

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



N° Réf :.....

Centre Universitaire

Abdel Hafid Boussouf Mila

Institut des Sciences et de la Technologie

Département des Sciences de la Nature et de la Vie

Mémoire préparé En vue de l'obtention du diplôme de Master

En: - Domaine : Science de la nature et de la vie

- Filière : Biochimie

-Spécialité : Biochimie Appliquée

Thème

Etude de l'activité antibactérienne de l'huile essentielle d'une plante médicinale

Préparé par:

- MOKADDEM Safa
- BELTOUM Meriem

Soutenue devant le jury:

- | | |
|-----------------------------------|---|
| - Président: BOUTELLAA Saber | Grade: MCB Centre Universitaire de Mila |
| - Examineur: BOUBENDIR Abdelhafid | Grade: MCA Centre Universitaire de Mila |
| - Promotrice: BOUCHEKRIT Moufida | Grade: MCB Centre Universitaire de Mila |

Année universitaire : 2020/2021

Remerciements

Avant tout nous remercions ALLAH le tout puissant de nous avoir accordé la force, le courage et la patience pour terminer ce mémoire.

*Tout d'abord, Nous tenons à remercier notre promotrice **Dr. BOUCHEKRIT Moufida** Maitre de Conférence au Centre Universitaire BOUSSOUF Abdelhafid de Mila, pour l'honneur qu'elle nous a fait en encadrant ce travail, pour son soutien, son attention, ses bons conseils et pour ses qualités humaines.*

Nous tenons à adresser nos plus vifs remerciements aux membres de jury:

***Dr. BOUTELLAA Saber** Maitre de Conférence au Centre Universitaire BOUSSOUF Abdelhafid de Mila de nous avoir fait l'honneur de présider le jury de notre mémoire.*

***Dr. BOUBENDIR Abdelhafid** Maitre de Conférence au Centre Universitaire BOUSSOUF Abdelhafid de Mila d'avoir gentiment accepté d'examiner et de juger notre mémoire.*

Nous remercions les plus sincères vont s'adresser à tout l'ensemble des enseignants du département des Science de la Nature et de la Vie du Centre Universitaire BOUSSOUF Abd-Elhafid de Mila

DEDICACE

*Avec un énorme plaisir, un cœur ouvert et une immense joie, je
dédie ce travail à:*

*Mes chers parents **Nadia GUECHI** et **Ibrahim**, pour tous leurs
sacrifices, leurs encouragements, leurs soutiens, leurs précieux
conseils et leurs prières durant toute ma vie.*

Que Dieu leur procure la bonne santé et la longue vie.

*Mes chers frères **Imad Eddin** et **Mohammed El Mehdi***

*Mes chères sœurs: **Rayen** et **Oum saad** et sa fille **Batoul***

A mes chers amies (Kawther ,Meriem et Houda)

Tous ceux qui sont proches de mon cœur et toujours me soutenir

Tous mes enseignants et toute ma promotion.

*Mon amie et collègue **mereim***



SAFA

DEDICACE

*Tout d'abord, je remercie mon «Dieu» le tout puissant
qui m'a donné, la volonté, le courage, la patience, l'endurance et
qui a guidé mes pas vers le droit chemin pour réaliser ce travail. Je
dédie ce mémoire à:*

*Ceux qui m'ont tout donné sans rien attendre en retour
Ceux qui m'ont encouragé et soutenu durant toutes mes années
d'études*

*Mes parents tous les mots sont insuffisants pour exprimer ma
gratitude et ma reconnaissance.*

*Mes chères soeurs **Abir** et **Chaima***

*Mon chère frère **Ayoub***

*Mon mari **Mouhamed** et sa Famille*

Tous ceux qui m'aiment

*Ma chère binôme **Safa**.*



Meriem

Table des Matières

Résumé.....	I
Liste des abréviations.....	IV
Liste des figures	V
Liste des tableaux.....	VI
Introduction	01

Partie bibliographique

Chapitre I Plantes Médicinales et Apiacées

1. Phytothérapie.....	05
1.1. Types de la Phytothérapie.....	05
1.1.1. Phytothérapie traditionnelle ...	05
1.1.2. Phytothérapie clinique	05
1.2. Différentes formes pharmaceutiques	06
2. Plantes médicinales et aromatiques.....	06
2.1. Principes actifs	07
2.1.1. Polyphénols / Composés phénoliques	07
2.1.1.1. Flavonoïdes.....	08
2.1.1.2. Tanins.....	08
2.1.1.3. Coumarines.....	09
2.1.1.4. Acides phénoliques.....	10
2.1.2. Terpénoïdes et Stéroïdes.....	10
2.1.3. Alcaloïdes.....	11
2.2. Conditions optimales pour obtenir un meilleur rendement.....	12
3. Famille des Apiacées.....	13
3.1. Répartition.....	14
3.2. Morphologie.....	14
3.3. Classification des Apiacées.....	15
3.4. Intérêt de la famille des Apiacées.....	15
3.5. Genre <i>Elaeoselinum</i>	16
3.6. Présentation de l'espèce <i>Elaeoselinum asclepium</i>	16
3.6.1. Description botanique.....	16

3.6.2. Systématique et nomenclature.....	17
--	----

Chapitre II Huiles Essentielles et Activités Biologiques

1. Définition, Caractéristiques et Localisation.....	19
2. Composition chimique	19
2.1.Terpènes et Terpénoïdes.....	20
2.1.1. Monoterpènes	20
2.1.2. Sesquiterpènes	20
2.2.Composés aromatiques.....	21
3. Méthode d'extraction	22
3.1.Extraction au CO ₂ supercritique.....	22
3.2.Extraction assistée par micro-onde.....	23
3.3.Distillation.....	24
4. Toxicité des huiles essentielles.....	24
5. Conservation des huiles essentielles.....	24
6. Domaines d'application.....	25
6.1.Agro-alimentaire.....	25
6.2.Pharmacie et Aromathérapie.....	25
6.3.Parfums et Cosmétiques.....	26
7. Activités biologiques des huiles essentielles.....	26
7.1.Activité antimicrobienne.....	26
7.1.1. Activité antibactérienne des huiles essentielles.....	27
7.1.1.1.Activité liée à la composition chimique de l'huile essentielle.....	28
7.1.1.2.Activité liée au microorganisme ciblé.....	28
7.1.2. Activité antifongique des huiles essentielles.....	28
7.2.Activité antivirale.....	29
7.3.Activité antiparasitaire.....	30
7.4.Activité antioxydant.....	30
7.5.Activité anti-inflammatoire.....	31

Partie expérimentale 32

Chapitre III Matériel et Méthode

1. Matériel	34
1.1.Matériel végétal	34
1.2.Matériel biologique / Souches bactériennes.....	34

1.3. Matériel de laboratoire	34
1.4.Réactifs utilisés.....	34
2. Méthode	34
2.1.Extraction des huiles essentielles.....	35
2.2.Activité antibactérienne.....	35
2.2.1. Préparation du milieu de culture d'Aromatogramme.....	36
2.2.2. Préparation de l'inoculum bactérien.....	36
2.2.3. Préparation des dilutions de l'huile essentielle.....	36
2.2.4. Ensemencement et dépôt des disques.....	37
2.2.5. Expression des résultats.....	38

Chapitre IV Résultats et Discussion

Résultats et Discussion.....	40
Conclusion et perspectives.....	46
Références Bibliographie	48
Annexes.....	61

الملخص

يهدف هذا العمل إلى تقييم النشاط ضد بكتيري للزيوت الأساسية المستخلصة من أوراق نبات طبي ينتمي إلى عائلة الخيمية، *Elaeoselinum asclepium*. تم استخلاص الزيوت الأساسية بطريقة التقطير المائي باستخدام جهاز من نوع Clevenger. أيضاً، تم إجراء النشاطية ضد بكتيرية باستعمال طريقة الانتشار على سطح الأجار التي تعتمد على تحديد أقطار التثبيط حول الأقراص. أجريت الدراسة على 06 سلالات بكتيرية ذات غرام إيجابي وغرام سلبي: *Bacillus subtilis* ATCC 6633، *Escherichia coli* ATCC25922، *Staphylococcus aureus* ATCC25923 و *Listeria inocula* CIP74915، *Pseudomonas aeruginosa* ATCC27853 و *Salmonella typhimurium* ATCC19430. عموماً، بالنسبة لجميع الأنواع البكتيرية المستخدمة، سلالات غرام إيجابي هي الأكثر مقاومة لجميع تخفيفات الزيت الأساسي من سلالات غرام سلبي. أيضاً، تبين أن الزيت الأساسي الخام أكثر نشاطية على جميع السلالات التي تم اختبارها باستثناء *P. aeruginosa* التي كانت مقاومة تماماً. بكتيريا *Salmonella typhimurium* هي الأكثر حساسية مقارنة مع البكتيريا الأخرى بقطر تثبيط قدر ب: 13 ملم. La gentamicine المستعملة كشاهد إيجابي أعطت تأثير ضد بكتيري جيد. في الختام، أظهرت النتائج المسجلة نشاطية ضاد بكتيرية متوسطة للزيت الأساسي المستخلص من أوراق نبات *E. Asclepium*، والتي تختلف حسب البكتيريا والتخفيفات المستخدمة.

الكلمات المفتاحية: النباتات الطبية، العائلة الخيمية، *Elaeoselinum asclepium*، الزيوت

الأساسية والنشاط المضاد للبكتيريا .

Resume

Le présent travail a pour but d'évaluer l'effet antibactérien des huiles essentielles (HE) des feuilles d'une plante médicinale appartenant à la famille des Apiacées, *Elaeoselinum asclepium*. Au fait, les huiles essentielles sont extraites par hydrodistillation en utilisant un appareil de type Clevenger. L'activité antibactérienne est réalisée par la méthode de diffusion sur gélose basée sur la détermination des diamètres d'inhibitions autour des disques. L'étude a été effectuée sur 06 souches bactériennes à Gram (+) et à Gram (-): *Bacillus subtilis* ATCC 6633, *Staphylococcus aureus* ATCC25923, *Escherichia coli* ATCC25922, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC27853, *Listeria innocua* CIP74915 et *Salmonella typhimurium* ATCC19430. Généralement, à l'égard de toutes les espèces bactériennes utilisées, les souches à Gram (+) sont plus résistantes à toutes les dilutions de l'HE que celles à Gram (-). Aussi, l'HE brute s'est montrée active sur toutes les souches testées sauf *P. aeruginosa* qui a été complètement résistante. La bactérie *Salmonella typhimurium* s'est révélée la plus sensible en comparant aux autres bactéries avec un diamètre d'inhibition égale à 13 mm. La gentamicine utilisée comme standard a donné un bon effet antibactérien. Pour conclure, les résultats enregistrés ont montré une activité antibactérienne modérée de l'HE des feuilles d'*E. asclepium*, dont elle est variée en fonction des bactéries et des concentrations utilisées.

Mots clés: Plantes médicinales, Apiaceae, *Elaeoselinum asclepium*, huiles essentielles et activité antibactérienne .

Abstract

The aim of this work is to evaluate the antibacterial effect of essential oils (EO) extracted from leaves of a medicinal plant belonging to the Apiaceae family, *Elaeoselinum asclepium*. In fact, the essential oils have been extracted by hydrodistillation using a Clevenger type apparatus. The antibacterial activity was carried out using the agar diffusion method based on the determination of inhibition zone diameters around the discs. The study was performed on 06 Gram (+) and Gram (-) bacterial strains: *Bacillus subtilis* ATCC 6633, *Staphylococcus aureus* ATCC25923, *Escherichia coli* ATCC25922, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC27853, *Listeria inocula* CIP74915, and *Salmonella typhimurium* ATCC19430. Generally, with respect to all bacterial species used, Gram (+) strains are more resistant to all dilutions of EO than Gram (-) strains. Also, crude EO was active on all strains tested except *P. aeruginosa* which was completely resistant. *Salmonella typhimurium* was the most sensitive bacterium compared to other bacteria with an inhibition diameter equal to 13 mm. Gentamicin used as standard gave a good antibacterial effect. To conclude, the results recorded showed a moderate antibacterial activity of *E. asclepium* leaves EO, which is varied depending on the bacteria and dilutions used.

