



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
People's Democratic Republic of Algeria  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministry of Higher Education and Scientific Research  
جامعة عبد الحميد بن باديس - مستغانم  
Abdel Hamid IbnBadisUniversity - Mostaganem  
كلية العلوم والتكنولوجيا  
Faculty of Sciences and Technology  
قسم هندسة الطرائق



Department of Process Engineering

N° d'ordre : M2...../GP/2025

## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES DEMASTER ACADEMIQUE

**Filière : GÉNIE DES PROCÉDÉS**

**Option : GÉNIE DES PROCÉDÉS DE L'ENVIRONNEMENT**

### Thème

**Etude des propriétés physico-chimique et biologique d'une plante  
Médicinale**

**Présenté par**

**BELKACEM HAYAM**

**BELLAT MOULDJILALI**

Soutenu le 29/06/ 2025 devant le jury composé de :

<b>Président :</b>	Dr BENZEKRI.B.M	MCA	Université de Mostaganem
<b>Examinatrice :</b>	Dr DOUARA.N	MCA	Université de Mostaganem
<b>Encadrante :</b>	Dr MEDJDOUB.A	MCB	Université de Mostaganem
<b>Co-Encadrante:</b>	M <sup>me</sup> BENABBOU.A	Doctorante	Université de Mostaganem

**Année Universitaire 2024/2025**

## Dédicaces

*Je dédie ce travail à mes chers parents, ma mère et mon père, pour leurs sacrifices et leur soutien inconditionnel tout au long de mes études.*

*A mes sœurs et mes frères, merci pour votre soutien et vos encouragements qui m'ont permis de persévérer et de réussir. Je vous souhaite un avenir radieux et rempli de joie.*

*Je vous remercie pour votre soutien moral, votre patience et votre dévouement à ce travail. Je vous dédie le fruit de nos efforts.*

*Je tiens à exprimer ma reconnaissance à mes amis pour les souvenirs merveilleux que nous avons créés ensemble pendant mes études*

***Hayam***

# Dédicace

*Je dédie ce travail à mes très chers parents de m'avoir encouragé et que dieu les protège.*

*A mes chers sœurs : **Kaltoum, khaira***

*A mes chers frères : **Djamel, Mohammed***

*A ma collègue de travail **HayamBelkacem** et sa toute famille*

*A tous les personnes qui ont participé à la réalisation de ce travail et a tout la promotion*

*2020/2021*

***Mouldjilali***

## ***Remerciements***

Avant tout, nous tenons à remercier le bon Dieu, notre créateur, pour nous avoir donné la force et le courage d'accomplir ce travail.

Nous adressons nos vifs remerciements à notre encadrante, **Dr. Medjdoub aicha**, Maître de conférences à l'université de Mostaganem, pour sa compréhension, sa patience, ses remarques précieuses, ainsi que pour son soutien et ses conseils qui nous ont accompagnés tout au long de ce travail dans des moments difficiles.

Nous n'oublions pas de remercier notre co-encadrante, **Dr. Benabbou asmae**, doctorante à l'université de Mostaganem, pour l'intérêt qu'elle a porté à ce travail, sa disponibilité et ses remarques pertinentes.

Nous sommes particulièrement honorées par la présence de **Dr. Benzakri benalou mokhtar**, Maître de conférences à l'université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem, qui a bien accepté de présider ce jury de mémoire.

Nos chaleureux remerciements vont également à **Dr. Douara nadia**, Maître de conférences à l'université de Mostaganem, d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Nous remercions également toute l'équipe du laboratoire de recherche SEA2M pour les moyens mis à notre disposition et leurs encouragements.

Sans oublier l'ensemble des personnels du laboratoire de biologie, spécialement **M<sup>me</sup> A. tihalayti**, pour leur disponibilité, leur gentillesse, leur patience et leurs orientations.

Enfin, nous remercions toutes les personnes qui ont contribué au succès de mon stage et qui m'ont aidé lors de la rédaction de ce mémoire.

## Liste des figures

<b>Figure I-1</b> : L'infusion .....	- 6 -
<b>Figure I-2</b> : La décoction .....	- 7 -
Figure I-3 ; Séchage des plantes au four. ....	- 12 -
<b>Figure I-4</b> : Séchage des plantes à tiges .....	- 12 -
<b>Figure I-5</b> : conservation les plantes.....	- 14 -
-	
<b>Figure I-6</b> : Exemple de structures de mono- terpènes .....	- 20 -
<b>Figure 0-8</b> : Schéma du montage de l'extraction par hydrodistillation[.....	- 25 -
<b>Figure 0-9</b> :de montage de l'extraction par entrainement à la vapeur d'eau .....	- 25 -
<b>Figure 0-10</b> : Montage d'extraction par Hydrodiffusion .....	- 26 -
<b>Figure 0-11</b> : Schéma de montage l'expression a froid.....	- 26 -
<b>Figure 0-12</b> : Schéma de l'extracteur Soxhlet .....	- 27 -
<b>Figure 0-13</b> : Montage de l'extraction assistée par chauffage micro-ondes .....	- 28 -
-	
<b>Figure II-1</b> : Séchage des feuilles.....	- 29 -
<b>Figure II-2</b> : Photographie du dispositif utilisé pour l'extraction des HE par Clevenger ...	- 30 -
<b>Figure II-3</b> : la séparation des HE par décantation. ....	- 30 -
<b>Figure II-4</b> : les deux types d'infusion préparés .....	- 31 -
<b>Figure II-5</b> : réactif de Mayer et de Wagner .....	- 33 -
<b>Figure II-6</b> : L'extrait éthanolique .....	- 33 -
<b>Figure II-7</b> : test de saponines .....	- 35 -

<b>Figure II-8:</b> Le réfractomètre .....	- 36 -
<b>Figure II-9 :</b> La gamme de couleur selon le pH .....	- 37 -
<b>Figure II-10:</b> La plante avant et après le séchage .....	- 38 -
<b>Figure II-11:</b> test DPPH .....	- 39 -
<b>Figure II-12:</b> Mécanisme réactionnel intervenant lors du test DPPH entre l'espèce radicalaire DPPH et un anti-oxydant.....	- 40 -
<b>Figure II-13:</b> Milieu Mueller Hinton.....	- 41 -
<b>Figure III-1:</b> la cinétique d'extraction (feuilles) .....	- 45 -
<b>Figure III-2:</b> La cinétique d'extraction (fruits).....	- 46 -
<b>Figure III-3 :</b> Taux d'humidité des feuilles.....	- 47 -
<b>Figure III-4:</b> Taux d'humidité des fruits .....	- 48 -
<b>Figure III-5:</b> Mesure le pH.....	- 50 -
<b>Figure III-6 :</b> la couleur des deux huiles (feuilles, fruits) .....	- 51 -
<b>Figure III-11:</b> Courbe représente pourcentage d'inhibition d'HE des feuilles .....	- 55 -
<b>Figure III-12:</b> Courbe représente pourcentage d'inhibition d'HE (fruits) .....	- 55 -

# Liste des tableaux

<b>Tableau I-1:</b> Des différents types des plantes médicinales.....	10
<b>Tableau II-1:</b> Représente les souches utilisées et leurs références .....	- 43 -
<b>Tableau III-1 :</b> les rendements des huiles essentielles.....	- 47 -
<b>Tableau III-2 :</b> la densité des huiles essentielles .....	- 48 -
<b>Tableau III-3:</b> L'indice de réfraction des huiles essentielles.....	- 49 -
<b>Tableau III-4 :</b> le pH des huiles essentielles.....	- 50 -
<b>Tableau III-5 :</b> Propriétés organoleptiques de l'HE de matériel végétal .....	57
<b>Tableau III-6:</b> Résultats phytochimiques de l'extrait des plante (feuilles, fruits). .....	- 53 -
<b>Tableau III-7 :</b> Concentration d'inhibition à 50% (mg /ml) des huiles essentielles feuilles et fruits .....	62
<b>Tableau III-8 :</b> transcription des valeurs des diamètres d'inhibition (D) .....	65
<b>Tableau III-9:</b> diamètre des zones d'inhibition de la croissance microbienne obtuns des huiles .....	65

## Liste des abréviations

HE	Huile essentielle
°C	degré Celsius
%	Pourcentage
nm	Nanomètre
G	Gramme
mg	Milligramme
t <sub>max</sub>	temps maximal
T <sub>in</sub>	temps initial
μl	microlitre
DPPH	2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl
HCl	acide chlorhydrique
NaOH	hydroxyde de sodium
EtOH	Ethanol
HgCl <sub>2</sub>	chlorure de mercure
AlCl <sub>3</sub>	Chlorure d'aluminium
KI	iodure de potassium
L	litre
mL	millilitre
I <sub>2</sub>	Iode
pH	potentiel d'hydrogène
I%	Pourcentage d'inhibition

NaCl	chlorure de sodium
R	Rendement
AFNOR	Association française de Normalisation
ISO	Organisation internationale de normalisation

# Résumé

L'objectif de cette étude est d'analyser les activités chimiques, biologiques et les propriétés organoleptiques de deux huiles essentielles provenant de différentes parties d'une plante médicinale (feuilles et fruits), récoltées dans la wilaya de Mostaganem. Nous avons utilisé la méthode d'extraction par hydrodistillation avec un dispositif de Clevenger afin de déterminer quelle partie de la plante offre le meilleur rendement.

L'étude des propriétés physico-chimiques, telles que la densité, le pH et l'indice de réfraction, a donné des résultats normalisés selon la norme AFNOR-ISO 3140. L'activité antioxydante, mesurée par la méthode DPPH par spectrophotométrie, indique un pouvoir antioxydant modéré à faible pour les deux huiles.

En ce qui concerne l'activité antibactérienne, l'huile essentielle des feuilles est efficace, à des degrés divers, contre *Bacillus*, *Staphylococcus* et *Citrobacter*, mais est inefficace contre *E. coli* et *Pseudomonas*. L'huile des fruits présente une activité similaire, voire légèrement supérieure, notamment contre *Staphylococcus* et *Citrobacter*. En revanche, *E. coli* et *Pseudomonas aeruginosa* montrent une résistance totale aux deux huiles, tandis que *Candida albicans* présente une faible sensibilité.

**Mots clés :** huiles essentielles, cônes (fruits), feuilles, activités anti- oxydantes, activités antibactériennes, extrait.

## Abstract

The objective of this study is to analyze the chemical, biological activities, and organoleptic properties of two essential oils derived from different parts of a medicinal plant (leaves and fruits), harvested in the Wilaya of Mostaganem. We used the hydrodistillation extraction method with a Clevenger apparatus to determine which part of the plant offers the best yield.

The study of physicochemical properties, such as density, pH, and refractive index, provided results compliant with the AFNOR-ISO 3140 standard. The antioxidant activity, measured by the DPPH method using spectrophotometry, indicates a moderate to low antioxidant power for both oils.

Regarding antibacterial activity, the essential oil from the leaves is effective, to varying degrees, against *Bacillus*, *Staphylococcus*, and *Citrobacter*, but is ineffective against *E. coli* and *Pseudomonas*. The oil from the fruits shows similar activity, even slightly superior, particularly against *Staphylococcus* and *Citrobacter*. In contrast, *E. coli* and *Pseudomonas aeruginosa* exhibit total resistance to both oils, while *Candida albicans* displays low sensitivity.

**Keywords:** essential oils, fruits, leaves, antioxidant activities, antibacterial activities, extract

## الملخص

هدف هذه الدراسة هو تحليل الأنشطة الكيميائية والبيولوجية وخصائص الزيوت الأساسية المستخرجة من أجزاء مختلفة من نبات طبي (الأوراق والثمار)، التي تم جمعها من ولاية مستغانم. استخدمنا طريقة الاستخراج بالتقطير المائي باستخدام جهاز كليفسنجر لتحديد أي جزء من النبات يوفر أفضل إنتاج. أظهرت دراسة الخصائص الفيزيائية والكيميائية، مثل الكثافة ودرجة الحموضة ومؤشر الانكسار، نتائج تشير الأنشطة المضادة للأكسدة، التي تم قياسها باستخدام AFNOR-ISO 3140 مطابقة للمعيار عبر التحليل الطيفي، إلى قوة مضادة للأكسدة متوسطة إلى منخفضة لكلا الزيتين DPPH طريقة. فيما يتعلق بالنشاط المضاد للبكتيريا، فإن الزيت الأساسي المستخرج من الأوراق فعال، بدرجات متفاوتة، *E. coli*، ولكنه غير فعال ضد *Citrobacter* و *Staphylococcus* و *Bacillus* ضد يظهر الزيت المستخرج من الثمار نشاطاً مشابهاً، بل وأفضل قليلاً، خصوصاً ضد *Pseudomonas*. مقاومة *Pseudomonas aeruginosa* و *E. coli* بالمقابل، تظهر *Staphylococcus* و *Citrobacter* حساسية منخفضة *Candida albicans* تامة لكلا الزيتين.

**الكلمات المفتاحية:** الزيوت الأساسية، الثمار، الأوراق، الأنشطة المضادة للأكسدة، الأنشطة المضادة للبكتيريا، المستخلص

# **sommaire**

**Dédicaces**

**Remerciements**

**Liste des figures**

**Liste des tableaux**

**Liste des abréviations**

**Résumé**

Introduction Générale.....	- 1 -
Chapitre I : Les plantes Médicinales.....	- 4 -
I.1    Introduction.....	5
I.2    Définition les plantes médicinales .....	- 4 -
I.2.1    L'Origine des plantes médicinales .....	- 5 -
I.2.2    Intérêts des plantes médicinales .....	- 5 -
I.3    Les formes de préparation les plantes médicinales.....	- 5 -
I.3.1    Plantes sèches et poudres.....	- 5 -
I.3.2    Tisanes .....	7
I.3.3    L'infusion .....	7
I.3.4    La décoction .....	7
I.3.5    La Macération.....	8
I.3.6    La Teinture .....	- 7 -
I.3.7    L'Extrait .....	8

I.4	Consommation les plantes Médicinales.....	- 7 -
I.4.1	Voie Orale.....	- 7 -
I.4.2	Voie Cutanée .....	- 8 -
I.5	Domaine d'application les plantes médicinales.....	- 10 -
I.5.1	En alimentation.....	- 10 -
I.5.2	En cosmétique .....	- 10 -
I.5.3	En agriculture .....	12
I.6	Culture et cueillette des plantes médicinales et leurs conservation .....	12
I.6.1	Séchage des plantes médicinales .....	- 12 -
I.6.2	Conservation des plantes médicinales .....	- 13 -
I.7	Les principes actifs .....	16
I.7.1	Définition de principes actifs.....	- 14 -
I.7.2	Les principaux éléments actifs des plantes.....	16
I.7.3	Alcaloïdes .....	16
I.7.4	Coumarines.....	16
I.7.5	Flavonoïdes.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
I.7.6	L'amidon .....	- 15 -
I.7.7	Huiles essentielles .....	- 15 -
I.7.8	Mucilages végétaux .....	- 15 -
I.7.9	Résines.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
I.7.10	Saponosides .....	- 16 -
I.7.11	Tanins .....	- 16 -
I.7.12	Vitamines, minéraux, fibres et autre.....	- 16 -

I.8	Les huiles essentielles .....	- 17 -
I.8.1	Dèffinition HEs .....	- 17 -
I.8.2	Classification des EH .....	19
I.8.3	Localisation des EH.....	- 17 -
I.8.4	La composition chimique des EH.....	20
I.8.5	Propriétés physico-chimiques.....	- 20 -
I.8.6	Le rôle des huiles essentielles dans le monde végétal .....	23
I.8.7	Utilisation des huiles essentielles .....	- 21 -
I.8.8	Activités biologiques des HEs.....	24
I.8.9	Conservation des HEs.....	- 22 -
I.8.10	Etiquette des HEs .....	- 23 -
I.8.11	Les techniques de extraction les HEs .....	- 23 -
<b>Chapitre II : Matériel et méthode II .....</b>		<b>- 28 -31</b>
II.1	Introduction.....	31
II.2	Object.....	31
II.3	Matériel et méthode .....	- 28 -
II.3.1	Matériel végétal .....	31
II.3.2	La région et la période de récolte de matériels végétaux .....	- 29 -
II.3.3	Conservation les matériels végétaux .....	32
II.4	Extraction de HEs .....	33
II.4.1	Méthode de l'extraction les HEs .....	33
II.5	La cinétique des HEs .....	34
II.6	Conservation des EHs .....	- 31 -

II.7	Préparation d'extrait aqueux .....	- 31 -
II.7.1	Préparation par l'infusion .....	- 31 -
II.8	Criblage (Screening) phytochimique .....	- 32 -
II.8.1	Teste des flavonoïdes.....	- 32 -
II.8.2	Teste des tanins.....	35
II.8.3	Teste des coumarins.....	36
II.8.4	Teste des alcaloïdes .....	- 32 -
II.8.5	Teste de l'amidon .....	- 34 -
II.8.6	Teste des saponines .....	- 34 -
II.9	Analyse physico-chimiques des HEs .....	- 35 -
II.9.1	Détermination du rendement en EHs .....	- 35 -
II.9.2	L'indice de réfraction .....	- 35 -
II.9.3	La densité.....	- 36 -
II.9.4	Mesure du pH .....	- 37 -
II.9.5	Mesure la matière sèche et humidité .....	- 38 -
II.9.6	Activité antioxydant .....	- 39 -
II.10	Analyses biologiques des HEs obtenus .....	- 41 -
II.10.1	Matériel biologiques .....	45
II.11	Evaluation activité antibactérienne : .....	47
II.11.1	Isolement des souches:.....	47
II.11.2	Préparation l'inoculum: .....	- 43 -
II.11.3	Origine des souches microbiennes utilisées : .....	48
II.11.4	Technique activités antibactériennes utilisées .....	- 44 -

Chapitre III : résultat et discussion.....	- 45 -
III.1    La cinétique de l'extraction.....	- 45 -
III.2    Le rendement.....	- 47 -
III.3    Détermination de la teneur en eau.....	- 47 -
III.4    Détermination la densité.....	- 48 -
III.5    Détermination de l'indice de réfraction .....	54
III.6    Mesure le pH .....	54
III.7    Propriétés organoleptiques des HEs considérées .....	- 51 -
III.8    Tests phytochimiques .....	57
III.9    Piégeage du radical libre DPPH (2,2-diphényl-1-picryl-hydrazil).....	- 54 -
III.10   Activités antimicrobienne des HEs .....	62
Conclusion générale .....	68
Référence Bibliographie.....	70

## Introduction Générale

*Les plantes ont toujours occupé une place importante dans la vie quotidienne de l'homme. En effet, le royaume végétal regorge de ressources et de bienfaits, permettant à l'homme d'obtenir non seulement sa nourriture, mais aussi des substances actives bénéfiques pour son organisme, souvent touché par des troubles insidieux [1].*

Les plantes médicinales sont utilisées depuis des siècles comme traitements pour diverses maladies humaines en raison de leurs composants aux propriétés thérapeutiques. L'usage des plantes en phytothérapie remonte à longtemps et suscite aujourd'hui un grand intérêt auprès du public. Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), environ 80 % de la population mondiale recourt à la médecine traditionnelle pour répondre à ses besoins en soins de santé primaire, souvent en raison de la pauvreté et du manque d'accès à la médecine moderne [2].

