qualité de la matière première

II.3..1 description botanique:

La classification botanique du gingembre est donnée par le tableau II.5.

Tableau.II.5. Classification botanique du gingembre

Règne	Plante
Sous-Règne	Trachéobionta
Division	Angiospermes
Classe	Monocotylédones
Sous-Classe	Zingibéridéas
Ordre	Zingibérales
Famille	Zingibéracées
Sous-Famille	Zingibéroïdéas
Genre	Zingiber.
Espèce	Z. Officinale

II.3.2. Stockage : Pour une meilleure conservation du gingembre, il a été séché pendant une quinzaine de jours à l'air libre et à l'abri du soleil. [44]. Après cela, il a été conservé à une température modérée.

II.3.3. Contrôle chimique : Les monographies des Pharmacopées spécifient les contrôles de qualité à réaliser, la teneur en eau et les cendres totales, et sulfurique (calcination). [45]

a) La teneur en eau : La quantité d'eau contenue dans une plante est très importante pour connaître la durée de vie d'une plante ou ses conditions de conservation. Pour déterminer ce paramètre, la matière végétale est soumise à la chaleur. Dans un premier temps, l'eau libre et ensuite l'eau liée sont libérées. La durée de cette phase de dessiccation endothermique dépend de la quantité d'eau à vaporiser, ce qui est lié à la teneur en eau du matériau végétal. (la quantité de l'eau dans la plante). [46]

Mode opératoire : 2g de la drouge végétale sont pesés et séchés à une température entre 100 et 105°C dans l'étuve laissé pendant 24H. Après le refroidissement la masse de la plante restante est pesée. Puis on calcule la masse de l'eau contenu dans la plante par la formule suivante :

$$T = (m_i - m_f) / 100 * 100\% \text{ (eq...II.1)}$$

Où : m_i et m_f sont les masses initiale et finale de la plante.

b) Les cendres (totales et sulfurique) : les taux de cendres est utilisé pour déterminer le niveau de pureté de la plante. Le terme « cendres totales » fait référence à la portion inorganique d'un échantillon alimentaire qui reste après avoir été exposé à une température de 600 °C pendant 24H . Ce résidu renferme les oligo-éléments indispensables tels que le calcium, le phosphore, le sodium, le potassium, le magnésium et le manganèse. Ces critères servent à évaluer l'identité et la pureté du produit. Les valeurs couramment recherchées incluent : le taux de cendres totales, cendres sulfatées, cendres solubles dans l'eau, cendres non solubles dans l'acide, etc. Dans les plantes, la teneur minérale peut varier de moins d'1% à plus de 12%. Ce sont les restes de produits phytosanitaires et des pesticides. [47]

Mode opératoire

Cendres totales : Une masse de la poudre végétale (5g) est mise dans un four à mouffle pendant 24h (calcination). Après le refroidissement , on pèse les cendres restantes dans le creuset. Puis on calcule le taux de cendre dans la plante par la formule suivante :

$$\% \text{cendre totales} = (m_f / m_0) * 100\% \quad (\text{eq...II.2})$$

Où : m_0 : masse de la plante (5g) et m_f est la masse des cendres après calcination.

Cendres sulfuriques : Pour les cendre sulfuriques, à la masse des cendres totales on ajoute quelques gouttes de l'acide sulfurique concentré. On laisse évaporer sur une plaque chauffante jusqu'à disparition de la fumée. Puis on calcine à 600°C pendant 24 h. On pèse les cendres après refroidissement. Et on calcule le % des cendres sulfurique selon l'équation II. 2..

II.4. Etudes phytochimique : Cette étude est un ensemble de réaction de précipitation et de coloration afin de déterminer les substances actives contenues dans le gingembre. Cela a été réalisé sur des drogues végétales sèches. [48]

II.4.1. Les composés poly-phénoliques : Les polyphénols sont une grande famille de la chimie organique. Ils sont contenus dans la plupart des plantes et sont connus pour leur effet antiseptique et antibactérien.

Extraction : Pour l'extraction de ces substances 10g de la poudre végétale est mise dans 100ml d'eau distillée dans un erlenmeyer fermé. Le tout est bouilli pendant 15 min puis filtré sur papier filtre et rincé avec un peu d'eau distillée chaude pour pouvoir obtenir 100 ml de filtrat.

a) Les tanins : Dans un tube à essai, sont versé 5 ml de l'infusé et 1ml d'une solution aqueuse Diluée de FeCl_3 à 1%.

b) Les tanins catechiques : A 5 ml de l'infusé, sont ajoutés 1ml d'HCL concentré et le tout est Porté à ébullition pendant 15 min.

II.4.2. Les flavonoïdes : A 5 ml de l'infusé, sont ajouté 5 ml de H_2SO_4 dilué puis 5ml de NH_4OH .

II.4.3. Les quinones :

a) Les composés anthracéniques libres : Ce sont des composés dérivés de l'anthracène, ils sont connus pour leur propriété laxative.

Mode opératoire : Une masse de la poudre végétale est mélangé avec 10 ml d'eau distillé et le tout est chauffé pendant 3 min puis filtré à chaud, puis le filtrat est complété à 10 ml avec de l'eau distillée. . Ensuite à 5ml de l'hydrolysate sont ajoutés avec 5ml de chloroforme. Enfin à 1ml de l'extrait chloroformique obtenu sont ajouté 1ml NH_4OH dilué.

b) Les composés anthracéniques combinés

O-hétérosides : La même réaction que la précédente mais si la réaction est négative ou faiblement positive, on cherche les O-hétérosides à génine réduite.

O-Hétérosides à génine réduite : A 5 ml de l'hydrolysate sont ajoutées 3 à 4 gouttes de $FeCl_3$, après un chauffage de 5min sur bain marie, 5ml de chloroforme sont ajoutés après refroidissement. Puis 1ml NH_4OH dilué sont ajouté à la phase chloroformique.

Hétérosides : La phase aqueuse qui a été conservée a été ajusté avec 1 ml d'eau puis 1ml de $FeCl_3$ à 10% lui sont ajoutés. Après chauffage sur bain marie pendant 30 min, La phase organique est récupérée par 10ml de chloroforme. Puis 1ml de NH_4OH lui sont ajoutés

II.4.4. Les glucosides : Ce sont des composés organiques qui se composent de deux parties la première c'est un sucre (le glucose) et la deuxième non glucosidique (l'aglycone). Ils possèdent des propriétés anti oxydante et anti inflammatoire très importante.

Pour la détermination de la présence de ces substances dans le gingembre, deux goutte de l'acide sulfurique sont ajoutées sur une masse de la poudre végétale.

II.4.5. Les saponines : Ce sont des molécules émulsifiantes naturellement. Elles ont un effet sur la digestion

Extraction : Pour l'extraction de ces substances, 5g de la plante sont porté à ébullition pendant 15min 50ml d'eau distillée ensuite une filtration a été effectuée.

Caractérisation : Pour la détermination de la présence des saponines dans le gingembre, il suffit d'introduire dans un tube à essai 10ml de décocté précédemment préparé et d'agiter le tube pendant 15 secondes puis de laisser reposer 15 min.