Keywords: Medicinal plants, Apiaceae, *Elaeoselinum asclepium*, Essential oils and Antibacterial activity.

LISTE des ABREVIATIONS

ADN: Acide désoxyribonucléique.

APG: Angiosperms Phylogeny

CMI: Concentration Minimal Inhibitrice.

DL₅₀: Dose létale de 50% de la population.

DMSO: Sulfoxyde de Diméthyle.

DPPH: 2,2-diphényle-1-picrylhydrazyl.

Mcf: Mcfarland

LISTE des FIGURES

Figure N°	Titres	Pages
01	Structure chimique générale des flavonoïdes	09
02	Types des tanins et leurs structures	09
03	Structures de différentes classes des coumarines	10
04	Exemple des acides phénoliques: Acide benzoïque à gauche et Acide hydroxycinnamiques à droite	11
05	Structure d'unité d'isoprène à gauche et Structure générale des stéroïdes à droite	11
06	Structures chimiques de quelques Alcaloïdes: morphine, strychnine, caféine et scopolamine	12
07	Répartition géographique mondiale des Apiacées	14
08	Photo d' <i>Elaeoselinum asclepium</i>	17
09	Structures chimiques de quelques composés terpènes	21
10	Structures chimiques de quelques composés phénoliques	21
11	Schéma du procédé d'extraction au CO ₂ supercritique	23
12	Principe de l'extraction assistée par micro-onde	23
13	Principaux sites d'action des huiles essentielles	27
14	Appareil utilisé en hydrodistillation de l'huile essentielle, Clevenger.	35
15	Principe de la diffusion sur disque.....	37

LISTE des TABLEAUX

Tableau N°	Titres	Pages
01	Quelque plantes médicinales d'Algérie	07
02	Sensibilité des souches bactériennes testées vis-à-vis l'huile essentielle des feuilles d' <i>E. asclepium</i>	40
03	Résultats de l'aromatogramme à différentes concentrations et l'antibiogramme sur les bactéries testées.	41

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Avant des siècles, nos ancêtres ont essayé d'exploiter les richesses naturelles qui les entouraient pour assurer leurs besoins de base tels que la nourriture, l'abri, l'habillement ainsi que leurs besoins médicaux (**Meziani et Belhout, 2017**). En effet, l'utilisation des plantes médicinales et aromatique pour se soigner, Phytothérapie, est largement connue soit en utilisant des parties de plantes, fleurs, feuilles, tiges..., ou des préparations à base de plantes (ex : principe actifs) (**Wichtl et Anton, 1999**). L'a phytothérapie est utilisée en médecine traditionnelle pour traiter les maladies bénignes ou les maladies chroniques telles que le diabète, l'hypertension et les infections des voies urinaires (**Zeggwagh et al., 2013**). L'efficacité des plantes est fondée seulement sur leur composition chimique riche en métabolites secondaires biologiquement actifs comme les huiles essentielles.

Dans ce contexte, l'Algérie possède une flore extrêmement riche et variée représentée par des plantes aromatiques et médicinales, dont la majorité d'elles sont à l'état spontané. Cette diversité constitue un véritable réservoir phylogénétique, avec environ 3000 espèces appartenant à plusieurs familles botaniques comme les Apiacées, les Lamiacées, les Rosacées, les Asteracées, etc (**Bouزيد, 2018**). Cette catégorie des plantes est utilisée à différents domaines tels que la médecine, la pharmacie, la cosmétologie et l'agroalimentaire.

Ainsi, la famille des Apiacées appelées anciennement Ombellifères, est largement présente en Algérie et même dans toutes les régions tempérées. Les espèces appartenant à cette famille sont généralement utilisées comme aliment ou traitement. C'est une famille riche en huiles essentielles possédant plusieurs activités biologiques entre autre l'activité antibactérienne (**Ouis, 2015**). Au fait, les huiles essentielles répartissant largement dans toutes les parties de la plante ont été étudiées par divers chercheurs pour monter leur potentiel antibactérien. Ce dernier est dû à la composition chimique de l'huile essentielle testée, et il est varié en fonction de plusieurs facteurs tels que : les souches bactériennes testées, la partie de la plante utilisée, la concentration de l'huile essentielle utilisée et d'autre (**Lamamra, 2018**).

L'objectif de cette étude est la valorisation de l'espèce *Elaeoselinum asclepium* en démontrant son potentiel antibactérien. Pour atteindre ce but, notre manuscrit sera divisé en deux parties, une bibliographique et autre expérimentale. La première partie est divisée en

deux chapitres dont le premier sera porté sur les plantes médicinales et la famille des Apiacées, alors que le deuxième traitera les huiles essentielles et leurs activités biologiques. La deuxième partie qui est la partie expérimentale est divisée en deux chapitres, le matériel utilisé et les méthodes réalisées sont présentés dans le chapitre trois, alors que les résultats obtenus et leur discussion sont représentés dans le quatrième chapitre.

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I
Plantes Médicinales et Apiacées

1. Phytothérapie

La phytothérapie est un nom grec qui signifie traitement avec les plantes (*Phyton* = Plante et *Therapeia* = traitement) (**Moatti, 1990**). C'est une discipline destinée à traiter ou prévenir certains états pathologiques ou troubles fonctionnels par les végétaux que ce soit en utilisant la plante entière, soit une seule partie ou des préparations à base de plantes. Le traitement par les plantes est fait par consommation ou application externe (**Bruneton, 1993; Wichtl et Anton, 1999**).

Au fait, elle est employée dans le cadre de la médecine traditionnelle où elle est pratiquée sous différentes formes. Cette discipline représente une alternative très reconnue par la médecine et dénuée de tout effet toxique pour le patient, en revanche, certaines maladies exigent des traitements lourds comme les antibiotiques (un principe actif efficace) ou d'autres molécules synthétiques. La phytothérapie est utilisée par les populations pour se soigner et traiter quelques maladies chroniques comme: le diabète, l'hypertension et les infections des voies urinaires (**Zeggwagh et al., 2013**).

1.1. Types de la phytothérapie

D'après la bibliographie, on distingue deux types de la phytothérapie: une phytothérapie traditionnelle et une autre clinique.

1.1.1. Phytothérapie traditionnelle

Elle utilise les plantes médicinales pour traiter les maladies en première intention, suivie par les conseils pharmaceutiques. Connue comme traditionnel parce qu'il a des origines anciennes. D'ailleurs, elle est fondée sur l'utilisation des plantes dont leurs propriétés et vertus thérapeutiques ont été découvertes expérimentalement. Généralement, la phytothérapie traditionnelle est employée dans le traitement des pathologies saisonnières, allant des problèmes psychosomatiques mineurs aux symptômes hépatobiliaires, plus que les troubles dermatologique ou digestive (**El Faquire, 2021**).

1.1.2. Phytothérapie clinique

Dans ce type de la phytothérapie, pour déterminer le traitement d'un malade, il est nécessaire d'avoir une approche générale sur le sujet et son environnement, suivie par un

examen clinique global. Ainsi, son mode d'action est basé sur un traitement à long terme qui cible un système bien déterminé (El Faquire, 2021).

1.2. Différentes formes pharmaceutiques

Il y'a trois formes galéniques ou pharmaceutiques de la phytothérapie: formes solides, formes liquides et formes destinées à usage externe. Au fait, la forme solide comporte les gélules et les comprimés. Les gélules sont fabriquées, au début, à partir de gélatine animale puis de la cellulose végétale. Elles sont constituées soit de la poudre des plantes qui contiennent tous les principes actifs de la drogue végétale, soit des extraits secs proviennent de la plante par un solvant. Toutefois, les comprimés sont présentés comme un solide contenant un ou plusieurs principes actifs, et préparés à partir des extraits secs ou des poudres de plantes, avec l'addition de quelques composés comme diluants, aromatisants, colorants, liants ou lubrifiants. Les extraits fluides obtenus de l'extraction alcoolique des plantes sèches, plus que les huiles essentielles et les hydrolats représentent la forme liquide de la phytothérapie. Les formes destinées à l'usage externe comme les pommades et les crèmes permettent aux principes actifs de pénétrer dans la peau, aussi les liniments sont des préparations liquides, à viscosité différentes qui sont appliquées pour onction ou friction (Limonier, 2018).

2. Plantes médicinales et aromatiques

On appelle une plante médicinale toute plante, ou au moins une partie, possède des propriétés médicinales (Lakhdar, 2015). Il est peu fréquent d'utiliser une plante entière à des fins thérapeutiques, mais il s'agit, le plus souvent, d'une seule ou différentes parties qui peuvent avoir chacune des applications médicamenteuses différentes. Ce groupe des plantes peut utiliser également comme aliment, condiment ou, aussi, comme moyen de la préparation des boissons hygiéniques (Grenez, 2019). En revanche, une plante aromatique représente toute plante contenant des molécules aromatiques, essences et huiles essentielles (Lakhdar, 2015).

L'Algérie comporte une flore très diversifiée, à travers ses étages bioclimatiques allant de l'humide au Nord vers le saharien au Sud, mais concentrée principalement dans le Nord du pays. Le tableau 01 montre quelques plantes médicinales poussant en Algérie et ayant des propriétés thérapeutiques.

Tableau 01: Quelques plantes médicinales d'Algérie (Maamar Sameut et al., 2020)

Famille	Nom scientifique	Nom vernaculaire arabe	Utilisation thérapeutique
Apiacées	<i>Daucus carota</i>	Carotte sauvage/ Zraiedia	Maladie de la gencive, gingivite, maladies du foie
Anacardiacees	<i>Pistacia lentiscus</i>	Darow	Constipation, acné, diabète, les douleurs de l'oreille et de l'estomac
Astéracées	<i>Inula viscosa</i>	Inule/ Magramene	Infections, plaies et lésions, douleurs
Cactacées	<i>Opuntia ficus indica</i>	Karmousse	Tuméfaction de prostate, Inflammation chronique, l'estomac obésité
Lamiacées	<i>Lavandula stoechas</i>	Darow	cicatrisation des plaies et brûlures, maux d'estomac et toux.
Myrtacées	<i>Myrtus comminus</i>	Rayhane	hypertension artérielle, hyperglycémie, douleurs abdominales et diarrhées.
Rosacées	<i>Rubus ulmifolius</i>	Ronce /Allaïq, Toute el Bari	Diabète type2, inflammation de l'utérus, maladie de la peau.

2.1. Principes actifs

Un principe actif peut être défini comme étant toute molécule présente dans la plante entière, ou une seule partie, utilisée dans la fabrication des produits pharmaceutiques et capable de prévenir ou traiter les maladies. Il se trouve dans la plante en faible quantité mais sa présence est indispensable, et pour cette raison il est nécessaire de l'extraire pour l'utiliser séparément (Oullai et Chamek, 2018). Les principes actifs varient selon le site actif ou l'activité biologique, et donc ils sont classés en trois catégories: les polyphénols ou composés phénoliques, les terpénoïdes et les stéroïdes et les alcaloïdes (El- Hadri, 2019).

2.1.1. Polyphénols / Composés phénoliques

Ce sont des métabolites secondaires largement répandus dans le règne végétal. Ils se trouvent dans les feuilles, les racines, les écorces et les fruits avec un faible pourcentage,

de 2% à 3%. Aussi, ils contiennent des molécules issues de la synthèse de l'acide chikimique et/ou l'acétate, dépourvus de l'azote et donne des fonctions phénoliques, un ou plus dans chaque polyphénol. Les composés phénoliques peuvent être regroupés en de nombreuses classes, les flavonoïdes, tanin, coumarine, lignanes et d'autre classe (Annexe 01) (**Harrag, 2020**).

2.1.1.1. Flavonoïdes

Ce sont des pigments polyphénoliques, présentes dans la majorité des plantes où ils participent à la coloration jaune ou blanche des fleurs et des fruits (**Chevalier, 2001**). Au fait, leur structure de base contient 15 atomes de carbone qui forment la structure C6-C3-C6, deux noyaux aromatiques A et B, et un hétérocycle oxygéné cycle C (Fig. 01). La classification de cette classe des polyphénols dépend de la position du carbone qui lie le cycle aromatique B et l'hétérocycle C (**Rousserie, 2019**), ce qui permet d'obtenir les : flavonols, flavones, flavanones, isoflavones et Anthocyanidines (Annexe 02). Ils ont un large spectre d'action et de nombreuses propriétés médicinales (**Chevalier, 2001**).