Les huiles essentielles, extraits naturels précieux provenant de plantes, de fleurs, de fruits et d'herbes aromatiques, sont utilisées depuis des millénaires. Des traces de leur utilisation se retrouvent dans des civilisations anciennes telles que l'Égypte, la Grèce et la Chine, où elles étaient employées à des fins médicinales, rituelles et cosmétiques. Ces extraits concentrés sont obtenus par distillation à la vapeur, pression à froid ou extraction chimique des parties odorantes des plantes, et possèdent de nombreuses propriétés bénéfiques pour la santé, le bien-être et la beauté.

De plus, les huiles essentielles sont prisées non seulement pour leurs parfums raffinés, mais aussi pour leurs multiples usages thérapeutiques. Parmi les bienfaits souvent mentionnés, on trouve leur capacité à réduire le stress, à favoriser le sommeil, à atténuer les maux de tête et les douleurs musculaires, à améliorer la digestion, à renforcer le système immunitaire, à assainir l'air et à revitaliser la peau [3].

L'intérêt croissant pour les huiles essentielles a également conduit à des recherches approfondies sur leurs mécanismes d'action et leur efficacité. Des études scientifiques ont mis en lumière les composés bioactifs présents dans ces huiles, révélant leur potentiel d'utilisation

dans la prévention et le traitement de diverses affections. Par exemple, certaines huiles essentielles possèdent des propriétés antimicrobiennes, anti-inflammatoires et analgésiques, ce qui ouvre la voie à des applications cliniques prometteuses.

Il est crucial de souligner que les huiles essentielles doivent être manipulées avec prudence, car elles sont très puissantes et concentrées. Il est essentiel de respecter les dilutions adéquates, de consulter des professionnels de la santé et de connaître les contre-indications pour garantir une utilisation sûre et efficace. Par ailleurs, la sensibilisation du public à l'utilisation appropriée des huiles essentielles est primordiale pour éviter tout risque d'effets indésirables.

Dans le cadre de cette étude, nous avons exploré l'extraction et l'évaluation de la qualité des huiles essentielles dérivées de plantes médicinales. Après avoir sélectionné plusieurs espèces de plantes réputées pour leurs propriétés thérapeutiques, nous avons utilisé des méthodes d'extraction adaptées, telles que la macération et l'extraction par hydrodistillation par Clevenger. Par la suite, nous avons analysé la composition physique des huiles obtenues à l'aide d'analyses effectuées en laboratoire. Enfin, nous avons évalué la qualité des huiles essentielles en termes de pureté, de concentration en composés actifs et de propriétés biologiques, telles que les effets antioxydants et antimicrobiens, afin de déterminer leur potentiel d'application dans les domaines de la santé et du bien-être.

Ce travail est développé en trois chapitres :

Le premier est consacré à une étude bibliographique sur les plantes médicinales, les différents groupes des principes actifs et généralité sur les huiles essentielles et les méthodes d'extraction

Le deuxième chapitre concerne la partie expérimentale qui traite en deux axes :

D'une part dans le premier axe, on trouve les différentes méthodes du travail expérimental ainsi que les matériels utilisés, dont on a réalisé l'extraction et la détermination des composés comme les tanins, alcaloïdes et flavonoïdes.

D'autre part, le deuxième axe, on est intéressé à évaluer le pouvoir de la phytochimie. Les caractéristiques physiques, l'activité antibactérienne et anti oxydant des deux parties d'une plante médicinale (feuilles et fruits) par une seule technique d'Extraction des huiles essentielles.

Dans la troisième partie, on a rapporté les résultats obtenus de l'étude de la phytochimie, les caractéristiques physiques, les propriétés organoleptiques, activité antibactérienne et anti oxydante des différentes parties de plante (feuilles, fruits) suivi par une discussion et on termine avec une conclusion générale.

# Chapitre I :

## Les plantes Médicinales

### I.1 Introduction

L'homme et les plantes coexistent depuis longtemps, ce qui a conduit l'homme à s'habituer à consommer diverses espèces végétales, appréciées pour leurs qualités gustatives, nutritives et médicinales. Cela favorise une meilleure adaptation du corps humain aux traitements à base de plantes par rapport aux traitements chimiques.

Les plantes médicinales regroupent des espèces végétales possédant des propriétés thérapeutiques. Ces traitements naturels par phytothérapie peuvent souvent être plus économiques, plus efficaces et plus sûrs que de nombreux médicaments, présentant moins d'effets secondaires. Les plantes médicinales peuvent inclure des arbres, des buissons, des champignons, des légumes, des racines ou des algues [4].

L'efficacité des plantes médicinales est attribuée à leurs métabolites secondaires ou à leurs principes actifs, tels que les composés phénoliques, les alcaloïdes et les huiles essentielles [5].

### I.2 Définition les plantes médicinales

D'après la définition de la Pharmacopée Française : « Les plantes médicinales sont des substances végétales contenant au moins une partie ayant des propriétés thérapeutiques. Ces plantes peuvent également être utilisées à des fins alimentaires, comme condiments ou pour l'hygiène » [6].

Les plantes médicinales sont des végétaux dont certaines parties, telles que les feuilles ou les écorces, possèdent des propriétés thérapeutiques, mais peuvent également être toxiques selon la dose administrée.

Ces plantes sont employées en phytothérapie pour leurs principes actifs et peuvent être commercialisées en herboristerie ou en pharmacie, avec ou sans ordonnance, selon la législation en vigueur dans le pays [7].

### **I.2.1 L'Origine des plantes médicinales**

On distingue deux origines des plantes médicinales : d'une part, les plantes spontanées dites « sauvages » et d'autre part, les plantes cultivées [8]. Les plantes sauvages étaient les seules utilisées, et aujourd'hui, elles constituent un pourcentage significatif du marché européen. Leur répartition est influencée par le type de sol et, surtout, par le climat [9].

Ce mode de production garantit une quantité suffisante de matière première pour satisfaire les besoins, et les drogues récoltées présentent une homogénéité tant sur le plan de leur apparence que de leur composition chimique [9].

### **I.2.2 Intérêts des plantes médicinales**

La majorité des espèces végétales renferment des substances capables d'influencer l'organisme humain et animal. Elles sont employées tant en médecine traditionnelle qu'en phytothérapie. En effet, elles offrent des bénéfices souvent absents des médicaments [10].

Les plantes médicinales jouent un rôle crucial dans la recherche pharmaceutique et la création de médicaments, tant en tant qu'agents thérapeutiques que comme matières premières pour la synthèse de médicaments ou comme modèles pour les composés actifs en pharmacie [11].

## **I.3 Les formes de préparation des plantes médicinales**

### **I.3.1 Plantes sèches et poudres**

L'utilisation de la plante séchée est facile et économique. On peut la hacher ou la réduire en poudre, ce qui permet de mélanger différentes poudres, mais cette méthode offre une conservation limitée dans le temps. Il est important de les garder dans un récipient hermétique pour les protéger de l'humidité et de l'oxydation. L'amertume et l'odeur peuvent compliquer

l'administration, il est donc possible de les mélanger avec des aliments plus agréables au goût [12].

### **I.3.2 Tisanes**

Une infusion est destinée aux parties délicates de la plante, telles que les feuilles et les fleurs, contrairement à la décoction qui s'applique aux parties plus dures et difficiles à extraire, comme les racines, les rhizomes, les fruits ou les écorces, par exemple. Les tisanes peuvent être élaborées à partir de plusieurs plantes [13].

### **I.3.3 L'infusion**

L'infusion consiste à verser de l'eau bouillante sur les plantes et à laisser reposer pendant 5 à 15 minutes en couvrant bien pour limiter l'évaporation des principes actifs. Il faut ensuite filtrer le mélange. On peut l'administrer à l'aide d'une seringue ou directement dans l'eau à boire [13].



**Figure I-1 : L'infusion [13].**

### **I.3.4 La décoction**

La décoction implique de broyer les parties sélectionnées de la plante, puis d'ajouter de l'eau froide ou bouillante et de porter le mélange à ébullition pendant 5 à 15 minutes. Après avoir laissé refroidir, on filtre la préparation. Elle peut également être administrée dans l'eau potable ou à l'aide d'une seringue [12].



**Figure I-2 : La décoction [13].**

### **I.3.5 La Macération**

Il s'agit de maintenir la plante en contact de l'eau à température ambiante, pendant 30 minutes à 4 heures[13].

### **I.3.6 La Teinture**

La teinture mère est obtenue par la macération de plantes fraîches dans de l'alcool à 60° à 80°, ce qui favorise une bonne conservation des principes actifs. Les teintures sont des infusions de plantes sèches dans de l'alcool à différentes titres[13].

### **I.3.7 L'Extrait**

Les extraits sont réalisés en plaçant la plante dans une solution vaporisable (éther, eau, alcool...) à l'aide de différentes méthodes d'extraction (macération, décoction, infusion), puis en évaporant ces solutions jusqu'à obtenir une texture fluide, molle ou sèche. Ils sont donc classés en fonction de leur consistance (extrait fluide, mou ou sec)[13].

## **I.4 Consommation les plantes Médicinales**

### **I.4.1 Voie Orale**

- **Les gélules et les comprimés** sont élaborés à partir de poudres de plantes, ce qui les rend faciles à administrer. Cependant, les principes actifs y sont présents en

quantités limitées, ce qui n'est pas adapté pour les grands animaux comme les bovins ou les chevaux.

- **Les tisanes** nécessitent l'administration simultanée de grandes quantités d'eau, ce qui entraîne des doses importantes. En médecine vétérinaire, cela peut être envisageable pour les ruminants, mais pour les petits animaux, les tisanes sont rarement utilisées par voie interne, on privilégiera plutôt l'application externe. Les macérations, quant à elles, se donnent en quantités beaucoup plus faibles.
- **Les sirops** renferment un extrait liquide mélangé à une solution sucrée ou à du miel, le sucre rehausse le goût et favorise la conservation.
- **Les aliments médicinaux** peuvent inclure des poudres ou des morceaux de plantes sèches.
- **Les poudres de plantes** peuvent également être incorporées dans les pierres à lécher destinées aux chevaux ou aux ruminants [12].

#### I.4.2 Voie Cutanée

Les **crèmes** et les **lotions** sont des émulsions composées d'une phase aqueuse et d'une phase huileuse. La phase aqueuse peut être une infusion ou un extrait hydro-alcoolique, tandis que la phase huileuse peut être une huile essentielle ou une crème hydratante [12].

- Les **tisanes**, en particulier chez les animaux carnivores domestiques, sont généralement utilisées par voie externe, soit sous forme de lotion, soit appliquées sur une compresse.
- Les **cataplasmes** consistent en des plantes entières ou broyées mélangées à un peu d'eau pour former une pâte à appliquer sur la peau, que ce soit à froid ou à chaud.
- Des **bandages imbibés** d'extraits de plantes peuvent être posés sur la peau en ajoutant des extraits de plantes sur un tissu humide [12].

Il existe plusieurs types des plantes médicinales(voir

Le nom scientifique	Le nom arabe	Partie utilisée	Mode de préparation
---------------------	--------------	-----------------	---------------------

Chapitre I : synthèse bibliographie

Foeniculumvulgare	بسباس	Fruit	Poudre /décoction
Ammodaucuslencotricjus	كمون	Fruit	Infusion/poudre
Carum carvi	كروبه	Fruit	Poudre
Buniumbulbocastanum	ترغودة	Ecorce	Sirop
CariandrumSATIVUM	قصب	Partie aérienne	Infusion
Artemisiaabsinthium	شيبية	Partie aérienne	Infusion
Artemisia herba alba	شايح	feuille	Infusion/macération/décoction
Chamaemelumnobilis	بابونج	fleurs	Infusion
Neriumoleanda	دقلة	feuille	Décoction
Tetraclinisarticulata	عر عار	feuille	Poudre
Cupressus sempervirens	رسرو (عر عار)	Feuille, fruit	Inhalation/décoction/autre
Trigonellafoenumgraecum	حلبية	graine	Poudre /décoction
Cassia angustifolia	سنة مكي	feuille	Infusion
Glycyrrhizafoetida	عرق سوس	Stelon sèche	Infusion
Ocimum basilicum	حبق	Partie aérienne	Infusion
Lavandulaofficinalis	خزامة	feuille	Infusion
Lavandulastoechas	حلحال	feuille	Infusion
Marrubiumvulgare	مريوت	Partie aérienne	Infusion
Menthapiperita	نعناع	Partie aérienne	Infusion

).

**Tableau I-1:** Des différents types des plantes médicinales[14].

Le nom scientifique	Le nom arabe	Partie utilisée	Mode de préparation
Foeniculumvulgare	بسباس	Fruit	Poudre /décoction
Ammodaucuslencotricjus	كمون	Fruit	Infusion/poudre
Carum carvi	كرويه	Fruit	Poudre
Buniumbulbocastanum	ترغودة	Ecorce	Sirop
Cariandrumstativum	قصبير	Partie aérienne	Infusion
Artemisiaabsinthium	شيبية	Partie aérienne	Infusion
Artemisia herba alba	شايح	feuille	Infusion/macération/décoction
Chamaemelumnobilis	بابونج	fleurs	Infusion
Neriumoleanda	دفلة	feuille	Décoction
Tetraclinisarticulata	عر عار	feuille	Poudre
Cupressus sempervirens	رسرو (عر عار)	Feuille, fruit	Inhalation/décoction/autre
Trigonellafoenumgraecum	حلبية	graine	Poudre /décoction
Cassia angustifolia	سنة مكى	feuille	Infusion
Glycyrrhizafoetida	عرق سوس	Stelon sèche	Infusion
Ocimum basilicum	حبق	Partie aérienne	Infusion

Lavandulaofficinalis	خزامة	feuille	Infusion
Lavandulastoechas	حلحال	feuille	Infusion
Marrubiumvulgare	مريوت	Partie aérienne	Infusion
Menthapiperita	نعناع	Partie aérienne	Infusion

## **I.5 Domaine d’application les plantes médicinales**

La pharmacie continue d'utiliser une grande proportion de médicaments d'origine végétale, et la recherche identifie chez les plantes de nouvelles molécules actives ou des matières premières pour la semi-synthèse [15].

### **I.5.1 En alimentation**

En ce qui concerne l'alimentation, on les utilise pour assaisonner les boissons, comme colorants et composés aromatiques [16].

### **I.5.2 En cosmétique**

Dans le domaine de la cosmétique, on les retrouve dans des produits de beauté, des parfums, des articles de toilette et des produits d'hygiène, entre autres[17].

### **I.5.3 En agriculture**

En agriculture, certaines huiles provenant d'arbres comme l'Azadirachtaindica (qui pousse sur le sous-continent indien et peut atteindre 12 à 18 mètres de hauteur) sont utilisées pour contrôler divers insectes et nématodes[18].

## **I.6 Culture et cueillette des plantes médicinales et leurs conservation**

Les avantages de la culture des plantes médicinales sont clairement visibles :

- Les plantes sont accessibles sans avoir besoin de se rendre en forêt et de nuire aux espèces.