II.4.6. Recherche des hétérosides cardiotoniques

Ces molécules issues de plantes sont largement utilisées pour le traitement de l'insuffisance cardiaque.

Extraction : Ces molécules sont extraites en ajoutant à 1g de la poudre végétale 10ml d'éthanol à 60% et 1ml d'acétate de plomb à 10% et le tout est chauffé au bain marie pendant 10 min puis filtrer. Au filtrat sont ajoutés 10 ml chloroforme et sont agités. Après décantation, la phase organique est soutirée évaporée à sec et est traitée avec le résidu avec 2ml d'isopropanol.

Réaction de Libermann bouchard : à 1ml de l'extrait, sont ajoutés 1/5 du volume d'anhydride acétique puis goutte à goutte de l'acide sulfurique dilué.

II.4.7. Recherche des mucilages

Ces molécules sont substances gélatineuses, elles absorbent l'eau et deviennent visqueuses. Elles sont utilisées comme prébiotiques pour faciliter la digestion

Caractérisation : Pour la détermination de ces molécules dans le gingembre, il suffit d'introduire 1ml de décocté aqueux à 10% dans un tube à essai et ajouter 5ml d'alcool absolu, puis attendre 10min.

II.4.8. Recherche des iridoides

Ce sont des composés monoterpéniques bicycliques, ils sont hépato-protecteurs, anti-inflammatoires et ils possèdent plusieurs autres activités pour la détermination de ces composés, une décoction de 1g de poudre de plante dans 5ml d'eau distillé, après filtration et 1ml d'HCl est ajouté. Le résultat est obtenu après 10 min.

II.5. Extraction de l'huile essentielle

L'huile essentielle des rhizomes de gingembre séché a été extraite par hydro distillation. la plante a été fraîchement achetée. Les rhizomes sont ensuite séparés puis séchés, à l'abri de la lumière et humidité (pendant 7 jrs et 15 jrs). Celles –ci ont été ensuite pesées, broyées et récupérées dans des sacs afin de les conserver jusqu'au moment de l'expérience.

L'hydro distillation : un mélange de 40g de matériel végétal sec avec 500ml d'eau distillé est porté à ébullition dans un ballon de 1l relié à un réfrigérant. Les vapeurs chargée d'huile et qui traversent le réfrigérant, se condensent et chutent dans un erlenmeyer l'eau et l'huile se séparent par différence de densité dans une ampoule à décanter. L'huile essentielle a été récupérée au maximum en présence di éthylique. L'éther a été ensuite évaporé à température ambiante et l'HE de gingembre sera par la suite récupérée et stockée dans un flacon en verre fumé et couvert d'une feuille d'aluminium pour la préserver de l'air et de la lumière (figure II.24) La quantité d'essence obtenue est pesée pour le calcul du rendement.

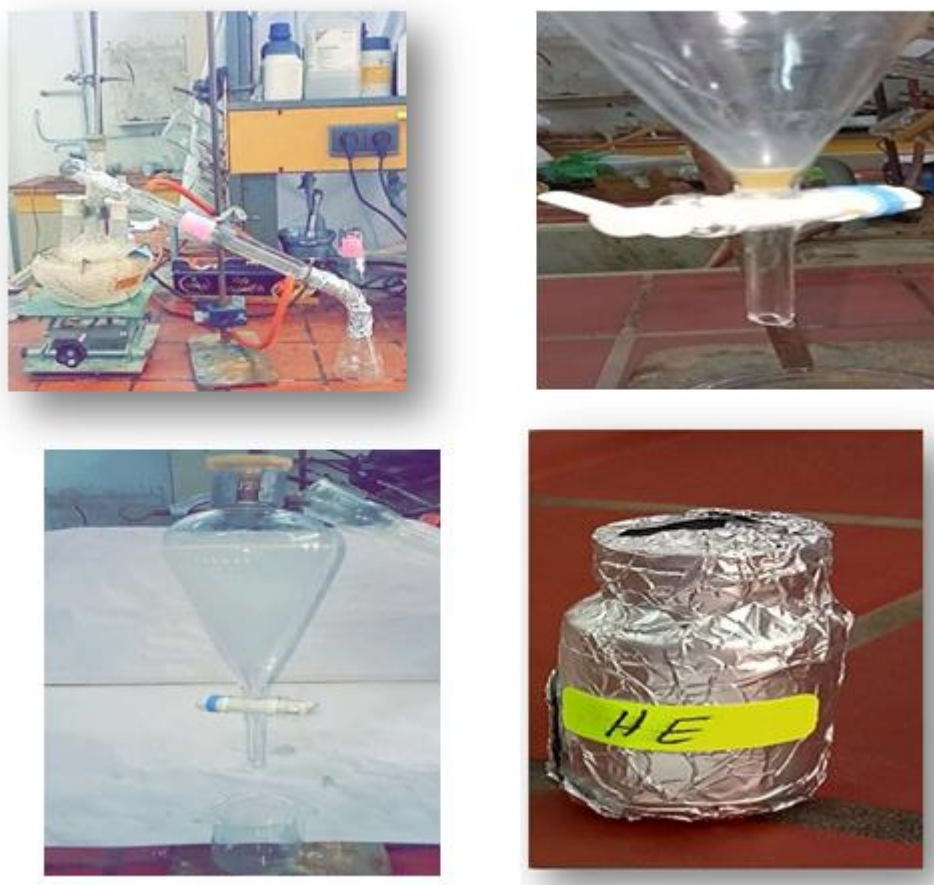


Figure.II.24 : Extraction de l'HE de gingembre par hydrodistillation

Le rendement d'HE correspond au pourcentage obtenu en divisant la quantité d'huile extraite par distillation par la quantité de biomasse utilisée. [49]

Il a été calculé en utilisant l'équation suivante :

$$R\% = (m/m_0) * 100\% \quad (\text{eq. II.3})$$

Où R% est le rendement d'HE., **m** : la masse d'HE en (g) et **m₀** : la masse de poudre végétale.

II.5.1. Caractérisation de d'HE :

Caractéristiques organoleptiques : Les caractéristiques organoleptiques (aspect, couleur, odeur) sont des indications qui permettent d'évaluer initialement la qualité d'une huile essentielle

Caractéristiques physico-chimiques : Comme les propriétés organoleptiques ne donnent que des informations très limitées sur ces essences, il est nécessaire de faire appel à d'autres techniques de caractérisation plus précises. [50]

IV.5.1.1. Le pH

Mode opératoire: Introduire le papier pH dans L'EH. Puis comparer la coloration avec celles présentes sur la boîte de papier pH pour lire la valeur

II.5.2. La densité

La densité de l'huile essentielle a été déterminée en divisant la masse volumique de l'huile essentielle sur celle de l'eau. (Un pycnomètre n'a pas été utilisé à cause de l'insuffisance du volume d'HE obtenu). La masse volumique de l'HE est déterminé en divisant la masse d'un certain volume sur le volume lui-même.

$$D = (\rho_{HE} / \rho_{eau}) \quad (\text{Eq II.4.})$$

Où ρ_{HE} est la masse volumique de l'huile essentielle et ρ_{eau} est la masse volumique de l'eau qui est égale à 1g/cm³.