2.1.1.2. Tanins

Se trouvent dans les plantes avec différentes concentrations, et leurs donnent le gout amer (**Oullai et Chamek, 2018**). Ce sont des composés hautement hydroxylées, capable de former des complexes insolubles lorsqu'ils s'associent avec les sucres, les protéines et les enzymes digestives, ce qui réduit la digestibilité des aliments (**Kahlouche, 2014**). Egalement, ils peuvent être liés avec les protéines en les précipitant, et formant ainsi une couche protectrice qui aboutit à la contraction des tissus (**Oullai et Chamek, 2018**). Aussi, ils peuvent former un complexe avec la cellulose et une variété de minéraux (**Kahlouche, 2014**).

Il existe deux catégories des tanins, la première représente les tanins hydrolysables ou les groupes hydroxyle sont partiellement ou totalement estérifiés par l'acide gallique ou des composés apparentés, alors que la deuxième catégorie représente les tanins condensés (Fig. 02) qui sont des molécules issues de la polymérisation des flavonols, sous-classe des flavonoïdes (**Ghosh, 2015**).

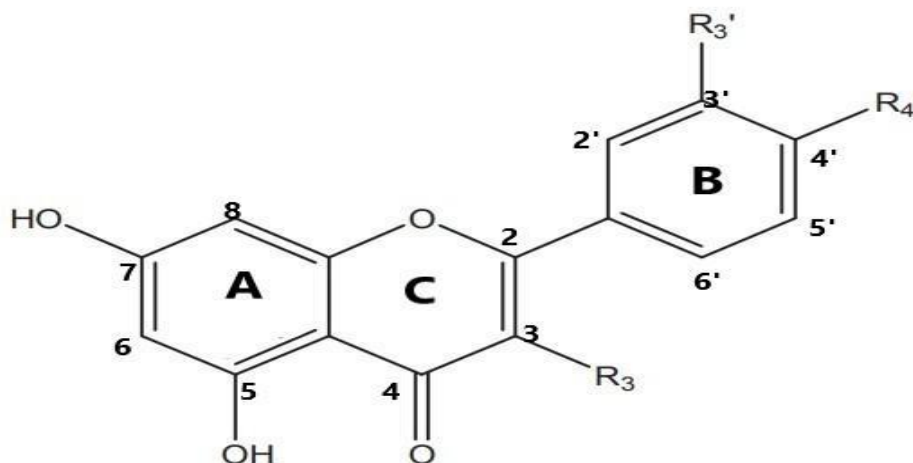


Figure 01: Structure chimique générale des flavonoïdes (Lakhdar, 2011).

Les composés	R3	R3'	R4'
Lutéoline	H	OH	OH
Kampférol	OH	H	OH
Quercétine	OH	OH	OH

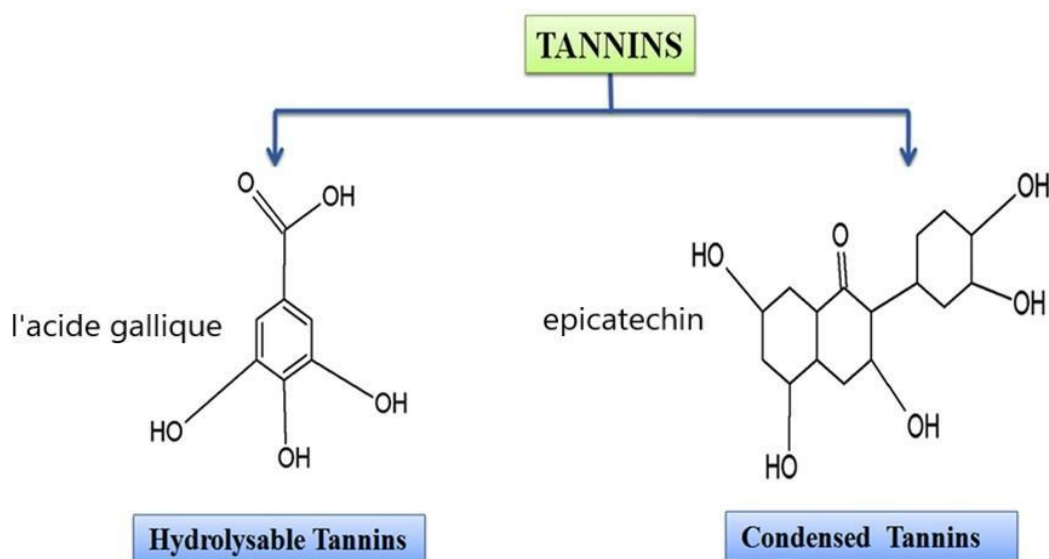


Figure 02: Types des tanins et leurs structures (Ghosh, 2015).

2.1.1.3. Coumarines

Ce sont les esters internes des acides organiques que l'on trouve dans une variété des végétaux. Au fait, ils sont des hétérocycles oxygénés avec une structure de base le benzo-2-pyrone (Fig. 03). En point de vue structurel, ils sont classés comme de simples coumarines avec des substituant du cycle de benzène, des furanocoumarines, des

pyranocoumarines et des coumarines substitués en positions 3 et / ou 4 (Kahlouche, 2014). Le genre *Elaeoselinum* présente une teneur faible en coumarine (Lakhdar, 2011).

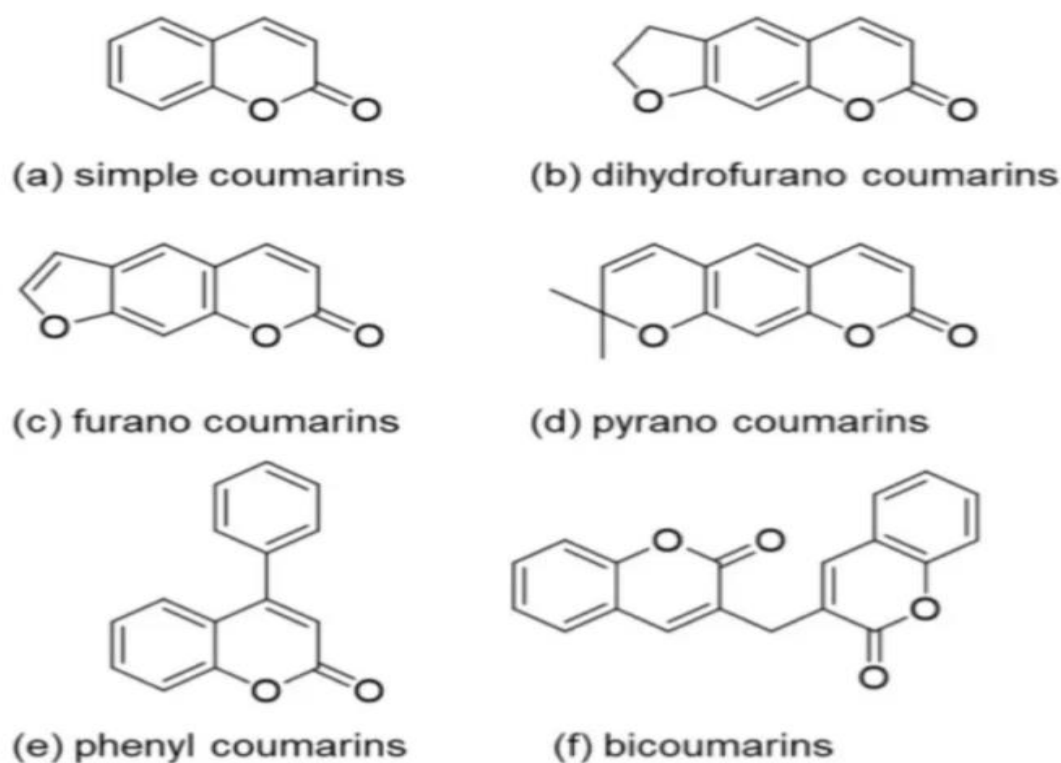


Figure 03: Structures de différentes classes des coumarines (Venugopala *et al.*, 2013).

2.1.1.4. Acides phénoliques

Ce sont de petites molécules formées d'un noyau benzénique et au moins d'un groupe hydroxyle. Ils représentent les principales molécules non flavonoïdiques trouvées dans le stockage des raisins et le vin. Il existe deux groupes des acides phénoliques (Fig. 04), les acides benzoïques et les acides hydroxycinammiques (Rousserie, 2001).

2.1.2. Terpénoïdes et Stéroïdes

L'assemblage des squelettes de terpènes avec une ou plusieurs fonctions chimiques (acide, lactone, alcool, aldéhyde, cétone...etc.) forme les terpénoïdes. Ainsi, les terpènes sont des hydrocarbures naturels avec une formule brute $(C_5H_x)_n$ (n se situe entre 1 et 8, x : varie en fonction du degré d'insaturation de la molécule). La molécule de base des terpènes est l'isoprène de formule C_5H_8 (Fig. 05) (Malecky, 2008).

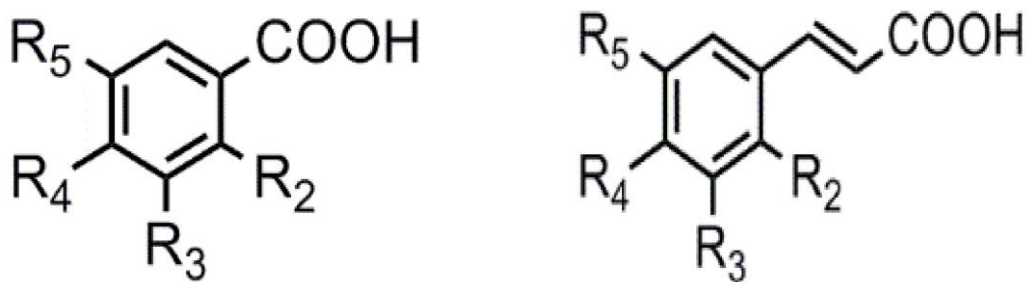


Figure 04: Exemple des acides phénoliques: Acide benzoïque à gauche et Acide hydroxycinnamiques à droite.

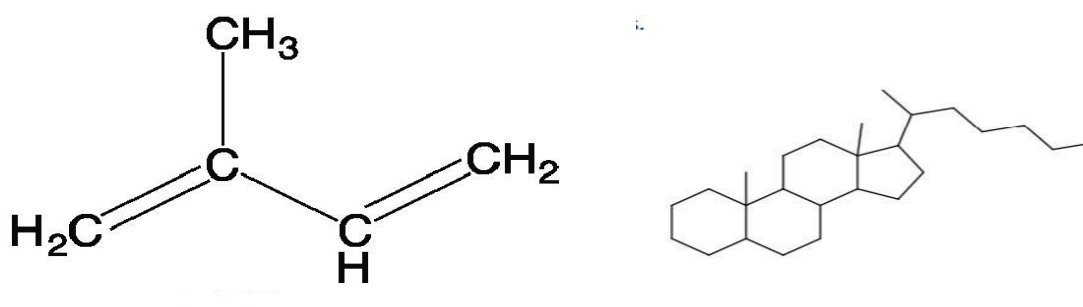


Figure 05: Structure d'unité d'isoprène à gauche (Almarie, 2020) et Structure générale des stéroïdes à droite (Zaiter, 2017).

La classification des terpènes est basée sur le nombre d'unités d'isoprène présentes dans la molécule. Ils forment de manière séquentielle: les hemiterpènes (C_5), les monoterpènes (C_{10}), les sesquiterpènes (C_{15}), les diterpènes (C_{20}), les sesterpènes (C_{25}), les triterpènes (C_{30}), les tetraterpènes (C_{40}) et les polyterpènes ou les polyisoprènes pour plus que 40C (Almarie, 2020).