- Cela génère des revenus significatifs pour les agriculteurs qui les cultivent.
- Les plantes médicinales sont disponibles de manière prévisible au moment et en quantité souhaités.
- Cela permet de préserver et de protéger les plantes actuellement rares ou menacées d'extinction dans la nature.
- Il est plus facile de contrôler la qualité, la sécurité et la propreté des plantes.

La teneur en principes actifs d'une plante médicinale varie selon l'organe considéré, mais aussi en fonction de l'âge de la plante, de la saison et de l'heure de la journée. Il est donc essentiel de prendre en compte cette grande variabilité pour récolter au moment le plus approprié[19].

La cueillette doit donc toujours tenir compte des variations climatiques et saisonnières. Elle ne doit jamais être effectuée par temps de pluie afin d'éviter les risques de moisissure. Pour évaluer les propriétés d'une plante, il est donc nécessaire de considérer non seulement la partie utilisée, mais aussi sa morphologie, sa couleur, sa nature, sa saveur, sans se limiter à un seul critère[20].

Voici quelques règles pour la récolte des plantes :

- **Feuilles** : La cueillette doit se faire avant la floraison de la plante, en choisissant des feuilles saines, jeunes et bien développées.
- **Herbes** : La récolte se fait dès que la plante commence à fleurir, en prenant des tiges saines, pas trop grosses, avec les fleurs. On coupe les herbes à 15-30 cm de la fleur pour les plantes à tiges hautes.
- **Fleurs** : La cueillette doit intervenir au début de la floraison. Il est important de ne pas presser la fleur lors de la récolte, car c'est une partie très délicate.
- **Fruits** : On récolte les fruits au début de leur maturation.
- **Écorces** : La cueillette se fait au printemps. On réalise deux incisions transversales espacées de 10 à 20 cm, que l'on relie par une incision longitudinale, puis on détache l'écorce à l'aide d'une pointe obtuse en inox.

- **Bois** : La récolte s'effectue au début ou à la fin de la période de végétation, pour les branches plus grosses ou le bois des troncs.
- **Parties souterraines : Rhizomes et racines** : La cueillette se fait à la fin de la période de végétation, en automne (repos d'hiver) ou au printemps (avant le réveil de la plante).

Il est essentiel de faire attention à la récolte des plantes toxiques, qui contiennent des substances à effet rapide nuisible et dangereuses pour la santé, pouvant être mortelles. Il faut veiller à ne pas toucher d'aliments pendant la cueillette, et de préférence, la récolte et même la préparation des plantes toxiques doivent être effectuées séparément et par des cueilleurs expérimentés[21].

### I.6.1 Séchage des plantes médicinales

Le séchage au soleil est la méthode la plus simple et la plus économique, principalement utilisée pour les racines, les tiges, les graines et les fruits. Le séchage à l'ombre est recommandé pour les feuilles et les fleurs, car les feuilles vertes exposées au soleil ont tendance à jaunir, et les pétales de fleurs perdent leur éclat, ce qui peut affecter les propriétés médicinales de ces produits. Les plantes aromatiques ne doivent pas être exposées trop longtemps au soleil afin de préserver leur parfum. La température maximale recommandée pour un bon séchage des plantes aromatiques ou des plantes contenant des huiles essentielles est de 30°C ; pour les autres cas, la température de séchage peut varier de 15 à 70°C[22].



**Figure I-3** : Séchage au four [23].

**Figure I-4**: Séchage des plantes à tiges[23].

## **I.6.2 Conservation des plantes médicinales**

Le but de la conservation est de protéger les plantes des rayons du soleil, de l'humidité, des odeurs fortes, des gaz, de la poussière, des moisissures, des insectes et d'autres facteurs de dégradation [24].

Pour conserver les feuilles ou les fleurs, on utilise des pots en verre ou des boîtes [24]. Pour des quantités plus importantes, on recourt à des sacs en carton ou en toile d'emballage. Il est préférable d'éviter les contenants en plastique [25]. Il est essentiel d'utiliser des étiquettes afin de savoir où se trouve un produit spécifique et dans quel récipient il est stocké[25].



**Figure I-5**: Conservation les plantes [23].

## **I.7 Les principes actifs**

### **I.7.1 Définition de principes actifs**

Les principes actifs sont des molécules présentes dans des plantes ou des préparations phyto-thérapeutiques utilisées pour la fabrication de médicaments. Ils possèdent une action thérapeutique, qu'elle soit curative ou préventive, sur l'homme ou l'animal. La concentration de ces composés dans les plantes est généralement très faible, mais ils constituent des éléments essentiels. Ainsi, il peut être nécessaire de procéder à une extraction afin d'isoler la partie de la plante qui présente un intérêt [26]

### **I.7.2 Les principaux éléments actifs des plantes**

Les propriétés curatives de certaines plantes sont largement reconnues. La camomille allemande, par exemple, est employée depuis des millénaires pour traiter les problèmes digestifs. Cependant, ce n'est que récemment que les composés actifs responsables des effets thérapeutiques des plantes ont été isolés et analysés.

### **I.7.3 Alcaloïdes**

Ce sont des substances azotées naturelles à réaction basique, souvent dérivées d'acides aminés. En général, elles portent le nom de la plante qui les contient [27]. Tous les alcaloïdes exercent une action physiologique forte, qu'elle soit médicamenteuse ou toxique. Très puissants, les alcaloïdes ont conduit à la création de nombreux médicaments [28].

### **I.7.4 Coumarines**

Les coumarines sont des esters internes d'acides complexes. Ce sont des lactones phénoliques présentes dans de nombreuses espèces végétales. Par exemple, les coumarines du marronnier d'Inde ont un effet antihémorroïdaire, tandis que les chromons d'*Angelica archangelica* possèdent une action apéritive [29].

### **I.7.5 Flavonoïdes**

Une réponse efficace dans le monde végétal est représentée par les pigments polyphénoliques, qui contribuent à la coloration des fleurs et des fruits. Leur champ d'action est considérable. Ils jouent un rôle crucial dans le maintien d'une circulation sanguine adéquate et dans la régulation du processus de croissance. Certains flavonoïdes possèdent également des propriétés anti-inflammatoires, antioxydantes, antivirales, antifongiques, antispasmodiques et protectrices pour le foie, comme le chardon-Marie [10].

### **I.7.6 L'amidon**

L'amidon est employé dans la production de comprimés, ainsi que comme ingrédient de base pour les poudres et les pommades [27].

### **I.7.7 Huiles essentielles**

Ce sont des substances végétales aromatiques volatiles obtenues à partir des plantes, représentant l'un des principes actifs les plus significatifs, souvent associées aux résines et aux gommes. Ces composés liquides très complexes contiennent plusieurs éléments, tels que des terpènes et des phénols. Les huiles essentielles possèdent diverses propriétés et contribuent à traiter les rhumes de manière interne, certaines ayant des effets antispasmodiques, comme le basilic. Par exemple, en application externe, elles sont utilisées pour soulager les douleurs rhumatismales. Les huiles essentielles se distinguent des huiles fixes [29].

### **I.7.8 Mucilages végétaux**

Ce sont des polysaccharides présents dans toutes les plantes, qui se dilatent au contact de l'eau et produisent une substance visqueuse semblable à de la gélatine. Ils ont un effet bénéfique sur l'inflammation des muqueuses. Leur digestion est lente, ce qui leur permet de former une couche protectrice sur la paroi gastrique enflammée, aidant ainsi à contrer les effets nocifs de l'acide gastrique et à lutter contre la constipation. Parmi les nombreuses plantes qui contiennent cet actif, on peut mentionner le lin [29].

### **I.7.9 Résines**

Ce sont des substances organiques non volatiles issues de l'écorce et du bois de certaines espèces d'arbres, surtout tropicaux. Les lésions de l'écorce entraînent la production de résine, un liquide épais, visqueux et collant, inflammable et insoluble dans l'eau, de couleur jaune ou brune. Elles possèdent des propriétés désinfectantes et anti-inflammatoires, notamment pour le traitement des inflammations intestinales, comme c'est le cas pour la myrrhe [10].

### **I.7.10 Saponosides**

Le principal composant de nombreuses plantes médicinales possède de fortes propriétés moussantes et constitue un excellent émulsifiant. Sa caractéristique majeure est sa capacité à transformer des matières solides en liquides. Les saponines se déclinent en deux types : les stéroïdes et les triterpénoïdes. La structure chimique des stéroïdes ressemble à celle de nombreuses hormones humaines, tandis que les saponines triterpénoïdes ont une activité hormonale moins prononcée, mais elles présentent généralement des effets expectorants et digestifs, comme la glycyrrhizine présente dans la réglisse [10].

### **I.7.11 Tanins**

De nombreuses plantes contiennent plus ou moins de tanins. Ceux-ci donnent à la plante un goût amer. Les tanins sont des composés poly phénoliques qui rétrécissent les tissus en liant les protéines et en les déposant pour former une couche protectrice. Les plantes riches en tanins sont largement utilisées pour traiter les maladies du système digestif ; utilisées pour la diarrhée, les ulcères et soulager les hémorroïdes, comme la soupe blanche [10].

### **I.7.12 Vitamines, minéraux, fibres et autre**

Les plantes médicinales sont également sources de fibres, de vitamines, et de minéraux et riches en graisses, huiles et cires, ainsi qu'en acides insaturés tels les acides linoléique. Par exemple Citron (*Citrus limon*) contient des doses élevées de vitamine C et le pissenlit (*Taraxacum officinale*), un puissant diurétique, effet dû à sa concentration en potassium [29].

## **I.8 Les huiles essentielles**

### **I.8.1 Définition HE**

Le terme "essentiel" provient du mot "essence", qui désigne l'odeur ou le goût. La saveur et l'arôme caractéristiques de nombreuses plantes sont liés aux propriétés de ces substances[30]. Les huiles essentielles, également connues sous le nom d'essences, sont des mélanges de substances aromatiques générées par diverses plantes. Elles se trouvent sous forme de minuscules gouttelettes dans les feuilles, la peau des fruits, la résine, les branches et le bois. Bien qu'elles soient présentes en petites quantités par rapport à la masse végétale, elles dégagent des odeurs et sont très volatiles, ce qui signifie qu'elles s'évaporent rapidement dans l'air[31].

### **I.8.2 Classification des HE**

On distingue deux types de classification des huiles essentielles (HE) :

- La première classification est basée sur la composition chimique et se divise en :
  - les HE hydrocarbonées, qui sont les plus nombreuses.
  - les HE oxygénées, qui incluent toutes les HE solides.
  - les HE sulfurées, que l'on trouve chez les Liliaceae et les Brassicaceae.
  
- La seconde classification repose sur la couleur de l'huile et comprend quatre catégories :
  - les incolores, qui ne contiennent ni résine ni azulène.
  - les jaunes, qui contiennent des résines.
  - les bleues, qui renferment de l'azulène.
  - les jaune-vert et vert-brun, qui contiennent principalement de l'azulène ainsi que d'autres colorants [32].

### **I.8.3 Localisation des HE**

Les huiles essentielles peuvent être présentes dans divers organes des plantes, notamment les fleurs (comme le bergamotier et la tubéreuse), les feuilles (telles que la citronnelle et l'eucalyptus), et bien que ce soit moins courant, dans les écorces (comme celle du cannelier), le bois (comme le bois de rose), les racines (comme le vétiver), les rhizomes (comme le gingembre), les fruits (comme la badiane) et les graines (comme l'anis et la

muscade)[33]. Ces huiles essentielles se forment dans le cytoplasme des cellules sécrétrices et s'accumulent généralement dans des cellules glandulaires spécialisées, qui se trouvent à la surface de la cellule et sont recouvertes d'une cuticule [34].

#### **I.8.4 La composition chimique des HE**

La composition chimique des huiles essentielles (HE) fluctue en fonction de plusieurs facteurs, tels que l'environnement, le génotype, l'origine géographique, le moment et le lieu de la récolte, la partie de la plante utilisée, l'âge de la plante, ainsi que les conditions de séchage, y compris le lieu, la température et la durée. De plus, les parasites, les virus et les mauvaises herbes peuvent également influencer cette composition [35].

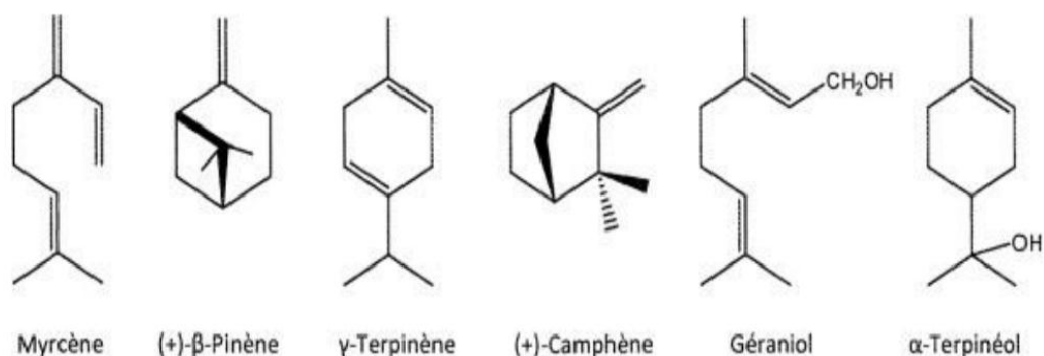
Elles peuvent contenir jusqu'à plusieurs centaines de substances chimiques différentes. Parmi les plus courantes, on trouve les alcools (phénols et sesquiterpénols), les hydrocarbures, les cétones, les aldéhydes terpéniques, les esters, les éthers, les terpènes et les oxydes. Une partie des composants alcooliques et phénoliques peut être estérifiée avec des acides carboxyliques, souvent avec de l'acide acétique. Bien que ces esters soient généralement présents en faible quantité, ils sont souvent ceux qui déterminent la finesse caractéristique de l'odeur d'une huile essentielle [36].

##### **I.8.4.1 Les terpénoïde**

Les terpénoïdes sont des hydrocarbures de type terpénique ( $C_{5H_8}$ ). On ne trouve dans la composition des huiles essentielles que les terpènes les plus volatils, dont la masse moléculaire est relativement faible (monoterpènes et sesquiterpènes)[33].

##### **I.8.4.2 Les monoterpènes C<sub>10</sub>**

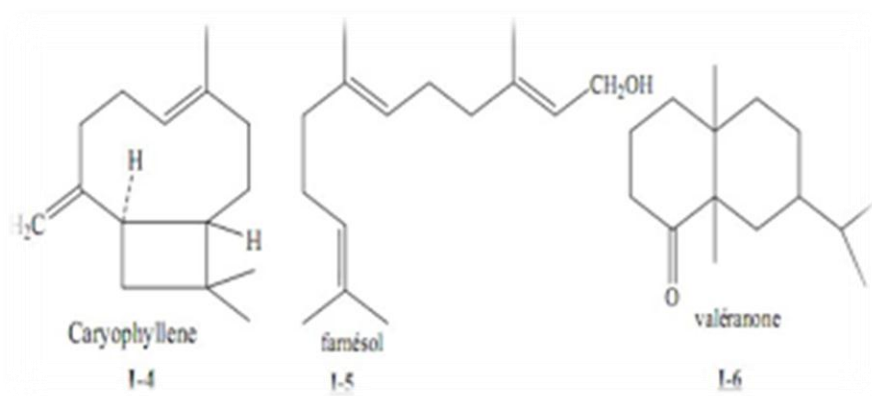
Ce sont des hydrocarbures volatils que l'on trouve dans presque toutes les huiles essentielles : ils peuvent être acycliques (myrcène, ocimène), monocycliques ( $\alpha$ -terpène, p-cymène, etc.) ou bicycliques (pinène, sabinène, camphène, etc.).



**Figure I-6 :** Exemple de structures de mono- terpènes [37].

### I.8.4.3 Les sesquiterpènes C15

Ils se trouvent souvent en petites quantités dans les huiles essentielles, constitués de trois unités isopréniques et ayant la formule moléculaire (C<sub>15</sub>H<sub>24</sub>). Ils jouent un rôle reconnu en tant qu'agents de défense (biocides) contre des organismes extérieurs à la plante.



**Figure I-7 :** Exemples de structures de sesquiterpènes. [38]

#### **I.8.4.4 Les composés aromatiques**

Moins systématiquement que les terpénoïdes, une autre famille chimique est souvent présente parmi les composés volatils. Il s'agit des dérivés du phénylpropane qui suivent une voie biosynthétique distincte de celle des terpènes. Parmi les composés aromatiques les plus courants dans les huiles essentielles, on trouve :

- les aldéhydes cinnamiques, cuminiques et anisiques ;
- les phénols et éthers (thymol, carvacrol, eugénol) ;
- les alcools (linalol).

#### **I.8.4.5 Les Composés d'origines variées**

Des traces de composés acycliques non terpéniques et de faible poids moléculaire peuvent être présentes dans certaines huiles essentielles (alcools, aldéhydes, cétones, etc.).

#### **I.8.5 Propriétés physico-chimiques**

À température ambiante, la plupart des huiles essentielles se présentent sous forme liquide, tandis qu'à basse température, certaines, comme la menthe des champs, peuvent cristalliser.