II.5.3. Spectroscopie Infra rouge à transformée de Fourier (IRTF)

Parmi les méthodes d'analyse structurale, l'infrarouge (IR) jouent des rôles complémentaires dans l'identification des produits. Elle détermine la nature, la structure des groupements fonctionnels contenus dans les substances chimiques. La spectroscopie infra rouge est aussi utilisée dans l'étude de l'interaction entre les molécules organiques et les métaux.

II.4.1.2. Principe

Le principe de la spectroscopie infrarouge a été souvent détaillé notamment par Bertrand et par Rouessac. [51]. Le rayonnement infrarouge (IR) est une radiation de nature électromagnétique, correspondant à la partie du spectre comprise entre $12\,800\text{ cm}^{-1}$ et 10 cm^{-1} .

Cette gamme spectrale se divise en infrarouge proche, de 700 à 2 000 nm environ, infrarouge moyen, qui s'étend jusqu'à 20 μm , et infrarouge lointain. Les limites de ces domaines peuvent varier quelque peu d'un auteur à l'autre.

Ce domaine correspond aux transitions moléculaires de type vibration et rotation, lesquelles conduiront à des absorptions.

Lorsqu'une molécule absorbe un rayonnement IR, ce dernier est absorbé partiellement et sélectivement. Les liaisons chimiques qui la composent doivent être considérées comme des oscillateurs anharmoniques, car une liaison n'est pas parfaitement élastique.

La spectroscopie infrarouge nous informe sur la structure de la molécule, les interactions inter et intramoléculaires.

Le spectre IR est ainsi constitué de nombreuses bandes d'absorption. Il représente pour chaque longueur d'onde λ , le rapport (Equation II-5) des intensités transmises avec ($I_{\text{échan}}$) et sans échantillon (I_0)

$$T = \frac{I}{I_0} \quad (\text{Eq II.5})$$

Ce rapport s'appelle la transmittance .

Ou bien :

$$A = \log 1/T \quad (\text{Eq. II.6})$$

Où A est l'absorbance. On préfère exprimer A en fonction du nombre d'onde plutôt que de la longueur d'onde λ , car le nombre d'onde est directement proportionnel à une énergie d'après la relation suivante.

$$E = \frac{hc}{\lambda} = h\nu \quad (\text{Eq II.7})$$

Avec :

h : constante de Planck, $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ J.s

ν : fréquence.

c : célérité de la lumière, $c = 3 \cdot 10^8$ m/s.

La technique spectroscopique IR est très souvent utilisée pour caractériser un échantillon. L'étude des spectres permet de tirer deux types d'informations :

Informations qualitatives : les liaisons chimiques absorbent à une longueur d'onde caractéristique.

Informations quantitatives : l'intensité de la bande d'absorption rend compte de la concentration du groupe chimique caractéristique de cette absorption (loi de Beer-Lambert).

Dans ce travail afin de déterminer les groupements fonctionnels qui sont présents dans les composants de l'EH de gingembre un spectrophotomètre de type Shimadzu 8400 a été utilisé. Une goutte d'HE est mise sur une pastille de KBr de 13 mm de diamètre puis un balayage de 400 à 4000 cm^{-1} a été effectué.

II.5.4. Chromatographie sur couche mince (CCM) :

La CCM est une méthode de séparation et d'identification des éléments d'un mélange de composés. Dans ce travail la CCM a été utilisée afin de déterminer les composés essentiels ou la famille de composés prédominants dans l'HE de gingembre.

Pour cela un mélange de solvants est utilisé comme éluant (20% d'acétate d'éthyle et 80% de cyclohexane), et le révélateur est une vapeur d'iode.



Figure II.25: Plaque CCM

Mode opératoire :

a) Préparation de la cuve à élution : Pour la préparation de la cuve, un volume d'éluant a été versé à une hauteur d'environ 5 mm. Puis la cuve avec est fermé avec un couvercle et on attend la saturation

Pendant 10 minutes. (Fig. II 26).

b) Préparation de la plaque à chromatographie : Une ligne fine à environ **1 cm** du bord inférieur de la plaque. Est tracé à l'aide d'un crayon. A l'aide de traits fins, les positions des dépôts à effectuer sont repérées. Puis A l'aide d'une micropipette trois gouttes de l'HE sont déposées, sur le trait (3 dépôts)..

Les taches doivent êtres de 2 mm de diamètre

c) L'élution: Après le séchage, la plaque est introduite dans la cuve à élution sans toucher les bords, et le couvercle est remis et laisser l'élution s'effectuer jusqu'au front de la plaque.

d) Révélation et exploitation du chromatogramme : Après la sortie du chromatogramme de la cuve les taches sont révélées avec des vapeurs de I_2 et un rayonnement UV. Si les taches restent invisibles.



Figure.II.26: Saturation de la cuve



Figure II.27: Immersion de la plaque



Figure.II.28 : Révélation des taches
par des vapeur I₂



Figure II. 29 : Révélation des taches par une
lampe UV

II.6. Etude de l'activité antibactérienne de L'HE de gingembre

Ces tests sont effectués au sein du laboratoire de reproduction des animaux de la ferme de l'institut Vétérinaire de l'université ibn Khaldoune de Tiaret.

Afin de réaliser ce travail nous avons utilisés des boites de pétries, des écouvillons, des pipettes pasteur, Un bec benzène, une étuve, un spectrophotomètre UV/visible de marque Libra S6 (biochrom) et un Vortex.

Les bactéries sontensemencées dans le milieu de culture Muller Hinton

a) Protocole expérimental : Nous avons commencé cette partie du travail par la préparation de deux très répandues dans la nature, une de gram positif qui est le *Staphylococcus aureus* et l'autre de gram négatif qui est l'*Escherichia coli*.

b) Préparation des souches : Des souches jeunes ont été utilisées. Elles étaient ensemencées par stries dans une gélose nutritive. Après incubation à 37°C pendant 18 heures, des colonies bien isolées ont été prélevées et émulsionnées à l'aide d'un vortex dans de l'eau physiologique stérile à 0,9% en NaCl. L'inoculum est ajusté à 0,5 Mc Farland correspondant à une densité optique de (0,08-0,13) à 625 nm. La concentration de l'inoculum correspond à 10⁵UFC/ml. [52]

c) Mode opératoire : Après avoir fait fondre le milieu de culture, 10ml de celui-ci a été mis dans chaque boîte de pétrie. Une fois que le milieu a été solidifié, des puits de 6mm de diamètres ont été creusés dans les boîtes à l'aide d'une pipette Pasteur. La suspension bactérienne de chaque souche a été ensuite ensemencée dans les boîtes grâce à un écouvillon stérile. A l'aide d'une micropipette un volume de 100µl et un autre volume de 50µl de l'HE ont été mis dans les puits. Ensuite les boîtes ont été incubées à 37°C pendant 24h.

CHAPITR III
RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

Cette partie du manuscrit est consacrée à l'interprétation des différents résultats obtenus pendant notre travail. On va commencer par donner les résultats du contrôle de qualité de la plante.