Les stéroïdes sont aussi des métabolites secondaires, et ont le même précurseur des triterpènes (Fig. 05) (Chiribagula, 2013). La structure chimique des stéroïdes est similaire à celle de nombreuses hormones humaines (Chevalier, 2001). Il comporte les saponosides, les hétérosides cardiotoniques, les phytostérols et les triterpènes (El-Hadri, 2019).

2.1.3. Alcaloïdes

Ce sont des substances servant principalement comme des précurseurs des acides aminés azotés tels que le tryptophane, l'ornithine, la phénylalanine, la tyrosine et l'histidine. Ainsi, ils sont des composés organiques à base d'azote, dont ils peuvent classer

parmi les composants végétaux les plus efficaces et significatives sur le plan thérapeutique, avec des propriétés pharmacologiques distinctes: analgésiques, antispasmodiques et bactéricides. Leurs activités pharmacologiques s'inscrivent dans divers domaines entre autre le système nerveux central où ils peuvent être utilisés comme dépresseurs (morphine et scopolamine) ou stimulants (strychnine et caféine) (Fig. 06) (EL Hadri, 2019).

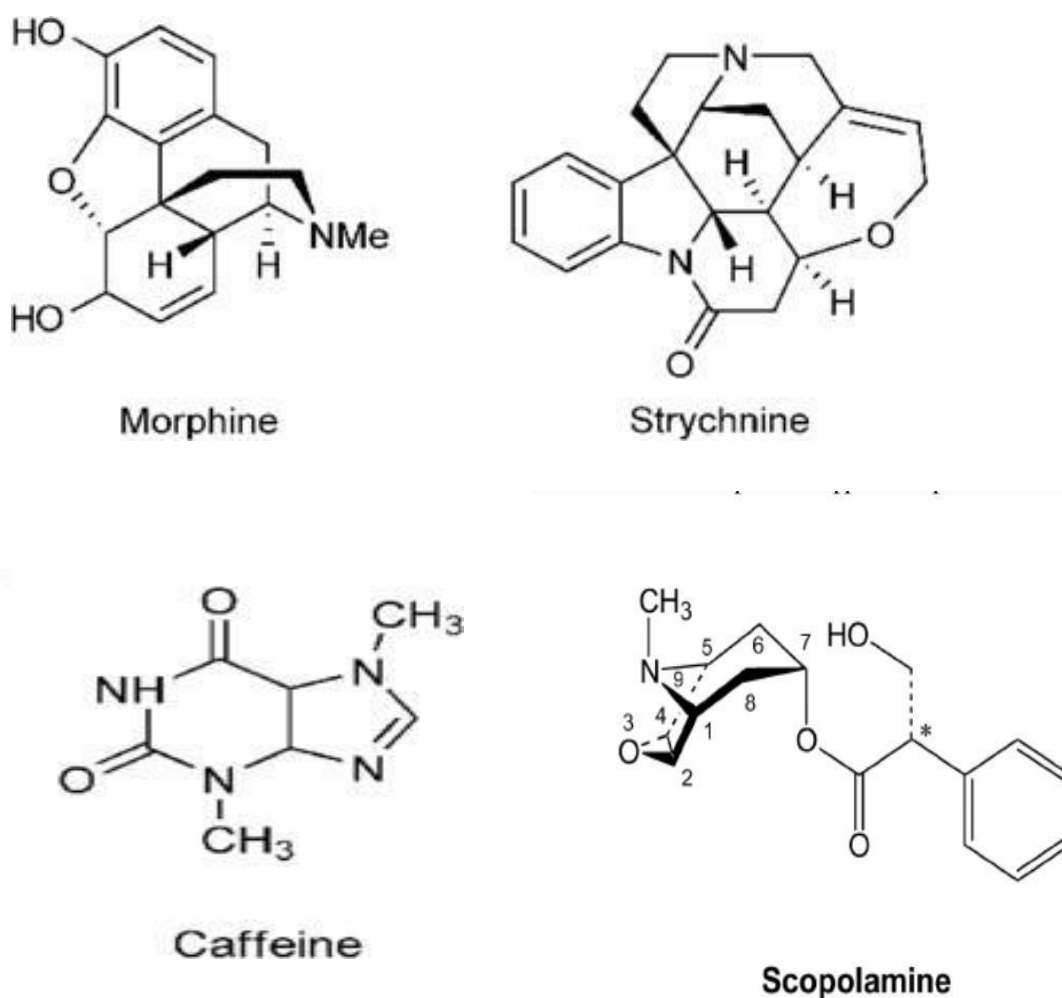


Figure 06 : Structures chimiques de quelques Alcaloïdes: la morphine, strychnine, caféine et scopolamine (O'Connor, 2010).

2.2. Conditions optimales pour obtenir un meilleur rendement

La qualité et la quantité des drogues végétales extraites des plantes sauvages ou cultivées dépendent des conditions de cueillette, de séchage et de conservation.

● **La récolte :** dépend des variations climatiques et saisonnières, dont les plantes ou leurs organes (feuilles, bourgeon, fleurs, fruits,) qui doivent être cueillis en temps sec,

de préférence après le lever du soleil et jamais en temps pluvieux pour éviter les risques de moisissure (**Abdoune, 2012**). En effet, de nombreuses parties de plante peuvent être collectées comme: les racines, les rhizomes, les tiges, l'écorce, le bois, les bourgeons, les feuilles, les sommités fleuries, les fleurs, les fruits, les graines, ainsi que les gommages et le latex (**Volak et Stodola, 1983**).

● **Le séchage** : sert à éliminer la grande partie de l'eau dans la plante, et il doit être commencé immédiatement après la collecte. La plante collectée doit être mise quelques heures au soleil, avant de la transférer à l'abri dans un locale sec et bien aéré. Pour les organes souterrains, il est nécessaire de les secouer, broser et parfois même les laver pour enlever la terre. Les racines et les tiges de grande dimension sont coupées en disc ou fendues longitudinalement afin de faciliter leur dessiccation ultérieure. La plante ou ses parties doit être aérée chaque jour pour faciliter le séchage. Le séchage a lieu de quelque jour à deux semaines, mais ne dépasse pas les trois semaines afin d'éviter tout dépôt de poussière sur les plantes. Le bon degré de séchage est atteint lorsque les feuilles et les fleurs sont rigides, mais non cassantes au toucher (**Debaisieux et Polese, 2009**).

● **Le stockage** : Au cours de cette étape, on doit préserver les molécules de l'humidité, de la lumière, de l'attaque des ravageurs, de divers insectes et champignons. Lorsque l'étape de séchage est terminée et il ne reste aucune trace d'humidité, les plantes se rangent séparément et soigneusement dans des récipients adéquats portant le nom de la plante et la date de l'échantillonnage. Il faut bien les fermer et les ranger dans un endroit sombre (**Abdoune, 2012**).

3. Famille des Apiacées

La famille des Apiacées, anciennement appelées Umbellifères, était connue depuis les anciennes civilisations chinoise et indienne du Mexique, plus que les Grecs et les Romains. Elles semblent être la première famille de plantes à fleurs reconnue par les botanistes vers la fin du 16^{ème} siècle. Elle fut aussi la première classe de plantes qui fait l'objet d'une étude systématique publiée par Robert Morison en 1672 (**Lamamra, 2017**). Paradoxalement, c'est une famille très homogène facile à reconnaître grâce à son inflorescence en ombelles composées, mais ses espèces sont assez difficiles à différencier les unes des autres (**Zaibet, 2016**).

3.1. Répartition

Environ 300 – 455 genres et 3000 – 3750 espèces sont appartenant à la famille des Ombellifères et répartissent dans toutes les régions tempérées, mais avec une prédilection pour l'hémisphère Nord (Fig. 07). Les genres présentent une bonne répartition entre les différents continents, avec une prédominance pour le continent asiatique (**Lamamra, 2017**). Elle occupe une place importante dans la flore Algérienne dont elle est représentée par 56 genres, 130 espèces (24 sont endémiques) et 26 sous espèces (Annexe 03).

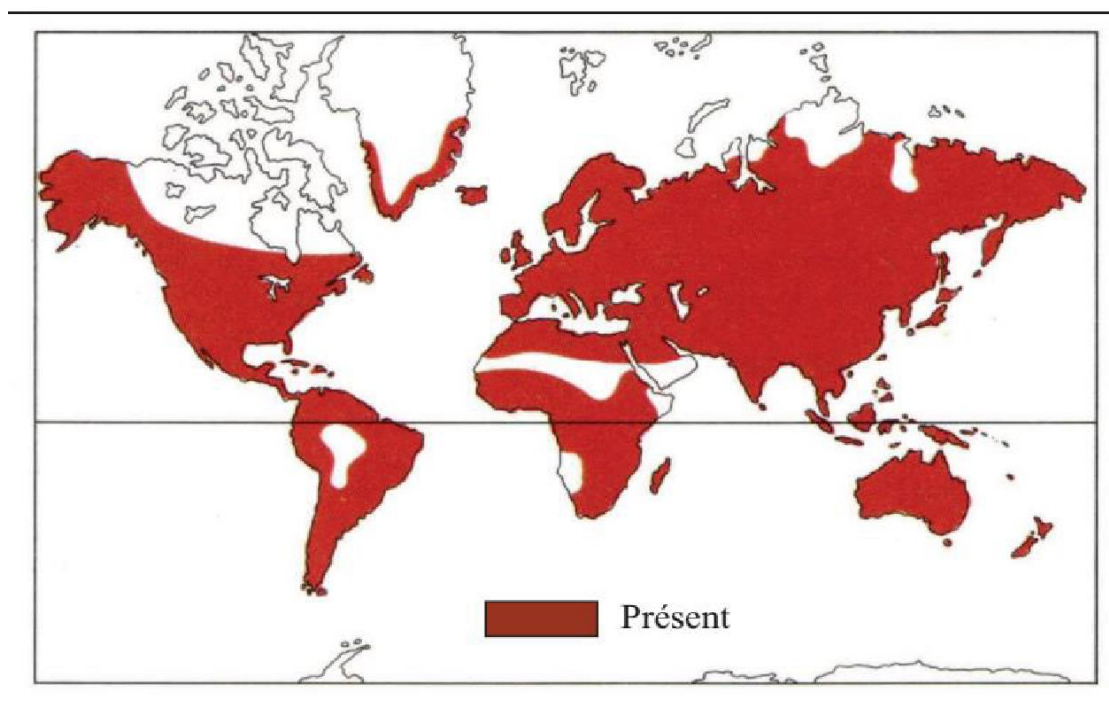


Figure 07: Répartition géographique mondiale des *Apiacées* (**Noui, 2018**).

3.2. Morphologie

Une vaste famille complexe qui regroupe des plantes herbacées annuelles, bisannuelles ou vivaces, et parfois des arbustes. En effet, la forme des fleurs donne à la famille son nom ancien, ombelle. L'ombelle complexe contenant le plus souvent une ombelle primaire avec ou sans bractées, et chaque branche porte une ombelle secondaire (ombellule) avec ou sans bractées secondaires (bractéoles). Elles sont petites dont les pétales ont toutes la même taille ou nettement irrégulières, cependant, les fleurs externes d'une ombelle ont des pétales externes nettement plus grands que les autres. Aussi, Les feuilles sont alternes, sans stipules, et le plus souvent composées à folioles finement découpées, mais certaines espèces ont des feuilles entières (**Noui, 2018**). Leur base est

fréquemment engainante et élargie. Les fruits sont, également, utilisées pour identifier les genres et les espèces qui se ressemblent. Les ombelles offrent un abondant nectar et une bonne plate-forme d'atterrissage, et donc sont généralement appréciées par les insectes pollinisateurs (El Kalamouni, 2010).

3.3. Classification des Apiacées

Selon le système de classification en vigueur (APG III, 2009) (Bouzerگونه, 2017), la famille des Apiacées est classée comme suit :

Règne: Plantae

Sous-règne: Tracheobionta

Division: Magnoliophyta

Classe: Magnoliopsida

Sous-classe: Rosidae

Ordre: Apiales

Famille: Apiaceae

3.4. Intérêt de la famille des Apiacées

La famille riche en métabolites secondaires comme les coumarines, les flavonoïdes, les composés acétyléniques, les lactones sesquiterpéniques et particulièrement les huiles essentielles présente des intérêts économiques et médicaux. Elle est bien connue par son rendement très important en huile essentielle dans la quasi-totalité de ses organes anatomiques. A nos jours, 760 constituants d'huiles essentielles ont été isolés des Apiacées (Landoulsi, 2016).