- Leur volatilité les distingue des « huiles fixes ». Cette caractéristique est liée à leur odeur et permet leur extraction par distillation à la vapeur.
- Elles sont très solubles dans les huiles grasses (qui sont les meilleurs solvants) et se dissolvent également dans l'alcool, les graisses, l'éther et la plupart des solvants organiques, mais ne se mélangent pas avec l'eau.
- Elles sont moins lourdes que l'eau.
- Certaines peuvent être colorées (la majorité étant incolores).
- Elles sont susceptibles de se dégrader, sensibles à l'oxydation, mais ne rancissent pas. Elles ont tendance à se polymériser, formant ainsi des produits résineux. Leur conservation doit se faire à l'abri de la lumière (dans des flacons en verre teinté) et de l'humidité.
- Leur point d'ébullition se situe entre 60 °C et 240 °C.

- Elles ont un indice de réfraction élevé.

### **I.8.6 Le rôle des huiles essentielles dans le monde végétal**

Les huiles essentielles aident les plantes à s'adapter à leur milieu et à garantir leur défense ultime. Elles remplissent plusieurs fonctions écologiques :

Interaction entre les plantes (inhibition de la germination et de la croissance) et interaction entre les plantes et les animaux, pour les protéger contre les prédateurs.

### **I.8.7 Utilisation des huiles essentielles**

Les huiles essentielles (HE) sont employées dans de nombreux domaines tels que la parfumerie, la cosmétologie, l'agro-alimentaire et bien d'autres secteurs. Elles sont également utilisées pour leurs diverses propriétés et effets thérapeutiques.

#### **I.8.7.1 En aromathérapie**

Le terme aromathérapie provient du mot grec "aroma", signifiant odeur, et "thérapie", qui signifie soin. Cette pratique consiste à soigner grâce à des principes odorants. L'aromathérapie fait partie intégrante de la phytothérapie (du grec "phytos", signifiant plante).

#### **I.8.7.2 En industrie agro-alimentaire**

Les huiles essentielles sont utilisées dans l'industrie alimentaire comme agents de conservation naturels, en raison de la présence de composés aux propriétés antimicrobiennes et anti-oxydantes. Elles peuvent également être employées pour rehausser la saveur (arômes raffinés pour le café, le thé, les vins, la pâtisserie, etc.).

#### **I.8.7.3 En industries pharmaceutiques et cosmétiques**

Les huiles essentielles sont intégrées dans la fabrication de produits pharmaceutiques en raison de leurs propriétés thérapeutiques. Elles servent de matières premières pour la synthèse de principes actifs médicamenteux, ainsi que pour la création de parfums, de produits de toilette, de cosmétiques et de savons, grâce à leurs propriétés aromatiques.

## **I.8.8 Activités biologiques des HE**

### **I.8.8.1 Activités anti-oxydante**

Lorsqu'on évoque l'activité anti-oxydante, on distingue deux types selon le niveau de leur action : une activité primaire et une activité préventive (indirecte). Les composés dotés d'une activité primaire interrompent la chaîne autocatalytique de l'oxydation [39]. En revanche, les composés ayant une activité préventive peuvent retarder l'oxydation par des mécanismes indirects, tels que le complexe formé par des ions métalliques ou la réduction de l'oxygène [40].

### **I.8.8.2 Activités antimicrobienne**

Le spectre d'action des huiles essentielles (HE) est très étendu, incluant les moisissures, les levures et les bactéries. En général, elles montrent une activité plus marquée contre les moisissures et les levures que contre les bactéries. De manière générale, les bactéries Gram+ qui n'ont pas de membrane externe sont naturellement moins résistantes que les bactéries Gram- qui en possèdent une. Concernant les huiles essentielles, certaines études indiquent une activité bactériostatique généralement plus efficace sur les Gram+, mais l'efficacité des HE varie également selon l'espèce bactérienne, qu'il s'agisse de bactéries Gram+ ou Gram- [41].

L'activité antimicrobienne des HE dépend principalement de leur composition chimique, en particulier de la nature de leurs principaux composés volatils [42].

## **I.8.9 Conservation des HE**

Pour garantir une conservation optimale des huiles essentielles, plusieurs mesures doivent être prises en compte :

- L'utilisation de flacons en verre de couleur foncée (brun ou ambré), en aluminium ou en acier inoxydable, de petit volume, permet de réduire l'exposition des huiles essentielles à l'oxygène et à la lumière.[43].
- Les flacons doivent être équipés de bouchons vissés et hermétiquement scellés pour éviter l'évaporation. L'ajout de petites billes en verre à la surface de l'huile essentielle diminue l'impact de l'oxydation due à l'air.

- Le stockage doit se faire dans un endroit sec, à l'abri de l'humidité, frais et éloigné de toute source de chaleur, y compris de la lumière, qu'elle soit naturelle ou artificielle. La durée de conservation d'une huile essentielle, si les conditions de stockage appropriées sont respectées, est généralement d'environ 3 ans. Cependant, il est important de noter que les essences d'agrumes sont une exception, ne pouvant être conservées que pendant une période de 6 mois.[44].

### **I.8.10 Etiquette des HE**

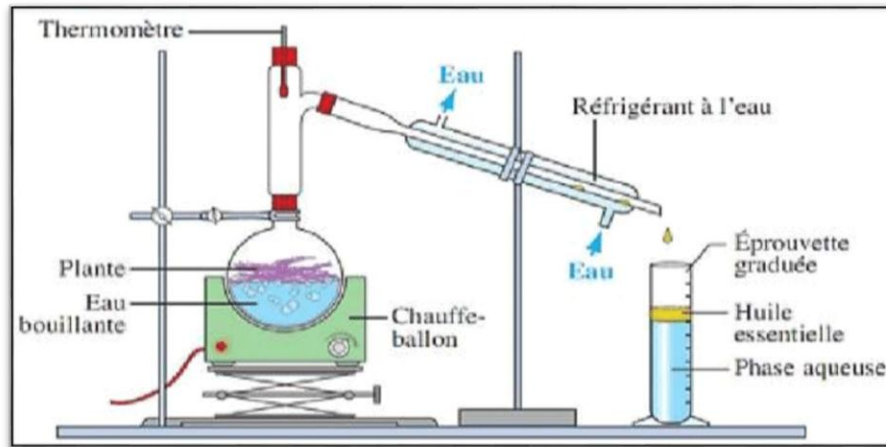
Les informations obligatoires à mentionner sur l'étiquette des huiles essentielles incluent les éléments suivants :

- Le nom scientifique et le nom courant de la plante.
- La partie de la plante utilisée.
- L'origine de la plante ou le lieu de production.
- La méthode d'extraction de l'huile essentielle.
- La variété et le chémotype, si applicable.
- Le numéro de lot, la date de fabrication et la date de péremption.
- Les coordonnées du fournisseur, comprenant son nom, son adresse et son numéro de téléphone[45].

### **I.8.11 Les techniques de extraction les HE**

#### **I.8.11.1 Extraction par hydrodistillation**

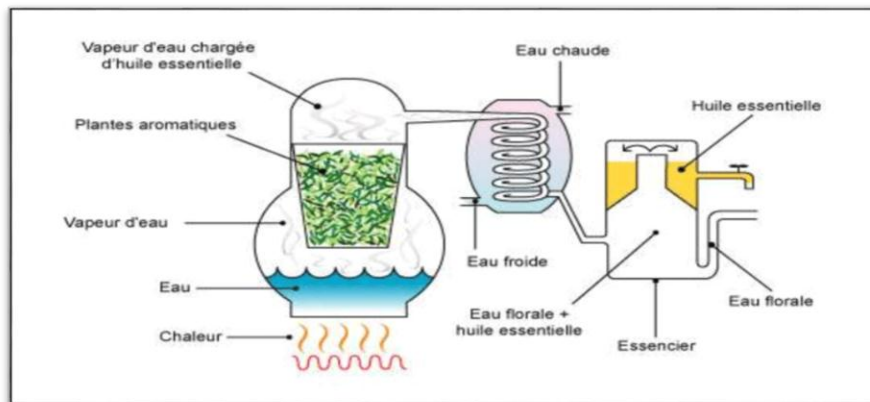
C'est la méthode la plus simple et, de ce fait, l'une des plus anciennes. Le matériau végétal est plongé directement dans un récipient rempli d'eau, placé sur une source de chaleur. L'ensemble est ensuite porté à ébullition. Les vapeurs hétérogènes sont condensées dans un réfrigérant, et l'huile essentielle se sépare de l'hydrolat par une simple différence de densité. L'huile essentielle étant plus légère que l'eau (à quelques rares exceptions près), elle remonte au-dessus de l'hydrolat[46].



**Figure I-8** : Schéma du montage de l'extraction par hydrodistillation[47].

### I.8.11.2 Extraction par entraînement à la vapeur d'eau

Cette méthode utilise la vapeur d'eau produite par une chaudière, qui passe à travers la matière végétale placée au-dessus d'une grille. Cela permet d'endommager la structure des cellules végétales et de libérer les molécules volatiles, formant ainsi un mélange d'eau et d'huile essentielle. Ce mélange est ensuite dirigé vers le Condenseur et l'essencier, où il est séparé en une phase aqueuse et une phase organique, c'est-à-dire l'huile essentielle [48].



**Figure I-9** : de montage de l'extraction par entraînement à la vapeur d'eau [49].

### I.8.11.3 Hydrodiffusion

Elle consiste à diffuser de la vapeur d'eau à travers la masse végétale, de haut en bas. Ainsi, le flux de vapeur qui traverse la biomasse végétale est descendant, contrairement aux techniques classiques de distillation où le flux de vapeur est ascendant[50].

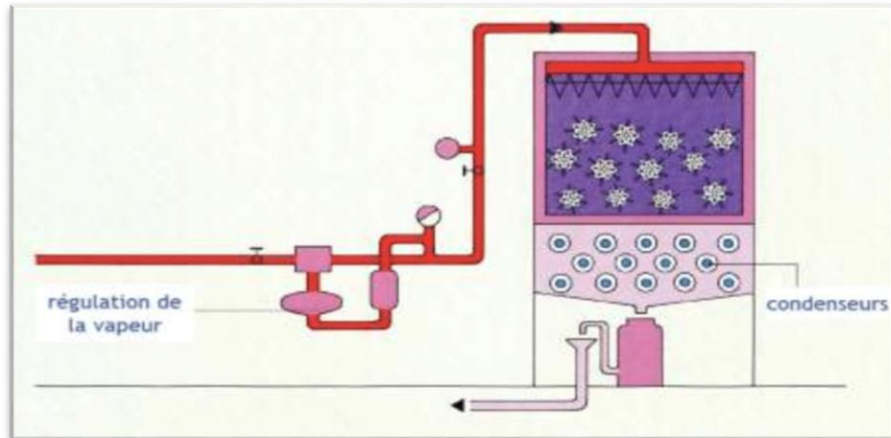


Figure I-10 : Montage d'extraction par Hydrodiffusion[51].

### I.8.11.4 Expression à froid

Cette méthode, qui ne nécessite pas de chauffage, est spécifiquement utilisée pour extraire les zestes des agrumes. Son fonctionnement est mécanique et repose sur la rupture des péricarpes, qui contiennent les essences aromatiques, en faisant passer les agrumes sur des récipients dotés de parois équipées de pointes en métal. L'essence est ensuite libérée par un flux d'eau, puis elle est décantée [52].

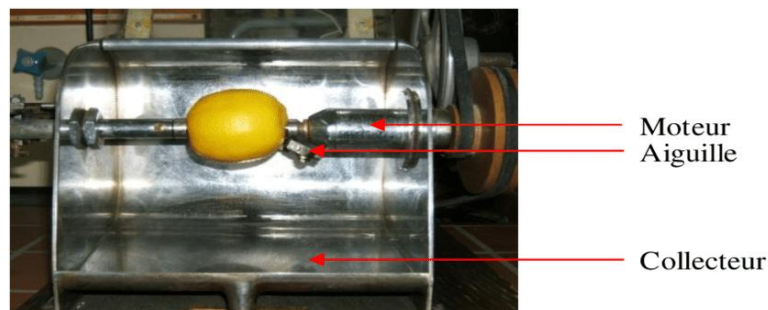


Figure I-11 : Schéma de montage l'expression a froid[53].

### I.8.11.5 L'extraction par solvants

La méthode d'extraction par solvant consiste à introduire dans un extracteur un solvant volatil ainsi que la matière végétale à traiter. Grâce à des lavages successifs, le solvant s'enrichit en molécules aromatiques, avant d'être dirigé vers le concentrateur où il est distillé à pression atmosphérique. Le produit obtenu est appelé « concrète ». Cette concrète peut ensuite être mélangée avec de l'alcool absolu, filtrée et glacée afin d'extraire les cires végétales [54].

L'extraction à l'aide de solvants organiques volatils est encore largement utilisée. Les solvants les plus couramment employés aujourd'hui sont l'hexane, le cyclohexane, l'éthanol, et moins souvent le dichlorométhane et l'acéton.

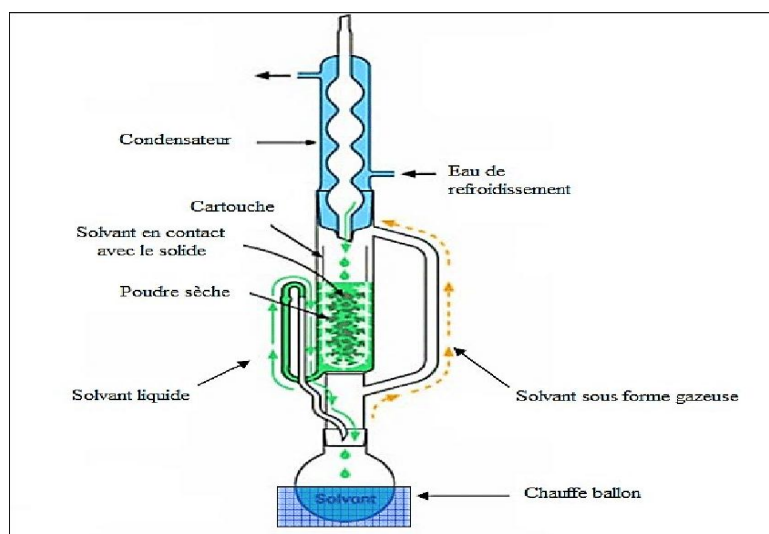
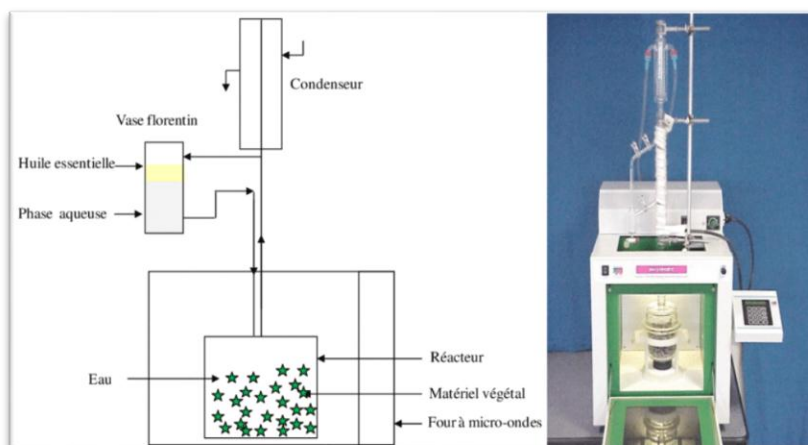


Figure I-12: Schéma de l'extracteur Soxhlet [55].

### I.8.11.6 L'extraction assistée par chauffage micro-ondes

Cette méthode emploie les micro-ondes comme source de chaleur [56].



**Figure I-13:** Montage de l'extraction assistée par chauffage micro-ondes [57].

# Chapitre II :

## Matériel et méthode

### II.1 Introduction

La plupart des espaces végétales qui poussent dans le monde entier possèdent des vertus thérapeutiques, car elles contiennent des principes actifs qui agissent directement sur l'organisme. Il est donc important d'étudier l'efficacité de cette espèce qui appartient à la famille des cupressacées.

### II.2 Object

Le but de notre travail est

- L'extraction des huiles essentielles de la plante médicinale
- étude de quelques analyses physico-chimiques et biologiques de ces huiles
- Screening phytochimique pour la recherche de certains composés actifs de la plante

### II.3 Matériel et méthode

Notre travail a été effectué au laboratoire de recherche Structure, Elaboration et Application des Matériaux Moléculaires **SEA2M** de l'université Abdel Hamid Ibn Badis (Mostaganem).

#### II.3.1 Matériel végétal

Nous avons choisi les feuilles et les fruits d'un arbre pouvant atteindre une hauteur de 30 m. Les feuilles mesurent 0,5 à 1 mm, vert foncé et obtuses. Les cônes (les fruits) mâles mesurent 4 à 8 mm et les cônes femelles mesurent 25 à 40 mm. Ils sont ellipsoïdaux (rarement sphériques), vert lorsqu'ils sont jeunes et gris jaunâtre brillant à maturité.

### **II.3.2 La région et la période de récolte de matériels végétaux**

On récoltées les feuilles et les fruits de l'arbre durant le mois de mars dans la région de SIYADA wilaya de MOSTAGANEM.