III.1. Contrôle de qualité de la drogue végétale

Caractères organoleptique : Les caractères organoleptiques sont les premiers paramètres à vérifier pour savoir si une plante est en bon état. Le rhizome de gingembre est de couleur jaune pâle à crème. D'une odeur aromatique, d'une Saveur épicée, piquante et légèrement poivrée et sa texture est rugueuse et sèche.

Les indices chimiques

Les résultats des cendres (totales et sulfurique) et teneur en eau représentés dans le tableau III.1 :

Tableau. III.1. Les indices chimiques pour le contrôle de la drogue végétale

Les paramètres	Gingembre	Les normes AFNOR(2000)
Les cendres totales	9,2%	<5%
Les cendres sulfuriques	5%	<0,1%
La teneur en eau	12%	<10%

D'après les résultats obtenus cette plante n'est pas totalement propre et les conditions de sa conservation chez l'herboriste ne sont pas très conformes.

III.2. Etude phytochimique

Tous les résultats se manifestent par une coloration ou une précipitation.

Les composées poly-phénoliques

Les tanins : développement un résultat positif avec une coloration jaun clair

Les tanins catechiques : La présence des tanins catechiques se confirme par la formation d'un précipité rouge clair soluble dans l'alcool isoamylique.

Les flavonoïdes : la présence des flavonoïdes se confirme par la formation d'une précipitation avec coloration marron clair.

Les quinones (Dérivés anthracéniques)

Les composés anthracéniques libres (réaction de Bornträger): Apparition d'une coloration jaun clair qui indique la présence d'anthraquinones libres

Composés Anthracénique combinée

O-Hétérosides: on confirme la présence d'O-Hétéroside par changement (une coloration marron).

O- Hétéroside génie réduit : résultat positif formation de la précipitation blanche avec coloration jaun.

Les Hétérosides : la présence d'O-Hétéroside génie réduit confirmé par la formation de la précipitation avec coloration marron.

Les glucosides :

Réaction avec l'acide sulfurique : La coloration de la masse en présence des glucosides en noir, puis en maille confirme la présence des glucosides.

Recherche des saponines : Absence de saponine confirmée par absence de coloration ou de précipitation.

Les Hétérosides cardiotoniques

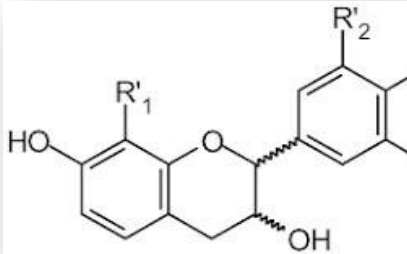
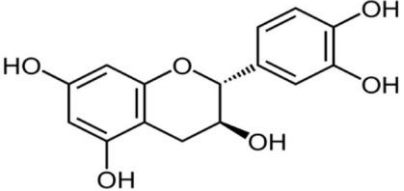
Réaction Libermann Burchard : la présence des hétérosides cardiotonique confirme par la réaction de LB avec une coloration maille.

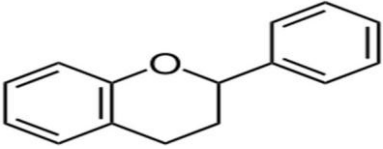
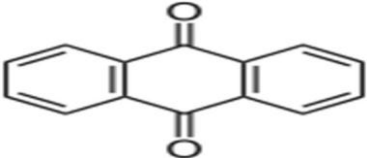
Les mucilages : La production d'un précipité turbé par mélange confirme la présence du matériau muqueux.

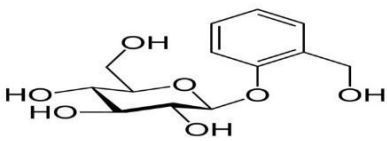
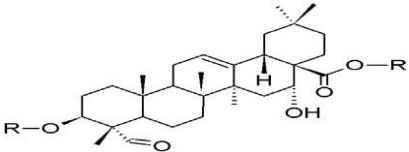
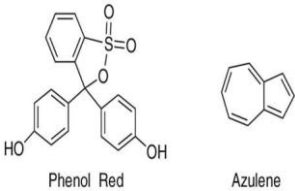
Les iridoides : l'obtention d'une coloration maille confirme la présence dès les iridoides.

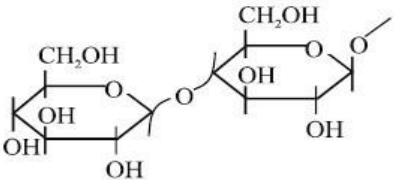
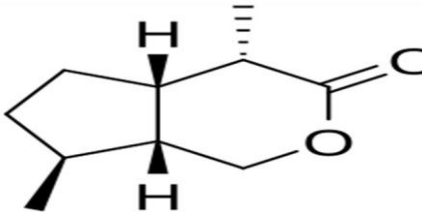
Tous les résultats de l'étude phytochimique sont portés sur le tableau III.7.

Tableau III.7. Résultats de l'étude phyrochimiques

Les substances biologiques actives	Les structures chimiques	Le gingembre	Résultat en image
Les tanins		+	
Les tanins catechiques		+	

Les flavonoïdes		+	
Anthracéniques libres		+	
O- Hétérosides		+	
O- Hétéroside génie réduit		+	

Hétéroside		+	
Recherche des glucosides		+	
Des saponines		-	
Libermann Burchard		+	

De mucilage		+	
Des iridoides		+	

Discussion

Le criblage phytochimique réalisé a permis de constater la présence de 11 groupes chimiques: les tanins catechiques les quinones, les mucilages, les O-hétéroside, les hétérosides à génie réduit, les hétérosides, les iridoides, les glucosides, et les flavonoïdes, Cependant, les saponines, sont absents dans notre plante. Cette diversification dans la composition chimique du gingembre en substances biologiques actives lui procure des effets thérapeutiques variables.

II.3.Extraction d'HE :

Pour cette partie, le procédé utilisé est l'hydrodistillation car c'est la méthode la plus simple pour l'extraction des HE.

Calcule le rendement

$$R\% = \frac{m}{m_i} = \frac{0,78}{43} = 1,81\%$$

Où m_i est la masse intaille de la drogue végétale, m , la masse d'HE et $R\%$, le rendement d'HE.

L'huile essentielle de gingembre a produit un rendement important en huile essentielle, estimé à 1,81%. L'huile obtenue présente une teinte jaune clair et un arôme puissant.

III. 4. Caractérisation d'HE

III.4.1. Indices physico chimique de l'HE de gingembre

Les valeurs de la densité et du pH sont données par le tableau III.8

Tableau.III.8. Indices physico-chimiques de l'HE de gingembre.

Les indices	Le gingembre	Les normes AFNR (2000)
La densité relative à 20°C	0,94	0,900 à 0,925
PH	5,5	5-6,8

Discussion

Les résultats du tableau indiquent que La densité relative est de 0,9441 et le pH est de 5,5. La Valeur de la densité est largement supérieure à celle indiquée par les normes AFNOR, cette différence est probablement dû à la qualité de la matière première qui peut être influencée par la méthode d'extraction, la température et l'humidité contenue dans l'HE. D'autres paramètres peuvent aussi avoir un effet sur la densité de l'HE, parmi eux : l'exposition à la lumière, la composition chimique, qui diffère d'un type de gingembre à un autre mais aussi et à la façon dont il est cultivé et transformé.