Dans cette famille, on trouve plusieurs plantes utiles par l'homme mais aussi d'autres toxiques, Ciguë, telles que:

- Les légumes-racines : Carotte (*Daucus carotta*), Panais (*Pastinaca sativa*), Cerfeuil tubéreux (*Chaerophyllum bulbosum*)

- Les légumes-feuilles/tiges : Céleri (*Apium graveolens*), Fenouil (*Foeniculum vulgare*)

- Les herbes aromatiques : Cerfeuil (*Anthriscus cerefolium*), Persil (*Petroselinum crispum*), Ngo gai (*Eryngium foetidum* L.), Coriandre (*Coriandrum sativum*)...

- Les épices-graines : Cumin (*Cuminum cyminum*), Anis (*Pimpinella anisum*), Coriandre (*Coriandrum sativum*).

- Les sources de résines odorantes : Asafoetida (*Ferula asafoetida*) (**Daroui-Mokaddem, 2012**).

3.5. Genre *Elaeoselinum*

Le genre *Elaeoselinum* (en grec: *Persil à Huile*) appartient à la famille des Apiacées, sous-famille Apioideae, tribu Laserpitieae et sous-tribu Daucineae. Ses principales caractéristiques sont le mode d'inflorescence en ombelles et la présence d'un appareil sécréteur interne. La tribu Laserpitieae est considérée comme typique de l'ancien monde et comprend les genres : Laserpitium, Siler, Melanoselinum, Guillonea, Rouya, Polylophium, Thapsia et Elaeoselinum. Ce dernier est représenté dans la flore européenne par quatre espèces: *E. asclepium* (L.) Bertol. contenant la subsp. *asclepium* et subsp. *meoides* (Desf.) Fiori, *E. foetidum* (L.) Boiss., *E. gummiiferum* (Desf.) Tutin et *E. tenuifolium* (Lag.) Lange (**Bader et al., 2010**).

3.6. Présentation de l'espèce *Elaeoselinum asclepium*

3.6.1. Description botanique

Nommée aussi *Thapsia asclepium* (L.) et *Laserpitium asclepium* L. (Fig. 08) (**Garcia et Silvestre, 1985**). C'est une plante herbacée, vivace à souche fistuleuse pendant la période de repos. Ses bourgeons sont enfoncés sous terre, leur feuille très découpées de contour ovale à pègne rapproché du rachis primaire. Le rachis secondaire souvent sinueux et des pétioles hispide, ultimes ramification densément groupées aux extrémités qui divariquées en tous sens. La tige de 30 à 100cm rameuse involucre polyphylle peut être nul mais très variable, ramifiée dans sa moitié supérieur. Les ombellules ont des pédicelles plus courts que les fruits, le méricarpe à bandelettes toutes turgides, les primaires moins étendues que les secondaire. Les pétales sont de couleur jaune (**Quézel et Santa, 1963**).

3.6.2. Systématique et nomenclature

Elaeoselinum asclepium appartient au:

Règne: Végétal

Division: Spermatophyte

Sous-division: Magnoliophyta (Angiosperme)

Classe: Magnoliopsida

Sous-classe: Asteridae

Ordre: Apiales

Famille: Apiaceae

Genre: *Elaeoselinum*

Espèce: *Elaeoselinum asclepium* (L.) Bertol.



Figure 08: Photo d'*Elaeoselinum asclepium* (Cliché personnel)

CHAPITRE II

Huiles Essentielles et Activités Biologiques

1. Définition, Caractéristiques et Localisation

Le terme huile essentielle se divise en deux parties: *Huile* indiquant la nature visqueuse (hydrophobe et donc lipophile) et *Essentielle* qui fait référence à son arôme distinctif ainsi qu'à sa rareté. Aussi, elle est nommée *Essence* qui fait référence aux parfums exhalés. C'est un produit d'origine végétale obtenu par la distillation (**Ben Miri, 2019**) et réparti dans toutes les parties de la plante à savoir : les racines ou les rhizomes (ex: vétiver, gingembre), les graines (ex: Muscade), les fruits (ex: citron), les fleurs (ex : lavande, menthe...), les écorces (ex: cannelles) et le bois (ex: camphrier) (**Lakhdar, 2015**). De plus, l'essence végétale est largement distribuée dans le monde végétal, mais il y a une exception pour les plantes supérieures, environ 2000 espèces sont divisées en 60 familles botaniques telles que : les Apiacées (coriandre, cumin, fenouil, persil,...), les Lamiacées (lavande, basilic, menthe,...), les Myrtacées (eucalyptus,...), les Lauracées (cannelle et sassafras),... (**Richter, 1993**).

Ce sont des molécules volatiles, de consistance huileuse, insolubles ou peu solubles dans l'eau mais solubles dans les solvants organiques et les alcools, avec une densité souvent inférieure à celle de l'eau sauf celles de la cannelle, du girofle et du sassafras. Aussi, elles sont incolores ou de couleur jaune pâle, liquide à une température ambiante et constituées de molécules à squelette carboné, dont le nombre varie de 5 à 22 atomes de carbone (souvent 10 ou 15C). Les composés des huiles essentielles sont changeable et sensible à l'oxydation, et donc il est nécessaire de les conserver dans un endroit humide et sombre (**Bayala, 2014 ; Lakhdar, 2015**).

2. Composition chimique

L'huile essentielle est un mélange naturel très complexe qui peut contenir de 20 à 60 molécules à différentes concentrations. Elle a une composition chimique très diversifiée et analysable, presque millier de composés sont isolés et il y a encore beaucoup à découvrir (**Lamamra, 2018**). Au fait, on distingue deux majeures classes dont la première est celle de terpènes et terpénoïdes, monoterpènes et sesquiterpènes, et la deuxième est celle des composés aromatiques (phénoliques). On trouve aussi des composés aliphatiques (alcane et alcènes) qui se trouvent, généralement, en trace. Tous les constituants sont caractérisés par leur faible poids moléculaire (**Bakkali et al., 2008 ; Lamamra, 2018**).

2.1. Terpènes et Terpénoïdes

Les terpénoïdes sont issus de l'assemblage des molécules de terpènes qui ont une structure de base une unité d'isoprène (C_5H_8) (Voir chapitre 1) (**Ouedrhiri, 2017**). Dans ce groupe on trouve les monoterpènes et sesquiterpènes.

2.1.1. Monoterpènes

Contiennent plus de 900 composés bien connus et proviennent de la fusion de deux unités isoprène tête-à-queue, leur formule de base est $(C_5H_8)_2$ (**Kachetel et Sahmi, 2017**). Il existe trois catégories des monoterpènes: acycliques ou linéaires, monocycliques et bicycliques (Fig. 09) comme : linalol, géraniol, citral, farnésène, farnésol (acycliques), menthol, carvone, humulène, zingibérène (monocycliques) et pinène, cadinène, thuyone, camphre, chamazulène (bicycliques). Egalement, ils contiennent plusieurs fonctions chimiques (Annexe 04) telles que : l'alcool (géraniol, linalol, menthol), l'ester (acétate de linalyle), éthers-oxydes (cinéole), la fonction cétones (menthone, carvone, camphre, thujone et celle aldéhydes (citral, citronellal) (**Massol, 2020**).

2.1.2. Sesquiterpènes

Comportent plus de 3000 molécules très diversifiées (**Hessas et Simoud, 2018**). Ils sont formés par l'assemblage de trois unités d'isoprènes ($C_{15}H_{24}$), avec une structure similaire à celle des monoterpènes. Ils sont divisés en plusieurs catégories structurales: les acycliques (farnésol), les monocycliques (α -zingibérène), les bicycliques, les tricycliques et les polycycliques (β -artémisinine) (Fig.09). Des fonctions chimiques sont également présentes dans les sesquiterpènes comme celle de: cétone (nootkatone, β -vétivone), aldéhyde (sinensal), ester (acétate de cédryle) et alcool (farnésol, carotol). Ils sont utilisés sous forme d'hydrocarbures ou d'hydrocarbures oxygénés, Farnésène et zingibérène (**Kachetel et Sahmi, 2017; Lamamra, 2018**).

2.2. Composés aromatiques

Ces composés contiennent plusieurs substances odorantes dérivées du phénylpropane et moins abondantes que les terpènes (Fig. 10) (**Bayala, 2014**). Ils se trouvent largement chez les HE des Apiacées, comme l'estragole et la vanilline qui sont responsables de l'odore de l'estragon et la vanille (**Chaib, 2018**).

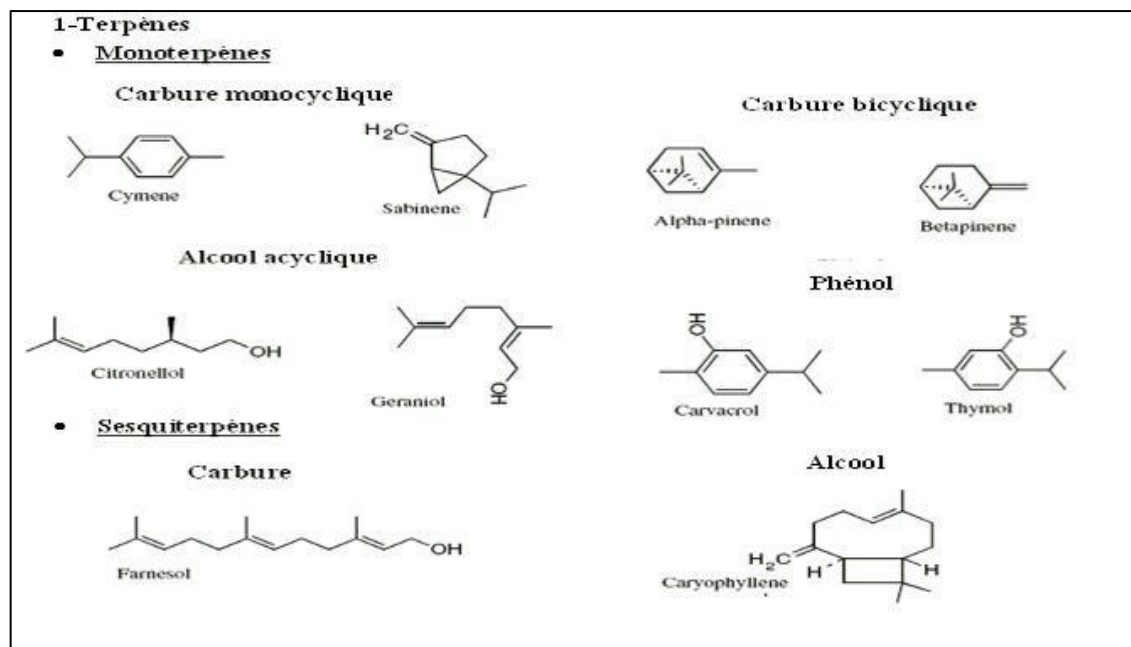


Figure 09: Structures chimiques des quelques composés terpènes (Bakkali *et al.*, 2008).