### **II.3.3 Conservation les matériels végétaux**

#### **II.3.3.1 Lavage**

La matériel végétal a été lavé par l'eau de robinet pour éliminer les grosses particules (la poussières) présent dans cette plante récoltée, puis rincée à l'aide de l'eau distillée pour éviter la présence des impuretés.

#### **II.3.3.2 Séchage**

Le matériel végétal fraîchement collecté a été séché sur du papier à l'ombre, à température ambiante et dans un endroit sec à l'abri de l'humidité pendant quelques jours jusqu'au moment d'utilisation.



**Figure II-1:** Séchage des feuilles

#### **II.3.3.3 Broyage**

Le broyage a été fait à l'aide d'un mixeur pour diminuer la taille de matière végétale.

## **II.4 Extraction de HEs**

### **II.4.1 Méthode de l'extraction les HE**

L'extraction des HE de la plante médicinale est réalisée par hydro-distillation pendant 2 h et 30 min. l'hydrodistillation des deux partie a été accomplie à l'aide d'un dispositif de type cleveenger (figure II-2).



**Figure II-2:** Photographie du dispositif utilisé pour l'extraction des HE par Clevenger

Dans un ballon de 1L, une quantité de matériel végétal (150 g) est mise en contact direct avec 500 ml d'eau distillée. La vapeur condensée obtenue correspond à une phase organique (huile essentielle) qui est séparée de l'eau aromatique par décantation, comme le montre la figure II-3 suivante:



**Figure II-3:** la séparation des HE par décantation.

## II.5 La cinétique des HE

La cinétique d'extraction de l'huile essentielle à partir des feuilles et des fruits de la plante médicinale est basée sur le contrôle du volume (ml) de l'extrait par rapport au temps (min). Cela permet de déterminer le temps maximal ( $t_{max}$ ) nécessaire pour extraire une quantité maximale d'huile.

## II.6 Conservation des EH

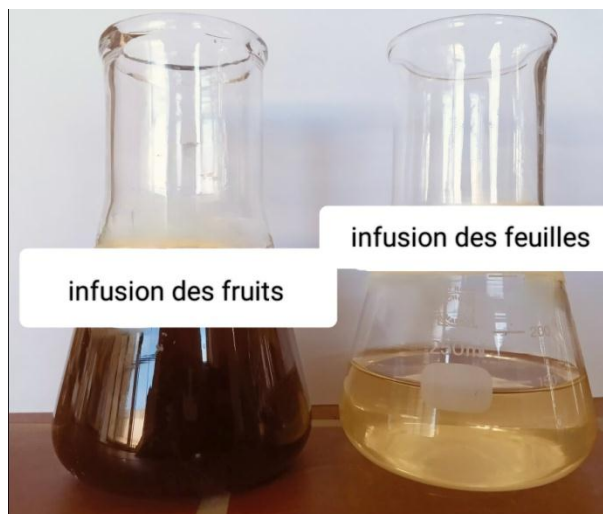
La plupart des molécules constitutives des huiles essentielles sont insaturées, ce qui les rend instables et sensibles à l'altération. L'huile essentielle extraite de la plante médicinale a donc été conservée à une température voisine de 4° à 6 °C, dans des tubes en verre fermés et couverts de papier aluminium pour la préserver de l'air et de la lumière.

## II.7 Préparation d'extrait aqueux

### II.7.1 Préparation par l'infusion

Une quantité de 10 g de feuilles ou de fruits de la plante médicinale est mise en contact avec 100 ml d'eau distillée chaude dans un récipient couvert. Laissez tremper pendant 5 à 10 minutes, puis filtrez le mélange.

Après l'extraction des huiles essentielles de la plante (fruits) médicinale par hydrodistillation, laissez le mélange refroidir, puis filtrez à nouveau et utilisez le distillat.



**Figure II-4:** les deux types d'infusion préparés

L'extrait aqueux obtenu après la filtration des deux solutions a été soumis aux tests suivants :

## II.8 Criblage (Screening) phytochimique

Dans le but de vérifier la présence ou l'absence de certains composants phytochimiques, nous avons réalisé quelques tests classiques en utilisant des réactifs chimiques spécifiques.

### II.8.1 Teste des flavonoïdes

1 ml d'extrait est mélangé à 1 ml d'acide chlorhydrique concentré, accompagné de 3 ou 4 copeaux de magnésium. L'apparition d'une coloration rouge, orange ou rose indique la présence de flavonoïdes [58].

### II.8.2 Teste des tanins

2ml d'extrait plus 2 à 3 gouttes de  $\text{FeCl}_3$  (1%) sont incubés pendant 15 min à  $50^\circ\text{C}$ , leur présence est indiquée par une coloration verdâtre ou bleu-noir[58].

### II.8.3 Teste des coumarins

5 ml de l'extrait est évaporé à sec, le résidu est dissout dans l'eau chaude (2 ml) ensuite le mélange est partagé en deux parties égales. La première représente un témoin, la deuxième est traitée avec 0,5 ml  $\text{NH}_4\text{OH}$  à 10%. Une goutte de chaque tube est prélevée puis déposée sur le papier filtre. Examiner sous la lumière UV. L'observation d'une fluorescence confirmer la présence de coumarines[58].

### II.8.4 Teste des alcaloïdes

Deux réactifs sont utilisés : le réactif de Mayer et le réactif de Wagner, qui sont préparés comme suit :

- **Réactif de Mayer** : 0,5 g de KI et 0,1358 g de  $\text{HgCl}_2$  solubilisés dans 100 ml d'eau distillée.
  
- **Réactif de Wagner** : 0,2 g de KI et 0,127 g d' $\text{I}_2$  solubilisés dans 100 ml d'eau distillée.



**Figure II-5:** réactif de Mayer et de Wagner

- **Sur l'extrait éthanolique**

0,5g de plante (fruit) dans un erlenmeyer de 250 ml, ajouter 10 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dilué au 1/10 (10 ml). Agitation et macération pendant 24 h à la température ambiante du laboratoire. (Voir figure II-6)



**Figure II-6:** L'extrait éthanolique

Après la filtration, l'extrait a été lavé à l'eau distillée pour obtenir environ 10 ml de filtrat. Ensuite, nous avons ajouté 1 ml de filtrat et 5 gouttes du réactif de Mayer. Si un précipité blanc-jaunâtre apparaît, cela indique la présence d'alcaloïdes.

Après cela, nous avons ajouté 1 ml de filtrat et 5 gouttes du réactif de Wagner. Si un précipité brun apparaît, cela indique également la présence d'alcaloïdes [59].

### **II.8.5 Teste de l'amidon**

L'amidon est caractérisé par un réactif spécifique connu sous le nom de réactif d'amidon. Ce dernier a été préparé comme suit :

- ❖ Dissoudre 1,2 g d'iode dans 50 ml d'eau distillée contenant 2,5 g d'iodure de potassium.
- ❖ Chauffer pendant 5 minutes, puis diluer jusqu'à 500 ml.

La détection de l'amidon s'effectue comme suit :

Chauffer 5 ml de l'extrait aqueux avec 10 ml d'une solution de NaCl saturée dans un bain-marie jusqu'à ébullition. Ajouter ensuite le réactif d'amidon. Un test positif est révélé par l'apparition d'une coloration bleue violacée [60].

### **II.8.6 Teste des saponines**

On ajoute 10ml d'extrait aqueux, puis introduit dans tube à essai. Le tube est agité vigoureusement, la formation d'une mousse (hauteur supérieure de 1cm) stable et persistante pendant 15min, indique la présence de saponines.[61]

- Pas de mousse = test négatif
- Mousse moins de 1 cm = test faiblement positif
- Mousse de 1-2 cm = test positif
- Mousse plus de 2 cm = test très positif



**Figure II-7:** test de saponines

## **II.9 Analyse physico-chimiques des HE**

Comme les propriétés organoleptiques ne fournissent que des informations très limitées sur ces essences, il est nécessaire de recourir à d'autres techniques de caractérisation plus précises.

### **II.9.1 Détermination du rendement en HE**

Le rendement en huile essentielle est le rapport entre le poids de l'huile essentielle extraite et le poids de la matière sèche de la plante, il est exprimé en pourcentage et est calculé par la formule suivante : [62]

$$\mathbf{REH = [m_{EH} / m_v] \times 100}$$

$R_{EH}$  : Rendement en huile en %

$m_{EH}$  : Poids de l'huile en (g)

$m_v$  : Poids de la matière sèche de la plante en (g)

### **II.9.2 L'indice de réfraction**

L'indice de réfraction d'une matière est une grandeur qui caractérise le pouvoir de cette matière à ralentir et dévier la lumière. L'indice de réfraction d'une matière est mesuré par un réfractomètre [63]. Le réfractomètre c'est un instrument optique servant à déterminer l'indice de réfraction d'une substance, c'est-à-dire la mesure dans laquelle la lumière est déviée en traversant la substance.



**Figure II-8:** Le réfractomètre

### **Mode opératoire**

- ✓ Ouvrir le prisme secondaire puis déposer 2 ou 3 gouttes de l'HE sur la partie centrale ou prisme principale.
- ✓ Fermer doucement le prisme secondaire. L'échantillon s'étale entre le prisme principal et le prisme secondaire en un film mince.
- ✓ Attendre que la température soit stable pour effectuer la mesure. La valeur de mesure pour un échantillon liquide étant modifiée suivant le changement de température.
- ✓ Lire l'indicateur de température pour connaître le degré de mesure réelle, et le joindre sans faute à la valeur mesurée.

### **II.9.3 La densité**

On pèse une certaine quantité de l'huile étudiée à l'aide d'un pycnomètre, puis on calcule la densité par la formule suivante:

$$d_0 = \frac{m_1 - m_0}{m_2 - m_0}$$

$m_0$ : poids du pycnomètre

$m_1$ : poids du pycnomètre rempli d'HE.

$m_2$ : poids du pycnomètre rempli d'eau distillée.

$d_0$ : Densité à température ambiante

$$d_{20} = d_0 + (\theta - 20)0.00068$$

$\theta$  : Température ambiante.

$d_{20}$ : Densité à 20°C

0.00068: la variation de la densité quand la température varie de 1°C [64].

## II.9.4 Mesure du pH

LepH est l'abréviation de potentiel d'hydrogène et mesure l'activité chimique des ions hydrogènes(H) (appelés aussi couramment protons) en solution.

Plus couramment, le pH mesure l'acidité ou la basicité d'une solution. Il s'agit d'un coefficient permettant de savoir si une solution est acide, basique ou neutre[65].

### ➤ Mode opératoire

Mettre quelques gouttes d'HE sur un bout de papier pH :

Après le changement de la couleur du papier, comparer avec une gamme de couleurs qui varient selon le pH.



**Figure II-9** : La gamme de couleur selon le pH

### II.9.5 Mesure la matière sèche et humidité

Mesure La matière sèche est déterminée selon la norme NFB51-004 à partir d'une masse E de matière végétale introduite dans un creuset taré, puis séché dans une étuve à 105 °C jusqu'à poids constant.

Après refroidissement le creuset est pesé. Le taux de matière sèche (MS%) est:

$$MS(\%)= S/E \times 100$$

**S:** Masse du creuset taré après dessiccation

**E:** Masse de la matière végétale

à partir du pourcentage de la matière sèche on peut calculer l'humidité en pourcentages H(%):

$$H(\%)=100\%-MS\%$$

**MS%:** du pourcentage de la matière sèche



**Figure II-10:** La plante avant et après le séchage

## II.9.6 Activité antioxydant

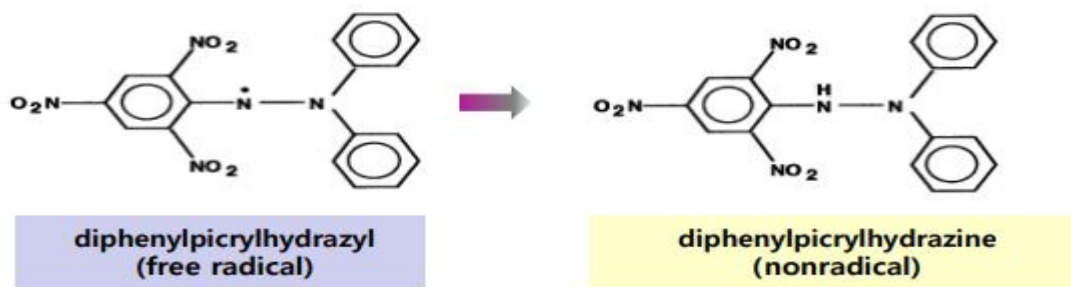
### II.9.6.1 Test au DPPH

La technique au DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl) est largement employée pour évaluer l'activité anti-oxydante. Elle est rapide et facile à mettre en œuvre comparée à d'autres méthodes. Elle s'effectue à température ambiante ce qui permet de préserver les molécules testées de l'éventuelle dégradation thermique.

La délocalisation d'un électron autour de la molécule de DPPH. Qui est un radical stable, est responsable de sa couleur violette foncée, en présence d'une substance anti-oxydante et après libération d'un proton ou d'un électron(**figure II-11**), et lorsque un antioxydant réagit avec le radical DPPH', ce dernier est converti en DPPH. Alors on obtient une couleur jaune. L'effet antioxydant est évalué en observant une diminution de l'absorption à 515nm [66].



**Figure II-11:** test DPPH



**Figure II-12:** Mécanisme réactionnel intervenant lors du test DPPH entre l'espèce radicalaire DPPH et un anti-oxydant[67].

### II.9.6.2 Préparation de solution de DPPH

La solution de DPPH est obtenue en dissolvant 4 mg de la poudre (0.004%) dans 100 ml de l'éthanol (EtOH). Le test de DPPH a été réalisé par suivant la méthode décrite par [68] [69].

### II.9.6.3 Préparation les échantillons des HE

Les échantillons des huiles essentielles ont été préparés par dissolution dans l'éthanol (EtOH) à raison de 20 µg/2ml. Ces solutions, dites solutions mères, ont subis ensuite des dilutions. Pour avoir les concentrations suivantes: 1,25 ;2,5 ;5 ;10 ; 20 et 40 µg/ml. Le test s'effectue en mélangeant 4 ml de la solution précédente de DPPH avec 1 ml de l'huile à tester à différentes concentrations. L'antioxydant de référence ou le contrôle positif (l'acide ascorbique) La mesure de la variation de l'absorbance a été faite 30 min après l'introduction des cuves dans le spectrophotomètre et l'absorbance a été lue à 517nm. Les valeurs obtenues sont transformées ensuite en pourcentages d'inhibition en utilisant la formule suivante [69][70]:

$$I\% = 100 \times (A_{\text{Témoin}} - A_{\text{test}}) \div A_{\text{Témoin}}$$

Les concentrations des extraits en fonction des pourcentages du DPPH inhibés, ont été tracées.

à la fin de la réaction afin d'obtenir l'index IC50. Ce paramètre est défini comme la concentration d'antioxydant requise pour diminuer la concentration du DPPH initiale de 50%. Une gamme étalon a été réalisée en utilisant 0.0176g acide ascorbique à différentes concentrations (0.2; 0.25 ;0.33 ;0.5 ;0.66 ; 0.75g/ml).

## **II.10 Analyses biologiques des HE (Activité antimicrobienne)**

Pour avoir l'antibactérienne des huiles essentielles obtenus on a fait une analyse biologique appelée activité antibactérienne.

### **II.10.1 Matériel biologiques**

#### **II.10.1.1 Milieux de culture utilisés**

Les milieux de culture utilisés dans cette étude, sont:

- ✓ Gélose Nutritive pour la conservation des souches bactériennes.
  - ✓ Bouillon Nutritif pour l'enrichissement de l'inoculum.
  - ✓ Gélose de Mueller Hinton pour l'étude de la sensibilité des souches bactériennes aux différents extraits.
- **Milieu Mueller Hinton**

Le Muller Hinton pour l'étude de la sensibilité des bactéries à l'extrait (Sabouraud + Gentamycine) et Extrait de Malt pour l'isolement et l'entretien des champignons et l'étude de leurs sensibilités à l'extrait.



**Figure II-13:** Milieu Mueller Hinton

✓ **Les compositions de milieu Mueller Hinton :**

Infusion de viande de bœuf...300ml

Peptone de caséine ...17.5g

Amidon de maïs...1.5g

Agar...17g

pH final=7.41

✓ **Milieu de bouillon nutritif :**

Le bouillon nutritif constitue un milieu d'utilisation générale pour un grand nombre de microorganismes ne présentant pas d'exigences particulières [71].

✓ **Préparation de bouillon nutritif**

Mettre en solution 20,0 g de milieu déshydraté dans 1 litre d'eau distillée ou déminéralisée.

Agiter lentement jusqu'à dissolution complète.

Répartir en tubes ou en flacons.

Stériliser à l'autoclave à 121°C pendant 15 minutes [71].

✓ **Les compositions de milieu nutritif**

Pour 1 litre de milieu:

- Tryptone.... 10,0 g

- Extrait de viande....5,0 g

-chlorure de sodium.... 5.0 g [71].

**II.10.1.2 Les boîtes pétris :**

Des boîtes de Pétri en polystyrène transparent de haute qualité pour la culture de microorganismes. Leur grande stabilité permet leur utilisation dans les automates de versement pour plaque et leur empilage facile.