III.4.2. Spectroscopie infra rouge

La spectroscopie infra rouge est utilisée afin de déterminer les groupements fonctionnels présents dans les molécules qui composent l'huile essentielle de gingembre.

La figure III.1. Représente le spectre infra rouge de l'huile essentielle de gingembre

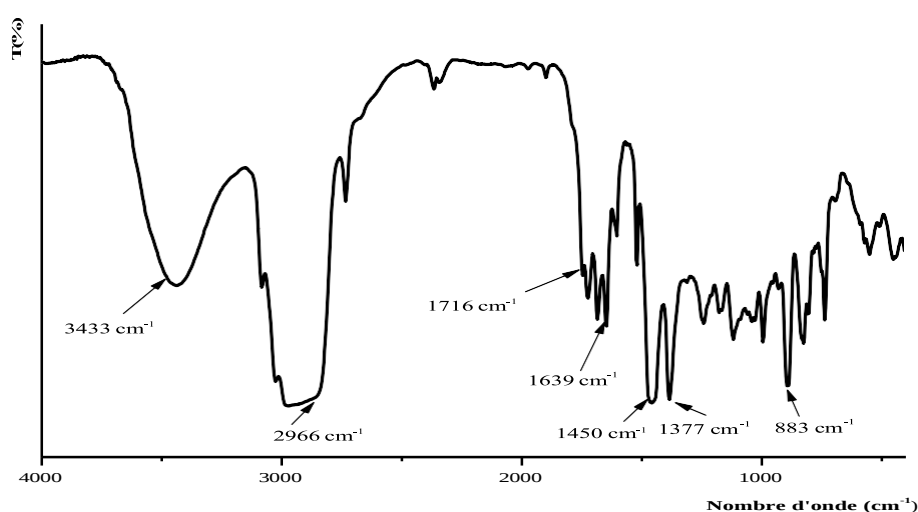


Figure. III.30. Spectre infra rouge de l'huile essentielle de gingembre

D'après le spectre in fra rouge de l'huile essentielle de gingembre, on remarque la bande à 3433 cm^{-1} qui résulte de la vibration d'élongation de la liaison O-H, tandis que les vibrations d'étirement asymétriques des groupes méthyle ($-\text{CH}_3$) apparaissent à 2966 cm^{-1} . Les bandes à 1716 cm^{-1} 1639 cm^{-1} sont attribués à l'élongation des liaisons C=O du groupement carbonyle et la et C=C du cycle aromatique respectivement. La bande à 1450 cm^{-1} est dû à la flexion de la liaison C-OH et l'élongation de la liaison O-H des composés phénoliques apparaît à 1377 cm^{-1} . Le pic à 883 cm^{-1} est dû à la vibration de flexion des groupements $=\text{C}-\text{H}$. [53-55]

III.4.3. Chromatographie sur couche mince (CCM)

La chromatographie sur couche mince est utilisée afin de déterminer les familles de composés prédominant dans l'huile essentielle de gingembre. Les résultats sont donnés par le tableau III....

Tableau III.9. : Les rapports frontaux des composés déterminés par CCM

Les taches	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
X ₁	5mm	17mm	24mm	27mm	33mm
L	38mm	38mm	38mm	38mm	38mm
Rf= X ₁ /L	0,13	0,44	0,63	0,71	0,86

D'après les rapport frontaux on peut déterminer les composés qui sont sur la plaque CCM en utilisant la littérature, Le premier composé est le géraniol (Rf=0,13,) le deuxième est l'acétate d'isoeugénol (Rf=0,44) et Le 6-parado avec un Rf= 0,74. Les deux autres taches peuvent être du zingiberène ou du β -Sesquiphelladrène selon la littérature. [56-58]

III.5. Activité antibactérienne

Dans cette partie nous allons donner les différents résultats obtenus lors de l'étude de l'effet antibactériens de l'HE sur deux bactéries, le *S. aureus* et *E. Coli*. Les résultats obtenus sont comparés à l'activité antibiotique de deux antibiotiques, un de la famille des B-lactames (Amoxiciline+ acide clavulanique) et l'autre de la famille des fluoroquinolone (Ciprolox).

Les résultats sont donnés sous formes de diamètres d'inhibition que les échantillons ont exercés sur les deux souches.

Les résultats :

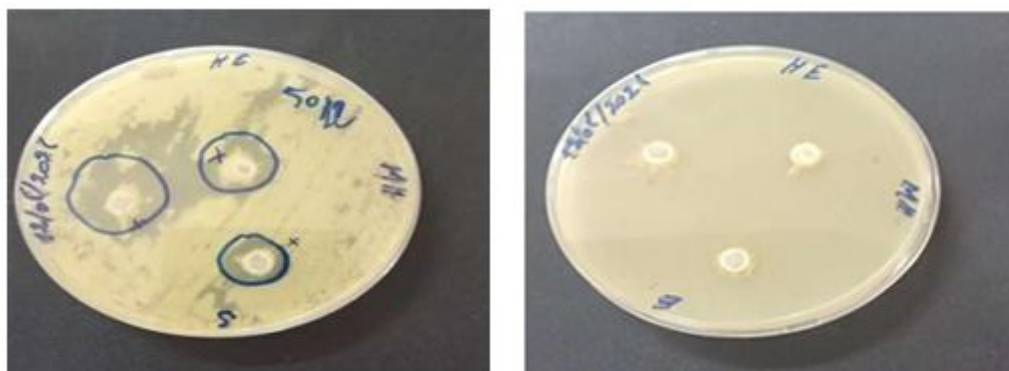
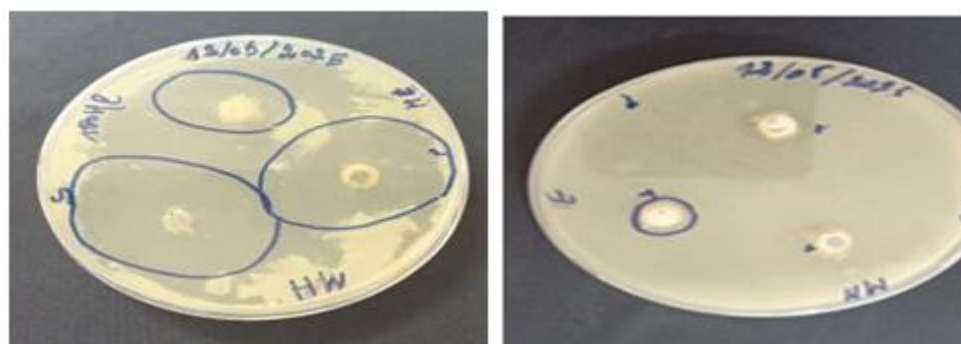
Figure III.31 : les résultats de la méthode du puits *S. Aureus* et *E. coli* 50µlFigure III.32 : Les résultats de la méthode du puits Spath, *E. coli* 100µl