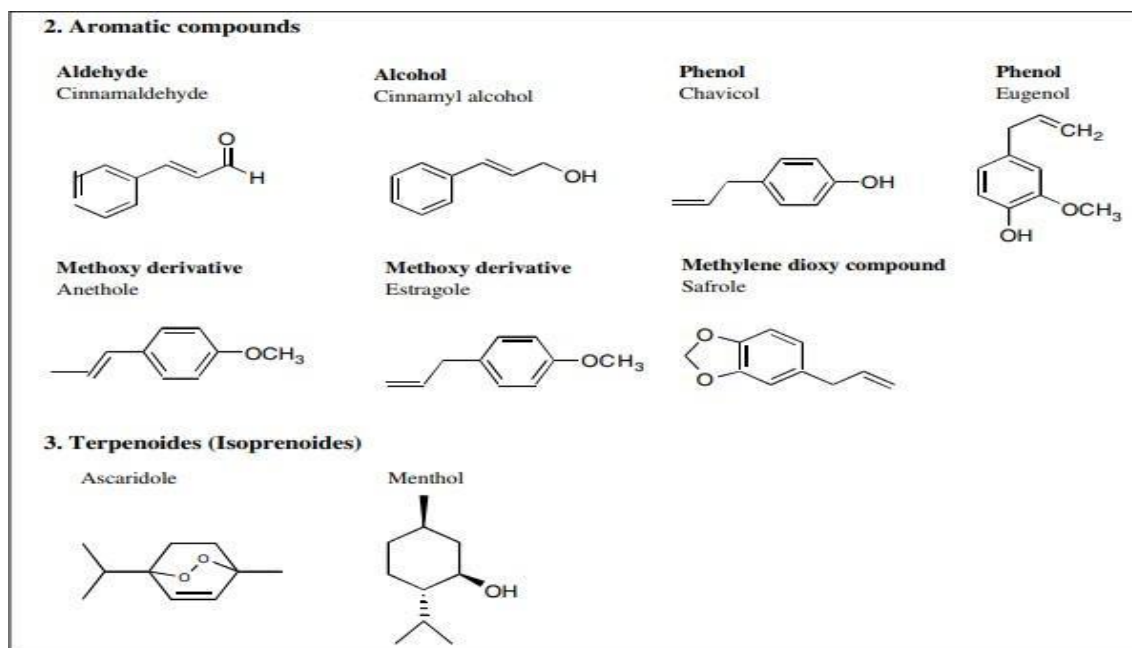


Figure 10 : Structures chimiques de quelques composés phénoliques (Bakkali *et al.*, 2008).

Ils sont classés selon la nature des fonctions qu'ils portent: aldéhydes (cinnamaldehyde, benzaldéhyde, cuminaldéhyde, anisaldehyde), phénols (eugénol), éthers (anéthole, safrole), alcool (alcool cinnamyl), dérivés méthoxy (anéthole, élémicine, estragole, méthyleugénols) et composés de méthylène dioxyle (apiol, myristicine, safrole (Annexe 04) (Massol, 2020; Lakhdar, 2015). Il existe deux types de composés aromatiques : les composés substitués sur le noyau de benzène et les dérivés composés

aromatiques. Dans ces dernières, le substituant est directement lié au cycle benzénique de la chaîne latérale des composés substitués (Fig. 10) (Bayala, 2014).

3. Méthode d'extraction

Le processus d'extraction repose sur la possibilité de récupérer un produit d'origine végétale, sensibles et subtiles tout en maintenant leur qualité (Ben Miri, 2019). Le choix de ce procédé dépend de plusieurs critères à savoir: les propriétés physicochimiques des essences et la nature de la matière à traiter (Kachetel et Sahmi, 2017). Différentes méthodes d'extraction sont utilisées pour extraire l'essence végétale entre autre : la Distillation qui renferme trois techniques (l'hydrodistillation, l'hydrodiffusion et l'entraînement à la vapeur d'eau), l'extraction à CO₂ supercritique et enfin l'extraction assistée par micro-onde (Lamamra, 2018).

3.1. Extraction au CO₂ supercritique

Le terme "Supercritique" signifie que le CO₂ est dans un pseudo état, instable, entre l'état liquide et celui gazeux, cet état peut être mis en place sous pression et température de 31°C. Plusieurs composés organiques ont une tendance de se solubiliser dans cet état supercritique, et donc les fabricants des produits à base des HEs utilisent cette propriété pour les extraire. Les molécules volatiles sont donc mélangées avec le CO₂ sous pression, le mélange est ensuite recueilli dans un récipient sous une pression considérablement réduite. Le CO₂ s'évapore et il ne reste que l'HE (fig.11)(Grosso *et al.*, 2008; Safaralie *et al.*, 2008).

3.2. Extraction assistée par micro-onde

Plusieurs auteurs ont rapporté cette méthode qui donne un rendement très important, dans un temps d'extraction réduit par rapport à celles traditionnelles. La méthode consiste à appliquer des microondes sur les cellules végétales, dont l'objectif est d'exciter les molécules d'eau qui y présente, ce qui induit la dégradation des cellules et donc la libération des huiles piégées dans l'espace extracellulaires (fig.12) (Lahlou, 2004).

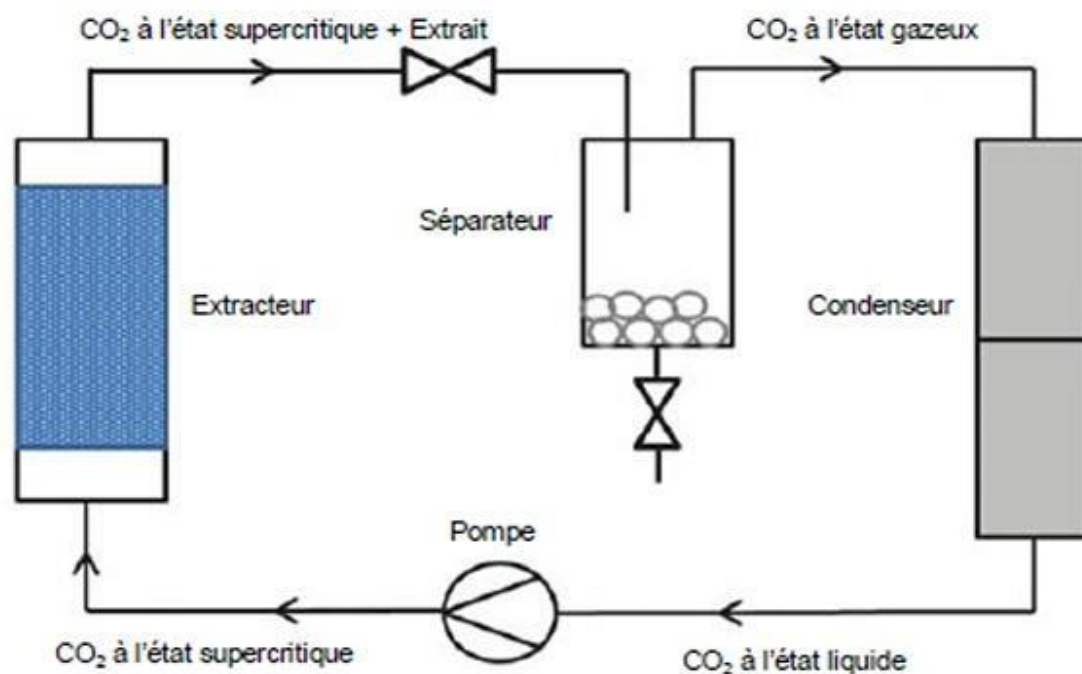


Figure 11: Schéma du procédé d'extraction au CO₂ supercritique (Chenni, 2016).

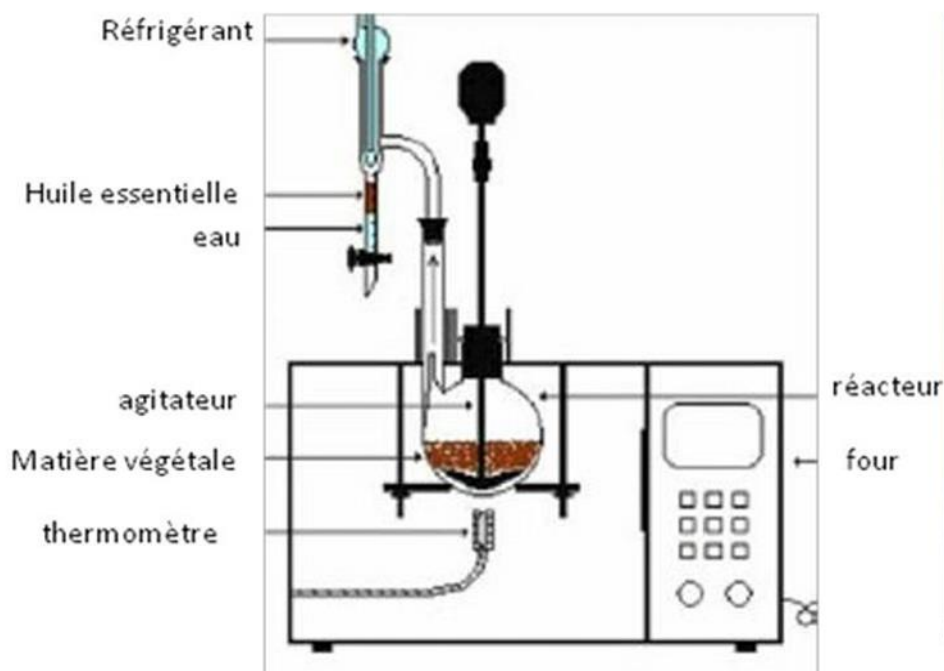


Figure 12 : Principe de l'extraction assistée par micro-onde (El Haib, 2011).

3.3. Distillation

Les huiles essentielles sont influencées par la température élevée. Dans cette méthode, l'huile volatile est mélangée avec la vapeur d'eau, puis une condensation de la vapeur aromatique est mise en place ce qui conduit à la séparation de l'HE par différence de densité (décantation). Il en existe trois techniques : l'hydrodistillation (la matière végétale est mélangée avec l'eau dans un ballon) (Annexe 05), l'hydrodiffusion (il n'y a pas un contact direct entre la plante et l'eau, dont la vapeur traverse la matière végétale de haut vers le bas) (Annexe 06) et l'entraînement à la vapeur d'eau (comme l'hydrodiffusion mais là, la vapeur traverse la matière végétale de bas vers le haut) (Annexe 07). (Lamamra, 2018).

4. Toxicité des huiles essentielles

Les HEs sont des molécules biologiquement bénéfiques mais elles peuvent avoir de graves effets secondaires. En effet, il est important de respecter la posologie de ces molécules ainsi que leur durée d'utilisation (Abdelli, 2017). La prise de certaines huiles essentielles est dangereuse, mais en règle générale leur toxicité aigüe par voie orale est faible ou très faible. La majorité des huiles couramment utilisées ont une dose létale (DL_{50}) comprise entre 2 et 5g/kg (Anis, Eucalyptus, Girofle...etc.), mais d'autres supérieures à 5 g/kg (Camomille, Lavande...etc.). Ainsi, une quinzaine d'huiles ont une DL_{50} comprise entre 1 et 2g/kg comme le Basilic, l'Estragon et l'Hysope (1,5ml/kg). En revanche, il en existe d'autres plus toxiques telles que l'huile essentielle de Boldo (0,13g/kg avec une convulsions à partir de 0,07g/kg), de Chénopode (0,25g/kg), de Thuya (0,83g/kg), ainsi que l'essence de moutarde (0,34g/kg) (Lamamra, 2017).

5. Conservation des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont des molécules très fragiles et très volatiles, et donc pour maintenir leur bonne qualité, elles doivent stocker dans certaines conditions favorables. Au fait, elles doivent être conservées à une température de 4C° et à l'abri de la lumière et la chaleur, dans des récipients propres et secs en aluminium vernissé, acier inoxydable ou en verre teinté (brun, vert, ou bleu) pour éviter leur oxydation. La période de ce stockage varie

entre 6 mois et 5 ans, sauf les essences des *Citrus* qui se conservent un peu moins longtemps (trois ans) (Mayer, 2012).

6. Domaines d'application

Les molécules des huiles essentielles leur confèrent des propriétés odorantes, aromatiques ainsi que d'autres activités biologiques. Ces caractéristiques offrent un large spectre d'utilisation dans de nombreux domaines, que ce soit cosmétique, santé ou agro-alimentaire.

6.1. Agro-alimentaire

Les HEs sont riches en molécules antimicrobiennes et antioxydantes, ce qui permet de les utiliser comme conservateurs alimentaires. Le retour au naturel est lié à une prise de conscience générale tournée vers la protection de l'environnement avec, entre autres, la réduction de la consommation des produits synthétiques et le développement de l'agriculture biologique. Elles sont utilisées en industrie agroalimentaire comme arôme et épices pour les boissons gazeuse ou alcooliques, produits laitiers, produits carnés, sauce, soupes snacks, produits de boulangerie et aussi comme nutriment des animaux (Zaibet, 2016).