### **II.10.1.3 Les microplaques**

Des microplaques en polystyrène transparent à 96 puits, à surface traitée pour la culture cellulaire. Stérilisée pour aux rayons gamma.

## **II.11 Evaluation activité antibactérienne :**

### **II.11.1 Isolement des souches:**

Chaque souche a été ré-isolée sur son milieu de culture spécifique, repiquée sur un milieu de conservation, et incubée à 37°C pendant 24 heures. L'évaluation de l'activité antimicrobienne de l'extrait s'est faite selon la méthode de diffusion sur disques de papier filtre et la méthode de diffusion en puits (**la méthode de Barefoot et kaenhammer**).

### **II.11.2 Préparation l'inoculum:**

L'inoculum a été préparé en transférant 10 µl de culture conservé a 10 ml de bouillon nutritif de chaque bactérie pathogène testé et incubée 37° C pendant 24h. Puis ajuster la Densité optique entre 0,080 à 0.1 avec un spectrophotomètre a la longueur d'onde de 600nm qui correspond à 107ufc/ml [72].

### **II.11.3 Origine des souches microbiennes utilisées :**

Dans notre travail nous avons utilisé les souches pathogène ça veut dire capable de provoquer des maladies chez l'homme ou les animaux, le tableau 5 indique la nature et l'origine des souches utilisées.

**Tableau II-1:** les souches utilisées et leurs références[73].

<b>Les souches</b>	<b>Références</b>
Escherichia coli	ATCC25922
Pseudomonas aeruginosa	ATCC278553
Bacillus cereus	ATCC10876
Condidaalbicans	ATCC10231

## **II.11.4 Technique activités antibactériennes utilisées**

### **➤ Technique de disque**

#### **• Principe général**

Pour réaliser l'antibiogramme par la méthode des disques, la culture bactérienne est ensemencée à la surface d'une gélose spécialement étudiée, la gélose de Mueller-Hinton, éventuellement additionnée de sang. Des disques pré-imprégnés d'une dose connue d'antibiotique sont déposés à la surface de la gélose. L'antibiotique diffuse à partir du disque en créant un gradient de concentration. La détermination du diamètre de la zone d'inhibition permet une estimation de la concentration minimale inhibitrice. Les caractères de sensibilité ou de résistance des souches bactériennes seront déduits.

#### **➤ Les étapes de la méthode**

1. Préparation des concertations des souches bactériennes.
2. chaque souche est ensemencéepar inondation les boites pétris.
3. Ajouter le milieu Mueller Hinton tiède dans les boites.
4. Imbibé le disque dans l'huile.
5. Mettre le disque sur la surface de milieu.
6. Mettre les boites pétris dans étuve à 37°C pendant 24h.

## Chapitre III :

### Résultat et discussion

#### III.1 La cinétique de l'extraction

La cinétique d'extraction de l'huile essentielle à partir des fruits et feuilles par hydrodistillation sur un appareil de type, est représenté sur les (figures III-1- III-2).

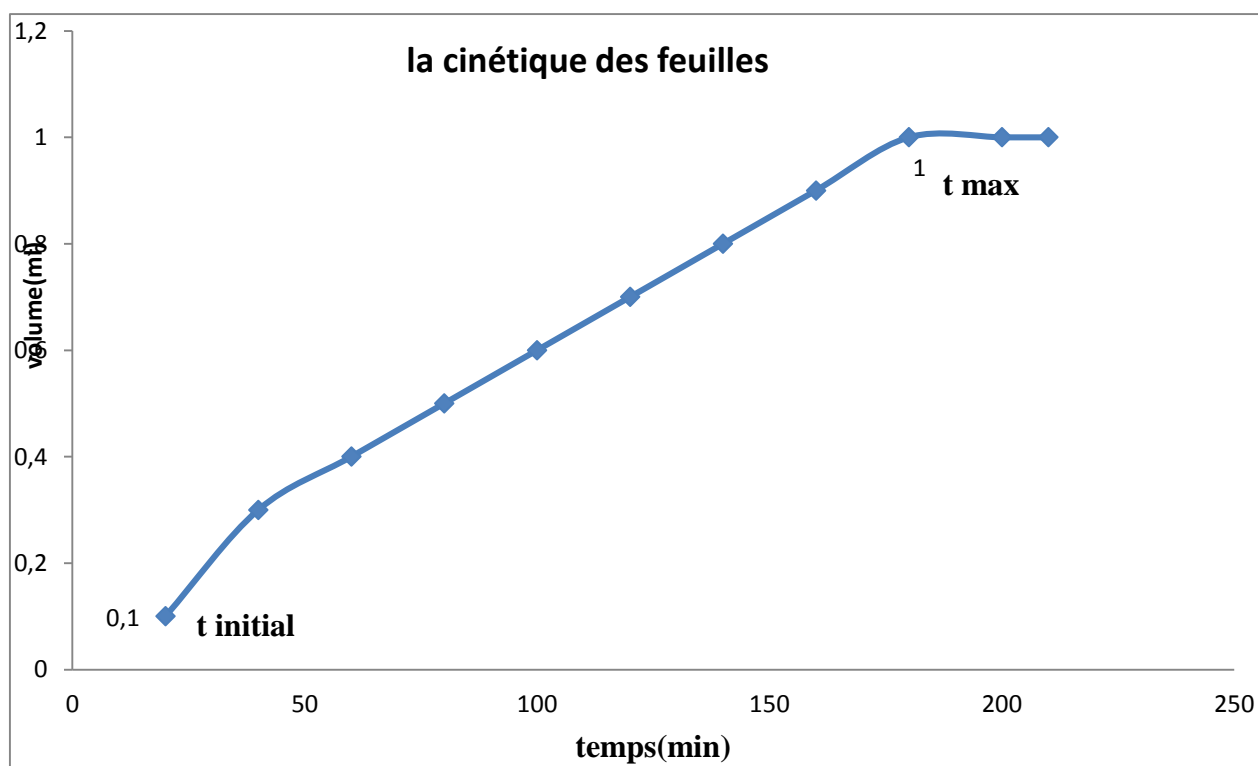
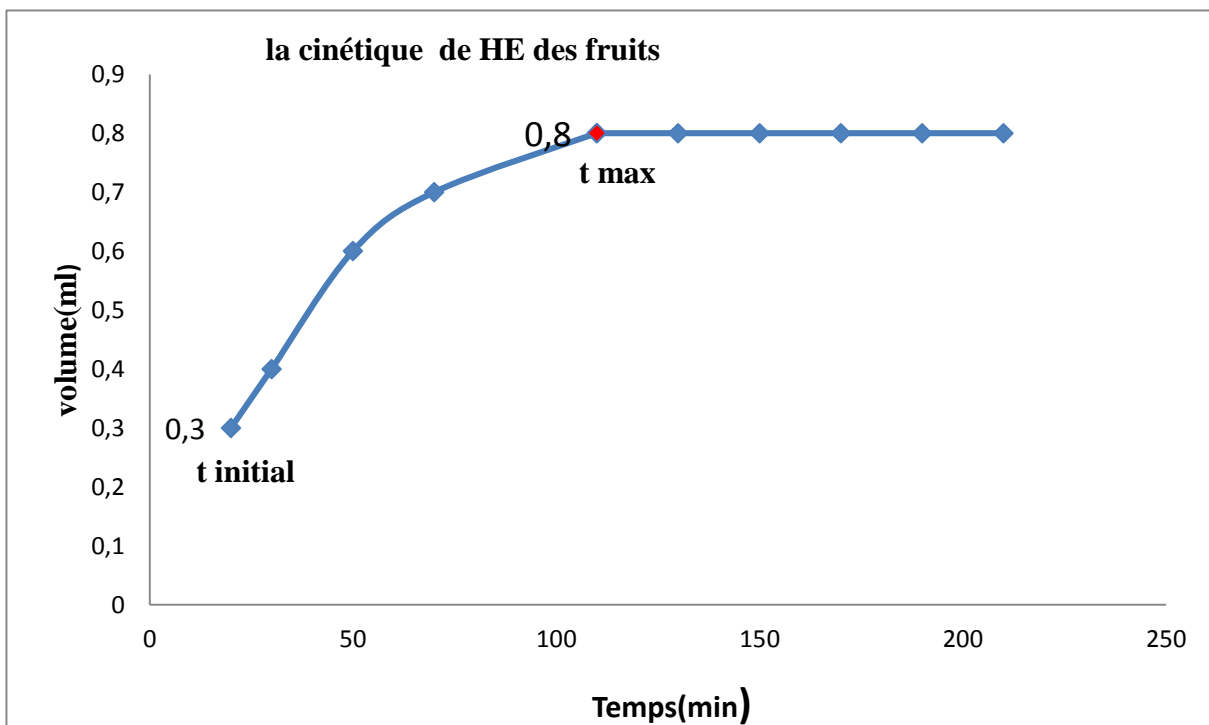


Figure III-1: la cinétique d'extraction (feuilles)

Après plusieurs essais, la cinétique d'extraction les feuilles de la plante par clevenger représente sur (**figureIII-1**) .Cela nous permis de définir le temps nécessaire à la formation des premières gouttes d'huile essentielle en 20 minutes, et le temps nécessaire pour extraire le maximum à 180 minutes.

**b) La cinétique d'extraction les fruits**



**Figure III-2:** La cinétique d'extraction (fruits)

Après plusieurs essais, la cinétique d'extraction les feuilles de la plante par clevenger représente sur (**figureIII-2**) .Cela nous permis de définir le temps nécessaire à la formation des premières gouttes d'huile essentielle en 20 minutes, et le temps nécessaire pour extraire le maximum à 110minutes.

### III.2 Le rendement

Tableau (III-1) donne les rendements moyens d'huile essentielle (HE) pour des quantités 200g de matière végétal de fruits, feuilles et fruits broyée.

**Tableau III-1** : les rendements des huiles essentielles

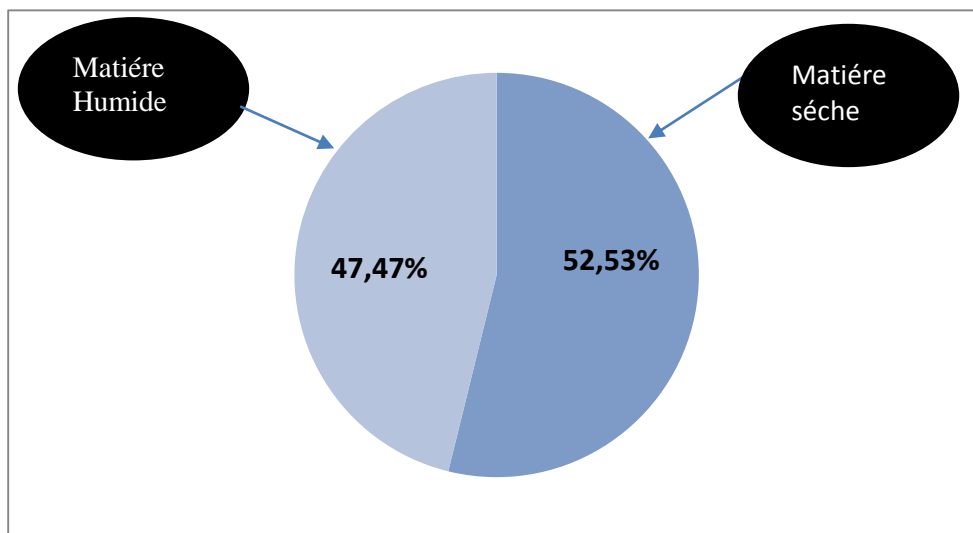
HE	Fruits	Feuilles	Fruits brouillée
Rendement	0.4%	0.5%	0%

Les résultats obtenue(**tableau III-1**) montre que les feuilles de la plante donnent un rendement légèrement supérieur à celui les fruits(les cônes) et le rendement des fruits brouillés est nul, cela indique que les feuilles contiennent plus de composés volatils (ou huiles essentielles) que les fruits.

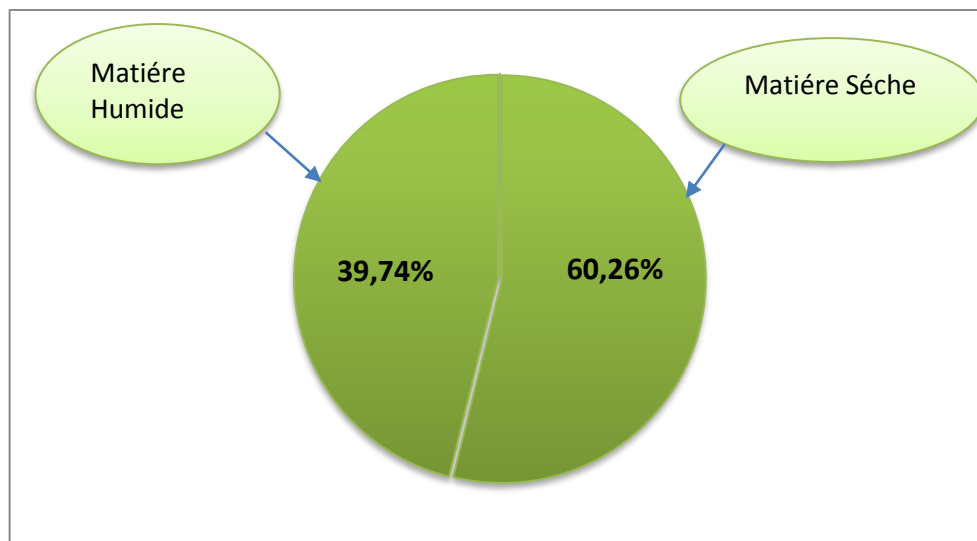
Ces différences peuvent dépendre de la nature chimique des parties de la plante, et leur taux humidité, ou encore des conditions d'extraction.

### III.3 Détermination de la teneur en eau

Les figures (III-3, III-4) représentent la teneur en eau de feuilles et fruits respectivement.



**Figure III-3** : Taux d'humidité des feuilles



**Figure III-4:** Taux d'humidité des fruits

Les deux parties de la plante sont riches en eau, la mesure de la quantité d'humidité de nos échantillons (feuilles, fruits) ont révélé un taux de 39,74%, 47,47% successivement cela signifié que presque la moitié du poids de la plante fraîche est constituée d'eau.

### **III.4 Détermination la densité**

La détermination de la densité d'une huile essentielle nous renseigne sur sa pureté. Elle est en fonction de la composition chimique des huiles. Les résultats sont représentés dans le tableau III-2.

**Tableau III-2 :** la densité des huiles essentielles

<b>HE</b>	<b>Feuilles</b>	<b>Fruits</b>	<b>Fruits brouillés</b>
<b>La densité</b>	0.880	0.876	/

### III.5 Détermination de l'indice de réfraction

L'indice de réfraction d'HE de la plante (fruits, feuilles et fruits bouillés) est consigné dans le Tableau III-3. D'après les résultats obtenus, nous remarquons que l'indice de réfraction des huiles essentielles en accord avec ceux mentionnés par les normes AFNOR [74]. Selon [75] l'indice de réfraction renseigne sur la qualité de l'HE, il varie avec la teneur en monoterpènes et en dérivés oxygénés, une forte teneur en monoterpènes donnerait un indice élevé. Pour certains auteurs [74], le faible indice de réfraction de l'HE indique sa faible réfraction de la lumière ce qui pourrait favoriser son utilisation dans les produits cosmétiques. Donc notre HE est de bonne qualité.

**Tableau III-3:** L'indice de réfraction des huiles essentielles

Les huiles essentielles	Fruits	Feuilles	Fruits bouillés	AFNOR [76]
L'indice de réfraction	1.471	1.476	-	1.468-1.478

L'indice de réfraction de nos huiles essentielles est de 1.471 à 1.476. Il est normatif selon les AFNOR-ISO 3140.

### III.6 Mesure le pH

pH l'abréviation de potentiel d'hydrogène mesure l'activité chimique des ions hydrogènes (H<sup>+</sup>) (appelés aussi couramment protons) en solution. Cette mesure a été effectuée à l'aide d'un pH papier (figure III-5).



**Figure III-5:** Mesure le pH

Les résultats sont représentés sur le (tableau III-4) :

**Tableau III-4 :** le pH des huiles essentielles

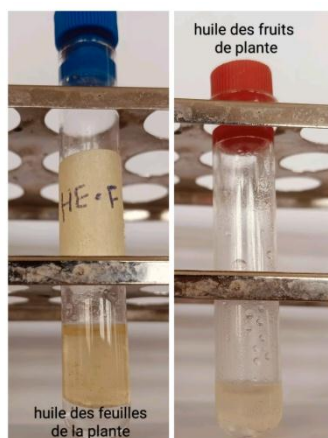
<b>La plante</b>	<b>feuilles</b>	<b>fruits</b>	<b>Fruits brouillés</b>
<b>pH</b>	6	5	-

D'après les résultats obtenus (**tableau III-4**), nous remarquons que les valeurs de pH des huiles essentielles sont normatives(5-6) selon les AFNOR-ISO 3140. Ce pH légèrement acide est favorable, car il favorise la stabilité des composés actifs présents dans les huiles essentielles, tout en minimisant le risque de dégradation. De plus, un pH approprié peut améliorer l'efficacité antimicrobienne, car de nombreux agents pathogènes prolifèrent moins bien dans des conditions acides. Ces résultats indiquent non seulement la conformité des huiles essentielles aux normes établies, mais aussi leur potentiel d'utilisation dans divers contextes, notamment en cosmétique et en phytothérapie.