Figure III.33 : Les résultats pour ACM,

Figure III.34 : Résultats pour CIP

Tableau.III.10 : Zones d'inhibition de l'HE et des antibiotiques

L'HE de gingembre	E-coli	Le Staphylococcus aureus
L'HE de gingembre : 100µl	7,02	34,43
L'HE de gingembre 50µl	6,00	16 ,73
anti ACM	18,74	23,67
CIP	40,96	29,04

D'après le tableau III.10 on remarque que le *S. Aureus* est très sensible à l'HE du gingembre avec des diamètres d'inhibition de 34,43 mmm et 16,7 mm pour les volumes de 100 et 50 µl respectivement. Par contre *L'E. coli* s'avère très résistante à l'huile essentielle avec une petite zone de 7,02 mm pour un volume de 100 µl. D'après ces résultats on peut dire que l'huile essentielle est plus active que les antibiotiques utilisés vis-à-vis du *S. aureus* par contre moins active par rapport à *L'E*. Notre étude confirme les résultats obtenus par Pradeep Kumar Sharma et son équipe où ils ont trouvé que l'He du gingembre avait un très bon effet antibactérien et antifongique sur *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Candida albicans* and *Aspergillus niger* [59].

La méthode des disques

Après les résultats obtenus par la méthode des puits, nous avons essayé de refaire les tests avec la méthode des disques. Le travail est le même juste que cette fois ci, des disques en papier wattman imbibés d'huile essentielle sont déposés sur la gélose MH .

Le tableau III.11 représente les zones d'inhibitions pour la méthode des disques

Résultats

Figure III.35 : Les résultats de la méthode du disque *E-coli*, *S. Aureus*

Tableau.III.11 : Le tableau ci-dessous s'indique les résultats de la méthode du disque.

	E .Coli	S. Aureus
L'HE du gingembre	13,1	25,2

Le tableau III.11 nous donne les diamètres d'inhibition de l'HE obtenus par la méthode des disques. On remarque que l'HE a un effet antibactérien important sur la bactérie de gram positif avec un diamètre de 25,2mm et un léger effet sur *E. coli* avec un diamètre de 13,1mm.

Avec cette méthode l'huile essentielle possède un meilleur effet sur la bactérie de gram négatif cela est peut être dû à la diffusion rapide en surface de l'huile essentielle.

Conclusion générale

Aujourd'hui les plantes médicinales occupent une place très importante en médecine traditionnelle et moderne grâce à leurs vertus thérapeutiques, elles agissent sur l'organisme vivant de façon curative et préventive, par des molécules odorantes qui constituent les huiles essentielles capable d'exercer un effet similaire aux antibiotiques.

L'objectif de cette étude était l'extraction, la caractérisation et l'étude de l'activité antibactérienne de l'huile essentielle de gingembre.

Avant de passer à l'HE, un contrôle de la qualité de la matière première et à la détermination des substances bioactives contenant dans le Gingembre ont été effectué.

Une calcination de la plante dans un four un moufle à 600°C a donné la teneur en cendre totales 9,2 %, en cendre sulfurique 5% et teneur en eau 12%. Ces valeurs sont légèrement supérieures à la norme.

Les résultats des tests phytochimiques sur les extraits du gingembre ont montré la présence des molécules bioactives à savoir : les tanins, les flavonoïdes, les mucilages, les hétérosides, les glucosides les iridoides.

Pour l'extraction de l'HE, le rendement maximal de l'hydrodistillation était de 1,81%.

Les analyses physico chimiques telles que la densité, le pH, de l'huile essentielle ont montré que les résultats sont conformes aux normes.

L'activité antibactérienne de l'HE, a été déterminée sur deux souches bactériennes *Escherichia Coli*, et *Staphylococcus aureus* selon la méthode de diffusion sur milieu gélosé en utilisant le milieu Muller Hinton. Les résultats ont montré que l'HE avait une très bonne activité antibactérienne sur *S.aureus* qui est supérieur celle des deux antibiotiques testé Cependant *E.coli* s'avère très résistante envers l'HE de Gingembre.

Les références

- [1].Radu, C. M., Radu, C. C., Bochiș, S. A., Arbănași, E. M., Lucan, A. I., Murvai, V. R., & Zaha, D. C. (2023). Revisiting the therapeutic effects of essential oils on the oral microbiome. *Pharmacy*, 11(1), 33.
- [2] Sharma, P. K., Singh, V., & Ali, M. (2016). Chemical composition and antimicrobial activity of fresh rhizome essential oil of *Zingiber officinale* Roscoe. *Pharmacognosy Journal*, 8(3).
- [3] Hernández Pérez A, Díaz Pita AL, Fleitas Hernandez K. Manual of medicinal plants for the teaching. *Seminars in Medical Writing and Education*. 2025; 4:215. <https://doi.org/10.56294/mw2025215> Ouedraogo, S., Yoda, J., Traore, T. K., Nitiema, M.,
- [4] Ouedraogo, S., Yoda, J., Traore, T. K., Nitiema, M., Sombie, B. C., Diawara, H. Z., ... & Semde, R. (2021). Production de matières premières et fabrication des médicaments à base de plantes médicinales. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 15(2), 750-772.
- [5] Briki, Z. (2019). Etude Ethnobotanique Des Plantes Médicinales De La Commune De M'sila [Mémoire de Master, Université Mohamed Boudiaf - M'sila].
- [6] Sidibé, Y. (2024). Préférence des usagers de Bamako entre les formes galéniques à base des plantes: Tisanes et classiques orales (Doctoral dissertation, USTTB). .
- [7] Moatti, R. (1990). La phytothérapie. *Revue des Deux Mondes*, 80-89.
- [8] Kaouthar, M. S. M. Phytothérapie et coronavirus-19-à la wilaya d'Ain Temouchent
- [9] Lovkova, M. Y., Buzuk, G. N., Sokolova, S. M., & Kliment'Eva, N. I. (2001). Chemical features of medicinal plants. *Applied biochemistry and microbiology*, 37, 229-237.
- [10].Daur, I. (2015). Chemical composition of selected Saudi medicinal plants. *Arabian Journal of Chemistry*, 8(3), 329-332.
- [11]. Briki, Z. (2019). Etude Ethnobotanique Des Plantes Médicinales De La Commune De M'sila [Mémoire de Master, Université Mohamed Boudiaf - M'sila]
- [12]. Ouedraogo, S., Yoda, J., Traore, T. K., Nitiema, M., Sombie, B. C., Diawara, H. Z., ... & Semde, R. (2021). Production de matières premières et fabrication des médicaments à base de plantes médicinales. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 15(2), 750-772. .
- [13]. Nazer, M. R.; Abbaszadeh, S.; Anbari, K.; Shams, M. A Review of the Most Important Medicinal

Herbs Affecting Giardiasis. J. Herbmед Pharmacol. 2019, 8(2), 78–84.10.1517/jhp.2019.13.

[14]. Khatoon, U.; Sharma, L.; Dubey, R. K. Assessment of Bioactive Compounds, Antioxidant Activity and Quantification of Phenols through HPLC in Solanum Species. Ethno. Med. 2018, 12(2), 87–95.