6.2. Pharmacie et Aromathérapie

Les huiles essentielles sont utilisées depuis très longtemps en médecine traditionnelle, aromathérapie. Cette dernière utilise les composés volatiles odorants des HEs pour prévenir, atténuer ou soigner les infections et les troubles internes par inhalation. Aussi, elles sont employées pour traiter certaines maladies externes par application sur la peau.

Egalement, les essences sont appliquées en médecine dite conventionnelle ou scientifique. En effet, en pharmacie, elles sont souvent destinées à l'aromatisation des formes médicamenteuses administrées par voie orale, ainsi que pour leur activité antiseptique en milieu hospitalier. Plusieurs produits tels que les pommades, les crèmes et les gels à base d'huiles essentielles ont une tendance de faciliter l'administration des médicaments par voie transdermique. Ces produits sont généralement destinés à soulager les entorses, les courbatures, les allergies articulaires ou musculaires (Abdelli, 2017).

6.3. Parfums et Cosmétiques

Les huiles essentielles sont utilisées depuis longtemps en cosmétologie et parfumerie, en raison de leurs propriétés odorantes. L'industrie du cosmétique et le secteur des produits d'hygiène, détergents et lessives, par exemple, sont également des consommateurs, même si le coût souvent élevé des produits naturels conduit parfois, à privilégier, pour les formulations de grande diffusion, les produits synthétiques. (Abdoune, 2012).

7. Activités biologiques des huiles essentielles

Depuis les temps anciens, les substances naturelles représentent une source importante de médicaments, dont les plus importants sont les HEs qui contiennent plusieurs principes actifs pour l'industrie pharmaceutique. Au fait, elles restent une source irremplaçable pour la fabrication de nouvelles entités chimiques, malgré tout le développement et les progrès de l'industrie pharmaceutique (Kanoun *et al.*, 2016).

7.1. Activité antimicrobienne

De l'Antiquité jusqu'au début du 20^{ème} siècle, l'homme s'intéressait aux propriétés antimicrobiennes des plantes médicinales et aromatiques (Athmena *et al.*, 2010). Lorsque le corps humain est exposé à un corps étranger tel que des micro-organismes (bactéries, champignons microscopiques, virus ou parasites), il dispose d'un système de défense immunitaire naturel qui élimine ce type de corps étranger. Toutefois, parfois le microorganisme envahit le corps humain et tombe malade, donc il est nécessaire d'appliquer un traitement antimicrobien. C'est pourquoi plusieurs chercheurs ont mené des études et programmes pour développer des agents antimicrobiens d'origine végétale, notamment les plantes médicinales (Fekih, 2015).

7.1.1. Activité antibactérienne des huiles essentielles

Les bactéries sont des microorganismes unicellulaires, procaryotes, vivent dans tous les environnements, invisible à l'œil nu et ont de nombreuses formes sphériques (coques), bâtonnets (bacilles) et d'autres plus ou moins spiralées (Dellarase, 2014). En effet, les huiles essentielles sont considérées comme agents antibactériens les plus efficaces dans les plantes, car elles agissent contre un large spectre de bactéries Gram-positif et Gram-négatif plus que celles qui développent des résistances aux antibiotiques (Toure, 2015). En

revanche, leur mécanisme d'action antibactérien est mal connu grâce à leur effet antibactérien très diversifié et leur composition chimique complexe. Donc l'effet antibactérien des HEs est le résultat de multiples modes d'action qui se réunissent entre eux en impliquant différentes cibles cellulaires (Fig. 13). Les principaux mécanismes et sites d'action de différents constituants des HE sont:

- Altération de la paroi cellulaire (Précipitation des protéines et des acides nucléiques ;
- Altération des protéines membranaires (Inhibition de la synthèse des macromolécules, la morte de la bactérie) ;
- Dégradation de la membrane cytoplasmique (Inhibition de la perméabilité membranaire sélective et détérioration membranaire perte des constituants cellulaires) ;
- Fuite du contenu cellulaire grâce à caractère hydrophobe des HEs ;
- Coagulation du cytoplasme ;
- Epuisement de la force de mouvement des protons ;
- Modification de la morphologie de la cellule bactérienne par absorption et formation d'un film autour de la cellule bactérienne avec inhibition des processus de respiration, d'absorption et d'excrétion (Goetz et Ghedira, 2012 ; Gaborieau, 2014).

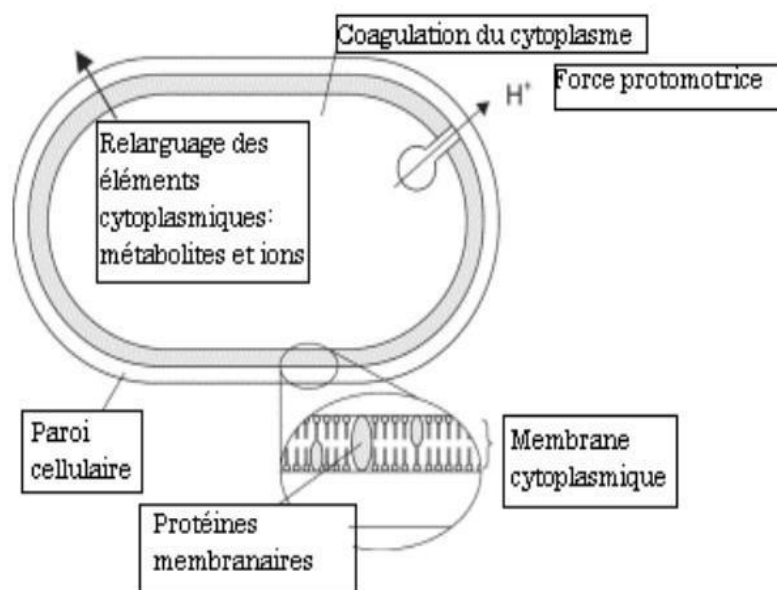


Figure 13 : Principaux sites d'action des huiles essentielles (Gaborieau, 2014).

Le potentiel antimicrobien des HEs est influencé par deux principaux facteurs: la composition chimique de l'HE et le micro-organisme ciblé.

7.1.1.1. Activité liée à la composition chimique de l'huile essentielle

Le pouvoir biologique des HEs est lié avec leur composition chimique et notamment la structure chimique des molécules qui en composent, comme la fonction alcool, cétone... plus que leur effets synergiques possibles. Ainsi, l'effet antibactérien des terpènes oxygénés est plus élevé en comparaison avec celui des terpènes hydrocarbonés (**Toure, 2015**). Les molécules ayant une activité antibactérienne peuvent être classées en ordre décroissant comme suite : Phénol/Alcools/ Aldéhydes/ Cétones/ Oxydes/ Hydrocarbures/ Esters. Les phénols tels que le thymol, le carvacrol et l'eugénol sont responsables de l'activité bactéricide des huiles essentielles qui en contiennent, plus que les alcools (terpinéol, menthol, géraniol, linalol, thujanol et myrcénol), les aldéhydes (citronnellal et cuminal, les plus importantes), les cétones (thujone, boméone), les oxydes, les hydrocarbures et les esters en un faible pourcentage (**Belal et al., 2019**).

7.1.1.2. Activité liée au microorganisme ciblé

L'efficacité des HEs varie en fonction des bactéries testées plus que leur Gram, dont elles peuvent être un agent biocide contre certaines souches bactériennes, biostatique vis-à-vis d'autres souches ou inefficace (**Lahlou, 2004**). Ainsi, les bactéries à Gram positif possèdent une sensibilité aux HEs plus importantes que celles à Gram négatif, car leur membrane externe plus hydrophile qui empêche les terpènes hydrophobes d'y adhérer. Contrairement aux bactéries à Gram négatif, leur membrane externe est très riche en protéines et glycolipides ce qui rend ce type des microorganismes plus résistant (**Toure, 2015**).

7.1.2. Activité antifongique des huiles essentielles

Les champignons (ou les mycètes) sont des cellules eucaryotiques appartenant au règne Fungi, hétérotrophes dépourvus de chlorophylle, et capables de propager sur plusieurs endroits par le biais des spores (2-250µm). La propagation de ces dernières est mise en place par l'air ambiant ou par contact humain, dans des conditions favorables de l'humidité et la température.

Ainsi, l'effet antifongique des huiles essentielles est découvert depuis longtemps *in vitro*, où certaines huiles se sont montrées très sensibles contre quelques maladies

fongiques humaines, animales et agricoles causées par des espèces du genre *Candida*. Ces huiles sont appliquées dans le domaine thérapeutique et industriel (**Bertella, 2019**). Les HEs ont plusieurs sites d'actions dans la cellule fongique comme: la paroi, la membrane, la synthèse des acides nucléiques et la synthèse des stérols (**Hessas et Simoud, 2018**). Aussi, elles agissent sur la biomasse des levures et la production des pseudomycéliums, la sporulation, la production des toxines chez les moisissures, l'inhibition de la germination des spores et l'élongation du mycélium (**Belal et al., 2019**). Certaines HEs peuvent perturber la perméabilité cellulaire par leur incorporation entre les chaînes grasses acyles composant les bicouches lipidiques membranaires. Ce phénomène inhibe la synthèse d'ergostérol, perturbe la fluidité de la membrane plasmique, conduit à des altérations et des déformations cellulaires et donc empêche l'adhésion des champignons aux muqueuses réduisant ainsi leur virulence et leur contagiosité (**Kaloustian et al., 2012**).

La composition chimique de l'huile détermine son effet antifongique, qui peut être estimé selon la durée d'inhibition de la croissance du champignon déterminée par simple observation macroscopique. Cet effet biologique varie selon la fonction chimique de la molécule constituant l'huile comme suit: Phénols > Alcools > Aldéhydes > Cétones > Ethers > Hydrocarbures (**Franchrome et al., 2001**).

7.2. Activité antivirale

Les virus sont des microorganismes acaryotiques, représentant une entité biologique incapable de se reproduire de façon autonome et qui nécessitent une cellule hôte pour se multiplier, l'appellation de parasite cellulaire est donc obligatoire. Ils sont composés d'un acide nucléique, Capside, parfois entourés d'une enveloppe (**Kayser et al., 2016**).

Les huiles essentielles se sont montrées efficaces contre les virus, aussi certaines d'entre elles ont enregistré un fort effet antiviral car ils sont très réactifs. Cet effet est dû à leurs molécules aromatiques actives et notamment les phénols et les monoterpènes. Les molécules des HEs sont capables d'arrêter le développement des virus et donc facilitent l'élimination du mucus tout en stimulant le système immunitaire (**Belal et al., 2019**). L'ordre d'activité antivirale de ces substances est le suivant: le couple synergique Cinéole-Monoterpénol > Linaloloxylde-Linalol > Cétones > Aldéhydes > Ethers (**Franchrome et al., 2001**).

7.3. Activité antiparasitaire

Un parasite est un organisme vivant végétal ou animal, se nourrit sur une cellule hôte sans laquelle il est incapable de survivre. Le parasitisme est un phénomène très répandu et donc touche tous les êtres vivants (**Dupouy-Camet, 2008**). Les huiles essentielles ont une activité antiparasitaire sur différentes cellules nuisible, actions herbicides et insecticides (**Moreira et al., 2014**).

Ainsi, l'effet antiparasitaire comme celui antibactérien, le groupe des phénols possède une action puissante, et les oxydes (ex: l'ascaridole) qui produisent de bons agents antihelminthiques très spécifiques. De même, les cétones se sont montrées très efficace contre les parasites, mais ils ont une neurotoxicité, et donc il faut respecter les précautions d'emploi. Les flavonoïdes possèdent également une forte activité antiparasitaire et antispasmodiques sur un large spectre de parasites comme le genre *Plasmodium* (**Portet et al., 2007**). Le thym à linalol, la sarriette des montagnes ont d'excellentes huiles essentielles antiparasitaires (**Mayer, 2012**).

7.4. Activité antioxydante

Les huiles essentielles sont aussi utilisées comme molécules antioxydantes dans l'industrie alimentaire pour améliorer le goût des aliments. Cet effet est dû à la présence de certains composés antioxydants comme les polyphénols qui ont un pouvoir élevé, plus que les alcools, les éthers, les cétones et les aldéhydes qui ont un pouvoir un peu plus faible (**Shan, 2005**).