### III.7 Propriétés organoleptiques des HE considérées

Les propriétés organoleptiques et physico-chimiques constituent un moyen de vérification et de contrôle de la qualité de l'HE. Nos essais ont été effectués selon un protocole précis obéissant aux normes éditées par ISO.

A l'issue des extractions par hydrodistillation à l'aide de dispositif de Clevenger, l'HE obtenue est de couleur jaune pâle pour les fruits et jaune pour les feuilles (**figure III-6**) avec une odeur boisée.



**Figure III-6** : la couleur des deux huiles  
(feuilles, fruits)

Les paramètres organoleptiques de notre HE sont en accord avec ceux répertoriés dans les normes AFNOR (**voir Tableau III-5**).

**Tableau III-5** : Propriétés organoleptiques de l'HE de matériel végétal[77].

<b>L'huile essentielle</b>	<b>Fruits</b>	<b>Feuilles</b>	<b>Fruits brouillés</b>	<b>AFNOR [77]</b>
<b>Aspect</b>	Liquide, mobile et limpide	Liquide, mobile et limpide	-	Liquide, mobile et limpide
<b>Couleur</b>	Jaune pale	jaune	-	Jaune très pale a jaune orangé
<b>Odeur</b>	Boisée	Boisée	-	Boisée, ambrée et térébenthine

### **III.8 Tests phytochimiques**

Les résultats des tests phytochimiques des feuilles et fruits sont représentés sur (le tableau III-6)

**Tableau III-6:**Résultats phytochimiques de l'extrait des plante (feuilles, fruits).

<b>Extraits aqueux</b> <b>famille chimique</b>	<b>fruits</b>	<b>Feuilles</b>
<b>Amidon</b>	–	–
<b>Tannins</b>	+	+
<b>saponosides</b>	+	+
<b>flavonoides</b>	–	+
<b>Les tannins galliques</b>	–	+
<b>Les tanins cathechique</b>	+	–
<b>Alcaloides(extrait éthanolique)</b>	+	/

Les résultats sont interprétés comme suit :

- (+) présence
- (++) présence moyenne
- (+++) présence fort
- (-) absence



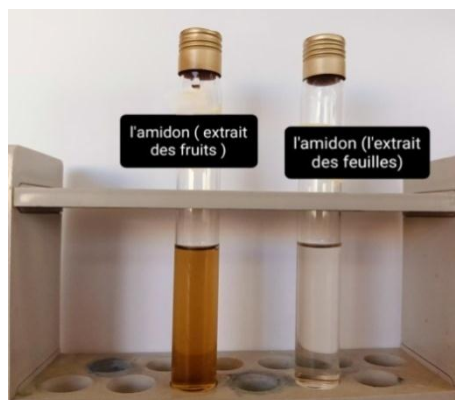
**Figure III-7:** Tests des tanins et flavonoïdes sur l'extrait (fruits)



**Figure III-8:** Tests des tanins et flavonoïdes sur l'extrait (feuilles)



**Figure III-9:** Tests des alcaloïdes (réactif de Mayer et Wagner) sur l'extrait éthanolique (fruits)



**Figure III-10:** test de l'amidon

L'analyse phytochimique des extraits de fruits et de feuilles d'une plante révèle des différences notables dans leur composition. Les deux extraits présentent la présence des tanins, des saponosides et des alcaloïdes, indiquant une activité biologique potentiellement intéressante, notamment des propriétés antioxydantes, antimicrobiennes ou anti-inflammatoires [78]. Cependant, les fruits ne contiennent ni flavonoïdes ni tannins galliques, contrairement aux feuilles qui en sont riches. Cela pourrait suggérer une capacité antioxydante plus marquée au niveau des feuilles, les flavonoïdes étant reconnus pour leur rôle protecteur contre le stress oxydatif. À l'inverse, les tanins catéchiques sont absents des feuilles mais présents dans les fruits, soulignant des différences dans la biosynthèse secondaire entre les

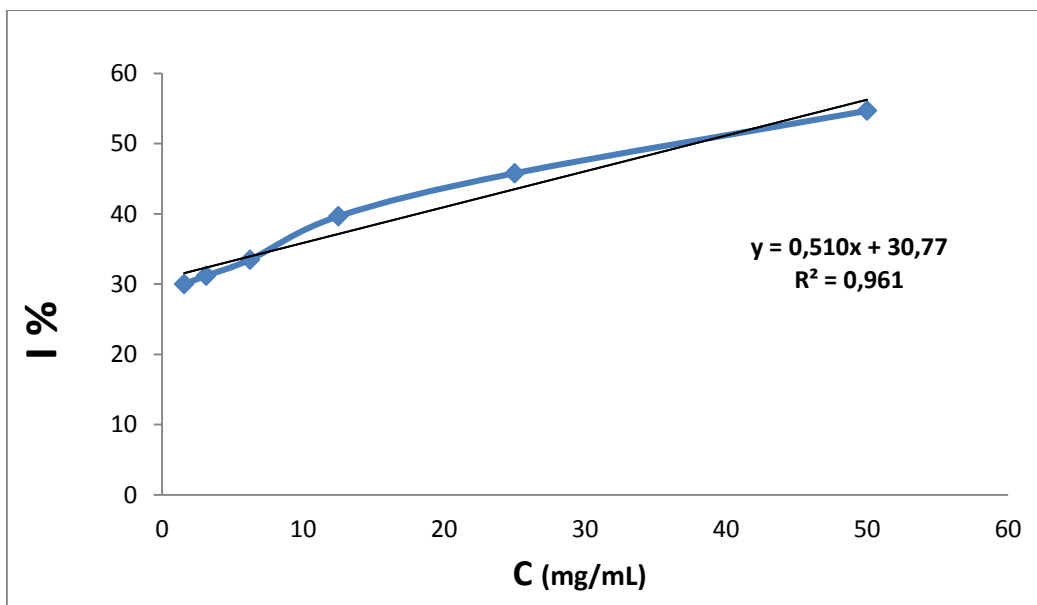
organes de la plante. L'absence d'amidon dans les deux extraits suggère que ces parties ne sont pas des réserves énergétiques majeures. En somme, cette variabilité chimique entre feuilles et fruits reflète la spécialisation fonctionnelle de chaque organe et oriente les usages thérapeutiques potentiels les figures (III-7, III-8, III-9, III-10) représentent les tests phytochimiques.

### **III.9 Piégeage du radical libre DPPH (2,2-diphényl-1-picryl-hydrazil)**

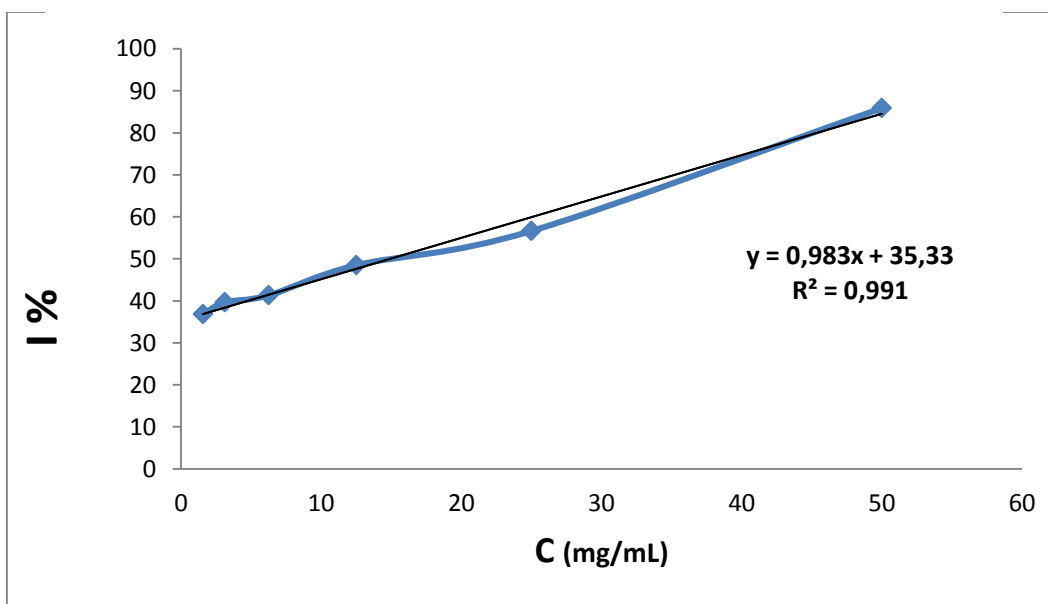
La mesure de l'absorbance (ou densité optique DO) a été effectuée par spectrophotométrie à 517 nm. À partir des valeurs obtenues, nous avons calculé les pourcentages d'inhibition en utilisant la formule donnée auparavant. Les valeurs obtenues nous ont permis de tracer la courbe qui représente les variations du pourcentage d'inhibition en fonction de la concentration (IC50) d'huile essentielle dans les figures (III-11, III-12). La détermination graphique de l'IC50 se fait à partir de la courbe représentant l'activité antioxydante des huiles essentielles.

À des fins comparatives, un antioxydant standard est utilisé : l'acide ascorbique, qui a montré une activité antiradicalaire très puissante avec un IC50 très faible. L'IC50 obtenue pour l'acide ascorbique, utilisée comme molécule de référence, est bien inférieure à celle des huiles, ce qui indique que l'acide ascorbique possède une activité antioxydante très élevée, avec une valeur d'IC50 d'environ 0,362 mg/ml.

Les figures (III-11, III-12) sont représentés les courbes de pourcentage d'inhibition des deux huiles essentielles (feuilles et fruits)



**Figure III-7:** Courbe représente pourcentage d'inhibition d'HE des feuilles



**Figure III-8:** Courbe représente pourcentage d'inhibition d'HE (fruits)

**Tableau III-7** : Concentration d'inhibition à 50% (mg /ml) des huiles essentielles feuilles et fruits

<b>Les échantillons</b>	<b>Feuilles</b>	<b>Fruits</b>	<b>Acide ascorbique</b>
<b>IC50 (mg/ml)</b>	14,90	37,68	0,362

D'après les valeurs déterminés d'IC50, huile de feuilles présente une valeur de 14,90 mg/ml, ce qui reflète une activité antioxydant plus élevée comparée à la valeur de IC50 de huile fruits 37,68 mg/ml, d'après [79], indique que plus la valeur IC50 est faible, plus huile essentielle sera efficace.

Alors les deux huiles indique un pouvoir antioxydant modéré a faible, cela pourrait s'expliquer par différence dans la méthode d'extraction, la partie de plante utilisée, ou la concertation composés antioxydants dans l'échantillon testé.

### **III.10 Activités antimicrobienne des HE**

Cette partie de notre travail vise à évaluer l'effet antibactérien d'huile essentielle de (feuilles et fruits), c'est pour cette raison nous avons opté la méthode des disques, c'est une méthode qualitative de diffusion sur gélose, en mesurant les diamètres des zones d'inhibition de la croissance microbienne ceci est représenté sur la Figure (III-13).

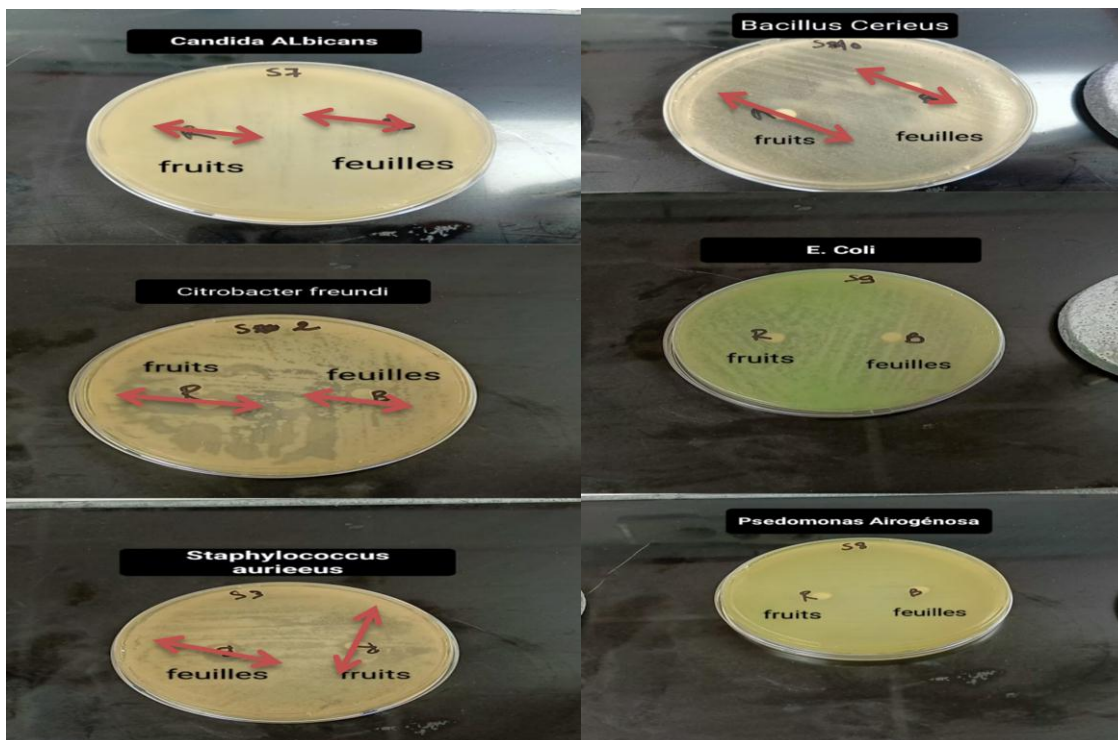


Figure III-13 : Etude l'activité antibactérienne de deux huiles (feuilles, fruits) en présence des souches bactériennes

La lecture des résultats se fait par la mesure des diamètres d'inhibition, qui sont représentés par une auréole claire formée autour de chaque disque : les résultats sont exprimés selon quatre niveaux d'activités qui sont représentés dans le tableau

Tableau III-8 : transcription des valeurs des diamètres d'inhibition (D)[80]

Inhibition	transcription	Sensibilité
$D \leq 8\text{mm}$	-	Résistante
$9\text{mm} \leq D \leq 14$	+	Sensible
$15\text{mm} \leq D \leq 19\text{mm}$	++	Assez sensible
$D > 20\text{mm}$	+++	Très sensible

Pour l'évaluation de l'effet antimicrobien, les diamètres mesurés des zones d'inhibition de la croissance microbienne obtenus sont représenté dans le tableau.

**Tableau III-9:** diamètre des zones d'inhibition de la croissance microbienne obtenue des huiles

<b>Les souches bactériennes</b>	<b>HE feuilles</b>	<b>HE fruits</b>
<b>Bacillus cerieus ATCC 11778</b>	12,93± 0,83	8,81±0,55
<b>Candida Alicans ATCC 10231</b>	6,10±0,08	6,21±0,03
<b>PsedomonasAirogénosa ATTC 258753</b>	/	/
<b>Staphylococcus aurieus ATCC 25923</b>	11,12±0,84	12,44±0,58
<b>Citrobacterfreundi ATCC 13316</b>	8,13±0,04	9,52±0,56
<b>E . Coli ATCC 25922</b>	/	/

D'après les résultats obtenus dans **le tableau III-8** on remarque que

- **L'huile essentielle des feuilles** est sensible à des degrés divers contre (Bacillus, Staphylococcus et Citrobacter), mais il n'a aucun effet sur (E.coli et Pseudomonas ).
- **L'huile essentielle des fruits** a une sensibilité similaire ou légèrement supérieure à celle de l'huile des feuilles contre certain souches comme (staphylococcus et Citrobacter)

- E. coli et pseudomonasaeruginosa sont totalement résistantes aux deux huiles essentielles.
- Candida albicans a montré une faible sensibilité aux deux huiles, ce qui suggéré une activité antifongique limitée.

### **Conclusion**

Les analyses antimicrobiennes réalisées dans ce chapitre ont révélé l'efficacité des substances testées contre diverses souches microbiennes. Les zones d'inhibition mesurées indiquent un potentiel significatif pour ces agents dans la lutte contre les infections. Ces résultats soulignent l'importance d'explorer les propriétés antimicrobiennes des huiles essentielles et d'autres composés naturels, qui pourraient constituer des alternatives viables aux antibiotiques conventionnels. Poursuivre ces recherches est essentiel pour développer de nouvelles stratégies de traitement et lutter contre la résistance antimicrobienne.

## Conclusion générale

L'objectif de cette étude était d'analyser les caractéristiques physico-chimiques ainsi que le rendement d'extraction des huiles essentielles dérivées des feuilles et des fruits d'une plante naturelle. Les résultats obtenus ont mis en évidence des différences significatives entre les deux parties de la plante, tant en ce qui concerne le rendement d'extraction que leurs propriétés intrinsèques.