[15]. Kruk, J.; Hassan, Y. A.-E.; Kladna, A.; Jacquelyn, E. B. Oxidative Stress in Biological Systems and Its Relation with Pathophysiological Functions: The Effect of Physical Activity on Cellular Redox Homeostasis. Free Radical Res. 2019, 53(5), 497–521. DOI: 10.1080/10715762.2019.1612059

[16]. Ouedraogo, S., Yoda, J., Traore, T. K., Nitiema, M., Sombie, B. C., Diawara, H. Z., ... & Semde, R. (2021). Production de matières premières et fabrication des médicaments à base de plantes médicinales. International Journal of Biological and Chemical Sciences, 15(2), 750-772

[17]. Yu, J. (2025). Chemical Composition of Essential Oils and Their Potential Applications in Postharvest Storage of Cereal Grains. Molécules, 30(3), 683.

[18]. Bouaoune, F., Bouguetof, R., & Rahman, I. (2020). Etude de rendement et caractères organoleptiques de l'huile essentielle d'une plante à activité anti microbienne importante Rosmarinus off (Doctoral dissertation, Université laarbi tebessi tebessa).

[19]. Mlle Solène Jouault (2012). La Qualite des Huiles Essentielles et son Influence sur leur Toxicite (le Diplôme d'Etat de Doctuer en Pharmacie, Universite De Lorraine Faculté de Pharmacie). .

[20]. Unio internationale de chimie pure et appliquée (2019) Phénols.dans compendium de terminologie chimique(Live d'or)

[21]. Yu, J. (2025). Chemical composition of Essential Oils and Their Potential Applications in Postharvest Storage of Cereal Grains. Molecules, 30 (3), 683.

[22]. Boukhatem, M. N., Ferhat, A., & Kameli, A. (2019). Méthodes d'extraction et de distillation des huiles essentielles: revue de littérature. Une, 3(4), 1653-1659.

[23]. Haddouchi,benmansour, A. (2008). Huiles essentielles, obtentions, utilisations et activités biologiques. Application à deux plantes aromatiques. L 634 / 5,000

[24]. Prabuseenivasan, S., Jayakumar, M., & Ignacimuthu, S. (2006). In vitro antibacterial activity of some plant essential oils. BMC complementary and alternative medicine, 6, 1-8.

- [25]. Z. Kamaliroostaa*, L. Kamaliroosta b, A. H. Elhamiradc, 2013, Isolation and Identification of Ginger Essential Oil, Journal of Food Biosciences and Technology, Islamic Azad University, Science and Research Branch3, 73-80,
- [26]. ELKHANNE, N HANACHI,L MESSAADIA,D.(2017). Le gingembre et l'immunité, (mémoire de master, université 8 mai 1945 Guelma) Département de Biologie , Spécialité de Immunologie Approfondie.
- [27]. Gigon, F. (2012). Le gingembre, une épice contre la nausée. *Phytothérapie*, 10(2), 87-91.
- [28]. A. Moro Buronzo, Mon alimentation santé facile : Curcuma & gingembre, mes épices miracles, Jouvence, Oct. 2017, 128 pages.S. Verbois, La phytothérapie: Une synthèse de référence illustrée pour découvrir les vertus et profiter des bienfaits des plantes, Editions Eyrolles, Mars 2015, 190 pages. S. Lacoste, Ma bible de la phytothérapie: Le guide de référent.
- [29]. Brakni, L. (2018). Caractérisation biochimique des extraits du gingembre et leurs effets antibactériens (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).
- [30]. Gigon F. (2012), ses fruits se présentent sous la forme de capsules trivalves renfermant des graines sombres.
- [31].Mouzaoui, D., & Khemis, R. (2021). Etude comparative de l'activité antioxydante et antibacterienne de quelques marques de gingembre «Zingiber officinale» (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).
- [32]. DOUMANDJI, A., ALILI, D., BENRIMA, A., & DOUMANDJI, S. Étude de l'effet de l'association de l'huile essentielle de gingembre (*Zingiber officinale*) avec les microorganismes sur la mineuse de la tomate. .
- [33]. Mahboubi, M. (2019). *Zingiber officinale* Rosc. essential oil, a review on its composition and bioactivity. *Clinical Phytoscience*, 5(1), 1-12.
- [34]. KAABOUR, F (2007). Activités antioxydants et antibactériennes des extraits aqueux du thé, de l'origan et du gingembre – Etude in vitro – (mémoire de master, université FARHAT ABBAS – SETIF-) Département de Biologie, spécialité Microbiologie appliquée.
- [35]. Faris, H. N., Muttair, R. Y., & Abd, R. A. (2025). Activity of Ethanoic Extract of Ginger (*Zingiber officinale*) Against Pathogenic *E. coli* and *P. aeruginosa*. *Academia Open*, 10(1), 10-21070..

- [36]. Hasan, H. A., Raauf, A. R., Razik, B. M. A., & Hassan, B. R. (2012). Chemical composition and antimicrobial activity of the crude extracts isolated from *Zingiber officinale* by different solvents. *Pharmaceut Anal Acta*, 3(9), 1-5.
- [37]. Kaabour, F. (2018). Activités antioxydantes et antibactériennes des extraits aqueux du thé de l'origan et du gingembre: étude in vitro (Doctoral dissertation
- [38]. Mouzaoui, D., & Khemis, R. (2021). Etude comparative de l'activité antioxydante et antibactérienne de quelques marques de gingembre «*Zingiber officinale*» (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).
- [39]. Stoilova, I., Krastanov, A., Stoyanova, A., Denev, P., & Gargova, S. (2007). Antioxidant activity of a ginger extract (*Zingiber officinale*). *Food chemistry*, 102(3), 764-770.
- [40]. Höferl, M., Stoilova, I., Wanner, J., Schmidt, E., Jirovetz, L., Trifonova, D., ... & Krastanov, A. (2015). Composition and comprehensive antioxidant activity of ginger (*Zingiber officinale*) essential oil from Ecuador. *Natural product communications*, 10(6), 1934578X1501000672.]
- [41]. BOUMAZOUNA Meriem, G. H. (2017). Contribution à la caractérisation physico-chimique et microbiologique de l'extrait de gingembre. Préparation d'une teinture à base de gingembre et l'étude de son activité antiseptique et cicatrisante.
- [42]. Wourod, B. (2022). L'effet correcteur de gingembre (*Zingiber officinale*) sur les effets néfastes des solvants (le xylène) (Doctoral dissertation, university center of abdalhafid boussouf-MILA).
- [43]. Angèle, M. F. (2017). Les Zingiberaceae en phytothérapie: l'exemple du gingembre (Doctoral dissertation, thèse de docteur en pharmacie. Université de Lille 2. 174p).
- [44]. Ouedraogo, S., Yoda, J., Traore, T. K., Nitiema, M., Sombie, B. C., Diawara, H. Z., ... & Semde, R. (2021). Production de matières premières et fabrication des médicaments à base de plantes médicinales. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 15(2), 750-772.
- [45]. Valette, J. C. (1990). Inflammabilités des espèces forestières méditerranéennes. Conséquences sur la combustibilité des formations forestières. *Revue forestière française*, 42(Spécial), 76-92.
- [46]. [ABCD]. Ouedraogo, S., Yoda, J., Traore, T. K., Nitiema, M., Sombie, B. C., Diawara, H. Z., ... & Semde, R. (2021). Production de matières premières et fabrication des médicaments à base de plantes médicinales. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 15(2), 750-772.