➤ Rendement d'extraction des huiles essentielles

L'extraction réalisée à partir de 200 grammes de feuilles a permis d'obtenir 1 mL d'huile essentielle, ce qui équivaut à un rendement de 0,5%. En revanche, la même quantité (200 g) de fruits a produit 0,8 mL d'huile, avec un rendement légèrement inférieur de 0,4%. Ces résultats suggèrent que les feuilles de la plante représentent une source légèrement plus efficace pour l'extraction d'huile essentielle par rapport aux fruits.

➤ Analyse de la teneur en eau et de la matière sèche

L'étude a également mis en lumière des différences notables dans la composition hydrique des feuilles et des fruits :

**a) Pour les feuilles**

- Matière sèche : 60,26%

- Humidité : 39,74%

**b) Pour les fruits**

- Matière sèche : 52,53%

- Humidité : 47,47%

Ces données indiquent que les feuilles affichent une teneur en eau plus faible que les fruits, ce qui pourrait influencer leur stabilité et leur conservation.

➤ Propriétés physico-chimiques des huiles essentielles

Les analyses ont permis d'identifier deux paramètres clés des huiles essentielles extraites : pour le pH:

- Feuilles : 6 (légèrement acide)
- Fruits : 5 (plus acide que les feuilles)
  - Indice de réfraction :
- Feuilles : 1,4765
- Fruits : 1,471

Alors cette étude souligne l'importance des feuilles par rapport aux fruits pour l'extraction d'huiles essentielles, tant en termes de rendement que de caractéristiques physico-chimiques. Les résultats ouvrent la voie à des recherches futures sur l'optimisation des méthodes d'extraction et l'évaluation des applications potentielles des huiles essentielles dans l'industrie. Une meilleure compréhension de ces propriétés pourrait également contribuer à des pratiques durables dans l'utilisation de cette plante.

## Référencé Bibliographie

- [1] F. Baba Aïssa, *Encyclopédie des plantes utiles : Flore d'Algérie et du Maghreb, substances végétales d'Afrique, d'Orient et d'Occident*, Éditions EDAS, Alger, 368 p., 2000.
- [2] T. Jiofack, I. Ayissi, C. Fokunang, et al., *Ethnobotany and phytomedicine of the Upper Nyong Valley forest in Cameroon*, *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 3(4), pp. 144–150, 2009.
- [3] R. Tisserand and R. Young, *Essential Oil Safety: A Guide for Health Care Professionals* (2nd ed.), Churchill Livingstone, 2014.
- [4] D. Boustal, A. Ennabili, *L'Institut national des plantes médicinales et aromatiques au service du développement de la phytothérapie au Maroc*, pp. 297–303, 2011.
- [5] K. M. Tchamdja, *Étude de performance d'un extracteur artisanal pour la production d'essence de citronnelle*, Mémoire d'ingénieur des travaux biologiques, ESTBA, Université de Lomé, 95 p., 1995.
- [6] N. Limonier, *La phytothérapie de demain : les plantes médicinales au cœur de la pharmacie*, Faculté de pharmacie de Marseille, 30 p., 2018.
- [7] I. Ramli, *Étude, in vitro, de l'activité anti-leishmanienne de certaines plantes médicinales locales : cas de la famille des Lamiacées*, Thèse de magistère en biologie appliquée, Université de Constantine, 85p, 2013.
- [8] J.-Y. Chabrier, *Plantes médicinales et formes d'utilisation en Phytothérapie*, Université Henri Poincaré - Nancy 1, Faculté de pharmacie, 26–74 pages, 2010.
- [9]. E.-B. Grenez, *Phytothérapie : exemples de pathologies courantes à l'officine : Fatigue, Insomnie, Stress, Constipation, Rhume, Douleur et Inflammation*, Université de Lille, 17–26 pages, 2019.

## REFERENCE BIBLIOGRAPHIE

---

- [10] P. Iserin, Larousse encyclopédie des plantes médicinales : identification, préparation, soins, 2e édition, Larousse, Londres, 2001.
- [11]. Decaux, Phytothérapie : mode d'emploi, Éditions Le Bien Public, 6 pages, 2002.
- [12] P. Labre, *Phytothérapie & aromathérapie chez les ruminants et le cheval*, Femenvet Éd., L'élevage autrement, 352 pages, 2017.
- [13] Y. Oueld Cheikh, B. Triki, *Évaluation de la conformité des tisanes conditionnées produites en Algérie (évaluation qualitative et quantitative)*, Mémoire de Master, Université de Guelma, 2021.
- [14] M. Bennedjar, Z. Sabeur, *Enquête ethnobotanique des plantes médicinales utilisées dans la région d'Oran*, Mémoire de Master en biologie, Université de Mostaganem, 2020.
- [15] P. Bahorun, *Substances naturelles actives : la flore mauricienne, une source d'approvisionnement potentiel*, Food and Agricultural Research Council, Amas, Mauritius, 83–85 pages, 1997.
- [16] P. Delaveau, *Les épices : histoire, description, et usage des différents épices, aromates et condiments*, Albin Michel, 372 pages, 1987.
- [17] N. Porter, *Essential Oils and Their Production*, Crop and Food Research, Number 39, 2001.
- [18] H. Amjad, *Étude du pouvoir antimicrobien et antioxydant des huiles essentielles et flavonoïdes de quelques plantes de la région de Tlemcen*, Thèse de Magistère, Université de Tlemcen, 140 pages, 2005.
- [19] A.E.K. Belouad, *Les plantes médicinales d'Algérie*, 5<sup>e</sup> édition, Office des Publications Universitaires, Algérie, 2001.
- [20]. A. Endrias, *Bio-raffinage de plantes aromatiques et médicinales appliqué à l'Hibiscus sabdariffa L. et à l'Artemisia annua*, Mémoire de Doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse, France, 171 pages, 2006.

## REFERENCE BIBLIOGRAPHIE

---

- [21] J. Grunwald, C. Janick, *Guide de la phytothérapie*, 2<sup>e</sup> édition, Marabout, Italie, 2006.
- [22] L. Delille, *Les plantes médicinales d'Algérie*, Éditions Berti, Alger, 122 pages, 2007.
- [23] S. Laib, M. Mebdoua et Ch. Yahyaoui, *Les plantes médicinales et aromatiques et formes d'utilisation*, Mémoire de Master, Université de M'sila, 2020.
- [24] L. Thurzova, *Les plantes. santé qui poussent autour de nous*, Elsevier Séquoia, Bruxelles, 1978.
- [25] S. Frantisek, *Plantes médicinales*, Éditions Grund, Paris, 5 pages, 1992.
- [26] J.-M. Pelt, *Les drogues. Leur histoire, leurs effets*, Éditions Doin, Paris, 1980.
- [27] U. Kunkele et T.R. Lobmeyer, *Plantes médicinales, identification, récolte, propriétés et emplois*, Parragon Books, 2007.
- [28] L. All-Delille, *Les plantes médicinales d'Algérie*, Berti Éditions, Alger, 2013.
- [29] M. Hostettmann, *phytochemistry and pharmacology of plant secondary Metabolites*, springer, Berlin, Germany, 1991.
- [30] S. Calsamiglia et al, *Essential oils as modifiers of rumen microbial fermentation*, *Journal of Dairy Science*, vol. 90, n° 6, pp. 2580–2595, 2007.
- [31] F. Padrini, M.T. Lucheroni, *Le grand livre des huiles essentielles*, Éditions De Vecchi, 1996.
- [32] B. Charpentier, F. Hamon, A. Harlay, A. Huard, L. Ridoux et S. Chansellé, *Guide du préparateur en pharmacie*, 2<sup>e</sup> édition, Masson, Paris, 1312 pages, 2004.
- [33] J. Bruneton, *Pharmacognosie. Phytochimie, plantes médicinales*, 3<sup>e</sup> édition, Lavoisier, Paris, 1999.
- [34] E. Teuscher, R. Anton et A. Lobstein, *Plantes aromatiques : épices, aromates, condiments et huiles essentielles*, Lavoisier, Tec & Doc, Paris, 522 pages, 2005.
- [35] Smallfield, Merghache et al.,
- [36] R. Anton, A. Lobstein, *Plantes aromatiques : épices, aromates, condiments et huiles essentielles*, Lavoisier, Paris, 225 pages, 2005
- [37] Vila, R.; Mundina, M.; Tomi, F.; FurSan, R.; Zacchino, S.; Casanova, J.; Canigüreal, S. 2002. Composition and antifungal activity of the essential oil of *Solidago chilensis*. *Planta med.* 68, 164-167).

- [38] A. El Haib, *Valorisation de terpènes naturels issus de plantes marocaines par transformations catalytiques*, Thèse de doctorat en chimie organique et catalyse, Université de Toulouse III, France, 2011, pp. 5–7.
- [39] J.-L. Multon, *Additifs et auxiliaires de fabrication dans les industries agroalimentaires*, Lavoisier, Paris, 2002, pp. 207–231.
- [40] D.L. Madhavi, S.S. Deshpande et D.K. Salunkhe, *Food Antioxidants*, Éditeur non précisé, 1996.
- [41] A. Zhiri, L. Mayaud, S. Bouhdid, D. Baudoux, J. Abrini et G. Aubert, *Évaluation de l'activité bactéricide et bactériostatique des huiles essentielles vis-à-vis des souches d'origine clinique résistantes aux antibiotiques*, Congrès Francophone de Phytothérapie, Beyrouth, 2010.
- [42] H. Daroui-Mokaddem, *Étude phytochimique et biologique des espèces Eucalyptus globulus (Myrtaceae), Smyrniolumolusatrum (Apiaceae), Asteriscusmaritimus et Chrysanthemumtrifurcatum (Asteraceae)*, Thèse de doctorat en biochimie appliquée, Université Badji Mokhtar, Annaba, 2012, pp. 8, 14, 28.
- [43] J. Dorosso Sonate, *Composition chimique des huiles essentielles extraites de plantes aromatiques de la zone soudanienne du Burkina Faso : valorisation*, Université de Ouagadougou, 2002.
- [44] S. Courtial, *Précis d'aromathérapie vétérinaire à l'usage des pharmaciens d'officine*, Thèse, Université de Nantes, Faculté de pharmacie, 2005.
- [45] G. Chabert, *Myrtacées et aromathérapie*, Thèse, Faculté de pharmacie de Grenoble, Université Joseph Fourier, 2013.
- [46] Bassereau, M., A. Chaintreau, S. Duperrex, D. Joulain, H. Leijs, G. Loesing, N. Owen, A. Sherlock, C. Schippa, and P.-J. Thorel, GC-MS Quantification of suspected volatile
- [47] Piochon, M., étude des huiles essentielles d'espèces végétales de la flore laurentienne : composition chimique, activités pharmacologiques et hème-synthèse. *phytomedicine* 13, 394-400)
- [48] allergens in fragrances. 2. Data treatment strategies and method performances. *Journal of agricultural and food chemistry*, 2007. 55(1): p. 25-31

## REFERENCE BIBLIOGRAPHIE

---

- [49] KH.Bekki, M.Benchhra, étude de la libération d'un principe actif à travers une microsphère du poly(-3-hydrox butyrate-co-3-hydroxy valèrale),Mèmoire de Master, université de TIARET, 2018).
- [50] BENOUALI Djillali.. Extraction et identification des huiles essentielles. UNIVERSITE D'ORAN 2016 p. 8-9.
- [51] J.Smadja, Les huiles essentielles, Thèse doctorat, Université de la Réunion, France, (2009).
- [52] Lucchesi, M.E., F. Chemat, and J. Smadja, Solvent-free microwave extraction of essential oil from aromatic herbs: comparison with conventional hydro-distillation. *Journal of Chromatography A*, 2004. 1043(2): p.323-327.
- [53] FARHAT. A., 2010;Vapo-Diffusion assistée par Micro-ondes: Conception, Optimisation et Application. 136p
- [54] S. Burt, 'Essential Oils: Their Antibacterial Properties and Potential Applications in Foods- A Review', *International Journal of Food Microbiology*, Vol. 94, pp. 223-253, 2004
- [55] Zaabaretcherif 2015: Analysis of the Impact of Traffic and Road Characteristics on Road Safety in Tunisia. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 195, 738-747. doi: 10.1016/j.sbspro.2015.06.469.
- [56]R.H. Olmedo, and V. Nepote and N.R. Grosso, 'Aquaribay and Cedron Essential Oils as Natural Antioxidants in Oil-Roasted and Salted Peanuts, *Journal of the American Oil Chemists' Society*. Vol. 89, N°12, pp. 2195-2205, 2012.
- [57] F. Chemat, *Éco-extraction du végétal*,Dunod, Paris, 2011, 322 pages.
- [58] N. Benariba, R. Djaziri, W. Bellakhdar, N. Belkacem, M. Kadiata, W.J. Malaisse et A. Sener, Phytochemical screening and free radical scavenging activity of Citrulluscolocynthis seeds extracts, *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 2013.
- [59] Paris, *Les plantes et les médicaments : l'origine végétale de nos médicaments*, Éditions Delachaux et Niestlé SA, Paris, 1969.
- [60] Hans-Dieter Belitz, Werner Grosch, Peter Schieberle, *Food Chemistry*.Springer, Berlin, 2009.
- [61] Trease et Evans, *Contribution aux études ethnobotaniques et floristiques en République*

## REFERENCE BIBLIOGRAPHIE

---

- Populaire du Bénin*, ACCT, Paris, 1987.
- [62] Mohammedi, *Étude du pouvoir antimicrobien et antioxydant des huiles essentielles et flavonoïdes de quelques plantes de la région de Tlemcen*, Thèse de magistère en biologie, Université de Tlemcen, 2006, 103 pages.
- [63] **I Reghaissia**, *Extraction et caractérisation de l'huile essentielle de l'Eucalyptus Globulus: Application comme insecticide*, Université 8 Mai 1945 Guelma, Faculté des Sciences et de la Technologie, Département de Génie des Procédés, 2020.
- [64] M.A. Ferhat, M.N. Boukhatem, M. Hazzit et F. Chemat, *Rapid extraction of volatile compounds from citrus fruits using a microwave dry distillation*, *Journal of Fundamental and Applied Sciences*, vol. 8, n° 3, pp. 753–781, 2016.
- [65] El-Harrah, Khalfi-Habes, Ouassila, BoutekdjiretChahrazed et Samira, *Département de zoologie agricole et forestière, Institut National Agronomique, 2005. (À compléter : il manque le titre et le type de document)*
- [66] D. Martysiak-Żurowska et W. Wenta, *A comparison of ABTS and DPPH methods for assessing the total antioxidant capacity of human milk*, *Technologie Alimentaire*, vol. 11, pp. 83–89, 2012.
- [67] Molyneux, *The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity*, *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, vol. 26, pp. 211–219, 2004.
- [68] CHenc.n., weng m. s., wu c. l., andlin j. k., (2004). Comparison of radical scavenging activity, cytotoxic effects and apoptosis induction in human melanoma cells by taiwanese propolis from different sources, *Evid. Based Complement Alternat. Med. J.*, 1, 175-185.
- [69] leitaog.g., leitaos.g., and vilagag w., (2002). Quick preparative separation of natural Naphthopyranones with antioxidant activity by high-speed counter-current chromatography. *Z. Naturforsch. J.*, 57, 1051-1055
- [70] wangs.y., wuj.h., shyurl.f., kuol.h., and changs.t., (2002). Antioxidant activity of Abietane-Type Diterpenes from heartwood of *Taiwaniacryptomerioides* Hayata,.
- [71] [www.biokar\\_diagnostics.fr](http://www.biokar_diagnostics.fr)

## REFERENCE BIBLIOGRAPHIE

---

[72]Kishor, Gestion thérapeutique des plaies étendues chez le chien et le chat, Nouveau Praticien Vétérinaire Hors série, p. 125-130, 2005.

[73]J.Madigan, Microbiology, pearson, Boston, USA, 2015

[74]AFNOR Recueil de normes. les huiles essentielles Tome 2. Monographies relatives aux huiles essentielles. AFNOR, Paris, (2000) pp. 661-663

[75]Koba, K., Sanda, K., Raynaud, C., Nenoneme, Y.A., Millet, J., Chaumont, J.P Activités antimicrobiennes d'huiles essentielles de trois Cybopogonsp vis á vis des germes pathogènes d'animaux de compagnie. Annales de médecinevétérinaire 148: (2004) pp. 202-206

[76]Rawat, R.; Kumar, R., Mutande, T. and Bux, F. Dual role of microalgae phytoremediation of domestic wastewater and biomass production for sustainable biofuels production. Applied Energy, vol 88 n° 10, (2011) pp 3411-3424.

[77]Harborne, J.B. (1998). Phytochemical Methods: A Guide to Modern Techniques of Plant Analysis. Springer Science & Business Media^

[78]J.B.Harborne, Phytochemical Methods: A Guide to Modern Techniques of Plant Analysis, Springer Science & Business Media,Londres, 302 pages, 1998.

[79]MARINEY BUTZ. Use of the ferrie Reducing Antioxidant Power Test (FRAO) Assay as a Measurement of Antioxidant of Plant Phyenylpropanoids Undergraduate Research conference Centennial Studebt Union Minnesota State University, Mankato mars 2002, p:25-26

[80] Ponce A.G.,Fritz R., del valle C.E., Roura S.1.(2003): Antimicrobial activity of essential oils on the native microflora of organic Swiss chard.Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie, 36: 679-684.