- [47]. D. J. P. HOUGHTON, A. RAMAN. Laboratory handbook for the fractionation of natural. Extracts. Science, (1998) 199 p. Lombe, R. M., Kamalandua, B. M., Bekomo, J. I., Ngandu, O. K., & Ngbolua, K. T. N. J. P. (2023). Étude phytochimique et évaluation de l'activité antiradicalaire de *Dioscorea alata* L. et *D. rotundata* Poir (Dioscoreaceae). *Journal of Applied Biosciences*, 185, 19365-19376.
- [48]. REGHAISSIA, I. (2020). Extraction et caractérisation de l'huile essentielle de.
- [49]. Kabera, J., Koumaglo, K. H., Ntezurubanza, L., Ingabire, M. G., & Kamagaju, L. (2005). Caractérisation des huiles essentielles d'*Hyptis spicigera* Lam., *Pluchea ovalis* (Pers.) DC. et *Laggera aurita* (L.f.) Benth. Ex. CB Clarke, plantes aromatiques tropicales. *Etudes rwandaises*, 10, 7-18.
- [50]. Corriol et al., 2005 ; Ouedraogo, S., Yoda, J., Traore, T.K., Nitiema, M., Sombie, B.C., Diawara, H.Z., & Semde, R. (2021). Production de matières premières et fabrication des médicaments à base de plantes médicinales. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 15(2), 750-772, Blouet and Health, 2016 ; Ph.Eur., 2019a.
- [51]. D. Bertrand et D. Dufour, (2000), « La spectroscopie et ses applications analytiques », Ed. Tec et Doc, Paris 31.
- [52]. Liang, X., Sun, M., Li, L., Qiao, R., Chen, K., Xiao, Q., & Xu, F. (2012). Preparation and antibacterial activities of polyaniline/Cu 0.05 Zn 0.95 O nanocomposites. *Dalton Transactions*, 41(9), 2804-2811.,
- [53]. Hashem, A., Dubey, S., Sharma, Y. C., Farag, S., & Aly, A. A. (2024). Zingiber officinale powder as a biosorbent for adsorption of acid violet 90 from aqueous solutions. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 14(17), 21165-21180.
- [54]. Monika, K. M., Arkadiusz, M., Mariusz, F., Joanna, B., Anna, W., Alicja, M., ... & Bożena, G. (2018). Application of FTIR spectroscopy for analysis of the quality of honey.
- [55]. Syafri, S., Jaswir, I., Yusof, F., Rohman, A., & Hamidi, D. (2022). The use Of GC- MS and FTIR spectroscopy coupled with multivariate analysis for the detection of red ginger oil adulteration. *Rasayan J Chem*, 15(4), 2231-6.
- [56]. Pramono, S. (2019). Utilisation and functional components evaluation of ginger. In *Ginger Cultivation and Its Antimicrobial and Pharmacological Potentials*. IntechOpen
- [57]. Krüger, S., Bergin, A., & Morlock, G. E. (2018). Effect-directed analysis of ginger (*Zingiber officinale*) and its food products, and quantification of bioactive compounds via high-performance

thin-layer chromatography and mass spectrometry. *Food chemistry*, 243, 258-268.

[58]. Nile, S. H., & Park, S. W. (2015). Chromatographic analysis, antioxidant, anti-inflammatory, and xanthine oxidase inhibitory activities of ginger extracts and its reference compounds. *Industrial Crops and Products*, 70, 238-244.

[59]: Sharma, P. K., Singh, V., & Ali, M. (2016). Chemical composition and antimicrobial activity of fresh rhizome essential oil of *Zingiber officinale* Roscoe. *Pharmacognosy Journal*., 8(3).

ملخص :

تُستخدم النباتات الطبية منذ الأزل لما لها من تأثيرات علاجية على الإنسان. يهتم هذا العمل بالزيت العطري لإحدى النباتات العطرية الأكثر استخداماً في الطهي، الزنجبيل. قبل الانتقال إلى استخراج الزيت العطري، تم أولاً إجراء فحص جودة للمواد الخام. ثم تم إجراء دراسة فيتوكيميائية على مستخلصات النبات وقد كشفت عن وجود عدة مواد فعالة في الزنجبيل. ثم تم استخراج الزيت العطري عن طريق التقطير المائي وكان العائد 1.81%. تمت دراسة خصائص الزيت العطري قبل الانتقال إلى دراسة نشاطه المضاد حساسية البكتيريا إيجابية *S. aureus* و *E. coli* للبكتيريا. أظهر التأثير المضاد للبكتيريا لزيت الزنجبيل الأساسي على بكتيريا الجرام و مقاومة البكتيريا سلبية الجرام تجاه زيت الزنجبيل الأساسي. الكلمات المفتاحية: النباتات الطبية، الزيت العطري، الزنجبيل، التقطير المائي، النشاط المضاد للبكتيريا

Résumé :

Les plantes médicinales sont utilisées depuis la nuit des temps pour les effets thérapeutiques qu'elle donne à l'être humain. Ce travail s'intéresse à l'huile essentielle de l'une des plantes aromatiques les plus utilisées dans la cuisine, le gingembre. Avant de passer à l'extraction de l'huile essentielle, tout d'abord un contrôle de qualité de la matière première a été effectué. Ensuite une étude phytochimique est faite sur les extraits de la plante et elle a révélé la présence de plusieurs substances actives dans le gingembre. Ensuite, l'extraction de l'huile essentielle est effectuée par hydrodistillation et le rendement était de 1,81%. L'huile essentielle a été caractérisée avant de passer à l'étude de son activité antibactérienne. L'effet antibactérien de l'HE sur *E. coli* et *S. aureus* a révélé la sensibilité de la bactérie de gram positif et la résistance de la bactérie de gram négatif envers l'HE du gingembre.

Mots-clés : Plantes médicinales, huile essentielle, gingembre, hydrodistillation, activité antibactérienne

Abstract:

Medicinal plants have been used for long time for their therapeutic effects on humans. This study focuses on the essential oil of one of the most widely used aromatic plants in cooking: ginger. Before proceeding with the extraction of the essential oil, a quality control of the raw material was first conducted. A phytochemical study was then conducted on the plant extracts, revealing the presence of several active substances in ginger. The essential oil was then extracted by hydrodistillation, with a yield of 1.81%. The essential oil was characterized before studying its antibacterial activity. The antibacterial effect of the essential oil on *E. coli* and *S. aureus* revealed the sensitivity of the Gram-positive bacteria and the resistance of the Gram-negative bacteria to ginger essential oil.

Keywords: Medicinal plants, essential oil, ginger, hydrodistillation, antibacterial activity