De nombreux auteurs ont rapporté les propriétés antioxydantes et antiradicalaires des huiles essentielles. Au fait, l'huile essentielle du clou de girofle (*Syzygium aromaticum* (L.), *Eugenia caryophyllus* (Sprengel)) (**Barbelet, 2015**) indien a montré une bonne activité antioxydante qui est issue principalement à son composé majoritaire Eugénol qui est un phénylpropanoïde connu comme un puissant antioxydant (**Teixeira et al., 2013**). Aussi, l'huile essentielle de *Carum nigrum* (cumin noir) et son oléorésine étaient capables de piéger le DPPH avec un effet de 41-71% et 50-80%, respectivement. Les huiles essentielles de la cannelle, muscade, clou de girofle, basilic, persil, origan et thym possèdent de puissants composés antioxydants notamment le thymol et le carvacrol. L'activité de ces deux dernières molécules a une relation directe avec leur structure phénolique, car les composés de ce type ont des propriétés oxydo-réductrices et donc

jouent un rôle important dans la neutralisation des radicaux libres et la décomposition des peroxydes (Lamamra, 2017).

7.5. Activité anti-inflammatoire

L'inflammation est une réponse pathophysiologique du tissu vivant vascularisé à une agression de différentes origines (physique, chimique ou biologique) pour maintenir son intégrité. Le corps humain contient un moyen de défense naturelle contre ces agressions extérieures, mais parfois le processus inflammatoire se propage et peut provoquer de nombreuses maladies chroniques (Lamamra, 2018), et c'est la raison pour laquelle l'apport extérieur des molécules anti-inflammatoire est devenu indispensable. En effet, les plantes médicinales et notamment les huiles essentielles sont largement utilisées pour leur effet anti-inflammatoire.

Les HEs des racines et les parties aériennes de plusieurs espèces du genre *Eryngium* sont utilisées en médecine traditionnelle pour traiter différents troubles inflammatoires. Divers extraits obtenus d'*Eryngium campestre* ont révélé une activité anti-inflammatoire *in vitro* par inhibition de la synthèse de la cytokine FNT α (Facteur de Nécrose Tumorale α) qui est l'une des plus importantes cytokines pro-inflammatoires. Aussi, ils peuvent inhiber la synthèse de l'oxyde nitrique généré par l'oxyde nitrique synthase inductible (iNOS) dans les cellules endothéliales murines sans affecter la viabilité cellulaire. L'activité anti-inflammatoire des extraits éthanoliques d'*Eryngium campestre* et *Eryngium maritimum* (racines, parties aériennes) a été aussi effectuée *In vivo* et a donné de bons résultats (Landoulsi *et al.*, 2018).

Le potentiel anti-inflammatoire des HEs est causé principalement par leur composition chimique riche en substances bioactives, dont les plus connues et puissantes sont : les aldéhydes monoterpéniques, les esters terpéniques, les sesquiterpènes et les monoterpènes, l'eugénol (phénol aromatique), l'eucalyptol (oxyde terpénique), alcools terpéniques (sesquiterpénols, monoterpénols), les cétones terpéniques et les phénols méthyl-éthers (Bouزيد, 2018).

PARTIE EXPERIMENTAL

Chapitre III
Matériel et Méthodes

1. Matériel

1.1. Matériel végétal

Les feuilles d'*Elaeoselinum asclepium* ont été récoltées dans la région de Felfla (Skikda) durant la période de floraison. Elles sont débarrassées des impuretés puis séchées à l'ombre à une température ambiante et à l'abri de la lumière solaire, afin de préserver au maximum l'intégrité des molécules. Les feuilles sont stockées à l'abri de lumière pour une future utilisation.

1.2. Matériel biologique / Souches bactériennes

Cette étude a été menée sur une panoplie de souches bactériennes de type ATCC variées entre Gram(+) et Gram(-) et qui sont: *Bacillus subtilis* ATCC 6633, *Staphylococcus aureus* ATCC25923 (Gram (+)), *Escherichia coli* ATCC25922, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC27853, *Listeria inocula* CIP74915 et *Salmonella typhimurium* ATCC19430 (Gram (-)).

1.3. Matériel de laboratoire

Boîte de Pétri, Autoclave, anse de platine, pipette Pasteur, tubes à essai, des disques en papier, bec Bunsen, éprouvettes, erlenmeyer, béchers, Clevenger, étuve et spectrophotomètre

1.4. Réactifs utilisés

Gélose de Mueller Hinton (GM), gélose nutritive (GN), bouillon nutritif (BN), l'eau physiologie (NaCl à 0,9%), diméthylsulfoxyde (DMSO) et gentamycine.

2. Méthodes

2.1. Extraction des huiles essentielles

L'extraction a été réalisée par hydrodistillation à l'aide d'un dispositif de type Clevenger. La méthode consiste à porter à l'ébullition l'eau distillée dans laquelle se trouve une quantité du matériel végétal. Pendant l'ébullition, les cellules végétales s'éclatent et libèrent l'huile essentielle qui se mélange avec la vapeur de l'eau distillée. La vapeur

chargée de l'huile essentielle passe par le tube vertical, puis dans le réfrigérant (condensateur), où elle va se condenser et former l'eau aromatique. Les gouttelettes ainsi produites sont accumulées dans un tube rempli de l'eau distillée, et grâce à la différence de densité, l'HE surnage à la surface de l'eau distillée. L'HE obtenue est récupérée à l'aide d'une aiguille d'une seringue et conservée dans des flacons opaques bien scellés à l'abri de la lumière. L'hydrodistillation demeure 3 heures (Bouhekrit, 2018).

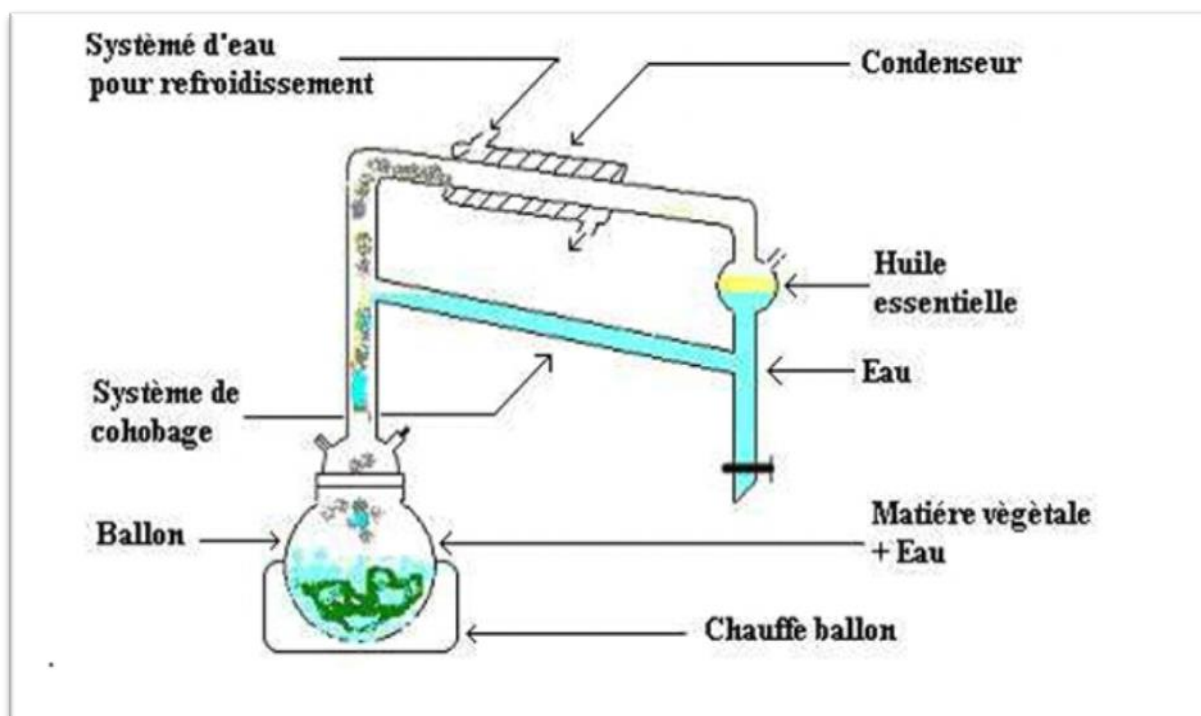


Figure 14: Appareil utilisé pendant l'hydrodistillation de l'huile essentielle, Clevenger (El kalamouni, 2010).

2.2. Activité antibactérienne

Il existe plusieurs méthodes pour déterminer l'activité antibactérienne des huiles essentielles mais on a choisi celle de diffusion sur gélose ou aromatogramme, contacte directe. La méthode repose sur le pouvoir migratoire des molécules de l'HE sur un milieu solide coulé dans une boîte de Pétri. Elle permet de mettre en évidence l'effet antibactérien de l'HE sur les souches bactériennes testées, ainsi que la détermination de leur résistance ou la sensibilité (Bouguerra *et al.*, 2014)

2.2.1. Préparation du milieu de culture d'Aromatogramme

La gélose de Mueller Hinton (Annexe 08) stérile est coulée dans des boîtes de Pétri stériles de 90mm de diamètre avec 4mm d'épaisseur. La gélose est répartie uniformément dans des boîtes de Pétri qui vont sécher ensuite pendant 30 min à la température du laboratoire et incubées pendant 24h à 37°C (**Bouhekrit, 2018**).

2.2.2. Préparation de l'inoculum bactérien

Chaque souche bactérienne a été ensemencée en stries sur des boîtes de Pétri contenant la gélose nutritive (GN) et incubée pendant 18 heures, afin d'obtenir une culture jeune des bactéries et des colonies bien isolées. Après les 18 heures et à partir de ces boîtes, on a prélevé quelques colonies bien isolées et parfaitement identiques avec une anse de platine ou pipette Pasteur et les transférer dans un tube contenant 9 ml d'une solution de l'eau physiologique stérile à 0.9% de sel (NaCl) afin d'avoir une densité cellulaire initiale voisine à celle de 0,5 Mc Farland (10^6 UFC/ml). On peut avoir également la même concentration en lisant de la densité optique de la suspension bactérienne à 625nm en ajustant la valeur entre 0.08 et 0.1. L'inoculum bactérien est ajusté soit en ajoutant de la culture s'il est trop faible soit de l'eau physiologique stérile s'il est trop concentré. L'ensemencement doit se faire dans les 15 minutes qui suivent la préparation de l'inoculum (**Bouhekrit, 2018**).

2.2.3. Préparation des dilutions de l'huile essentielle

Après l'extraction des HE par hydrodistillation, on prépare trois dilutions: 1/2, 1/5, 1/10 (v/v) dans le DMSO (diméthylsulfoxyde). Ce choix a été fait parce que le DMSO est le solvant préférable pour la majorité des auteurs, notamment, **Gachkar et al. (2007)** qui ont prouvé que le DMSO n'a aucun pouvoir antibactérien (**Bouhekrit, 2018**).

2.2.4. Ensemencement et dépôt des disques

L'ensemencement est réalisé par écouvillonnage sur boîtes de Pétri, un écouvillon est trempé dans la suspension bactérienne, puis essoré en le pressant fermement sur la paroi interne du tube. L'écouvillon est frotté sur la totalité de la surface gélosée, de haut en bas en stries serrées. L'opération est répétée deux fois en tournant la boîte de 60° à chaque fois. L'ensemencement est fini en passant l'écouvillon une dernière fois sur toute la

surface gélosée. L'écouvillon est rechargé à chaque fois qu'on ensemence plusieurs boîtes de Pétri avec la même souche. Les disques imprégnés d'extraits sont déposés délicatement sur la surface de la gélose inoculée à l'aide d'une pince stérile. Egalement, les antibiogrammes réalisés avec des disques d'antibiotiques (témoin positif) appropriés prêts à l'emploi ont été utilisés pour la comparaison avec les résultats des extraits testés et les disques imprégnés de DMSO (témoin négatif). Finalement, les boîtes de Pétri sont incubées pendant 18 à 24 heures à 37°C (Labiod, 2016).

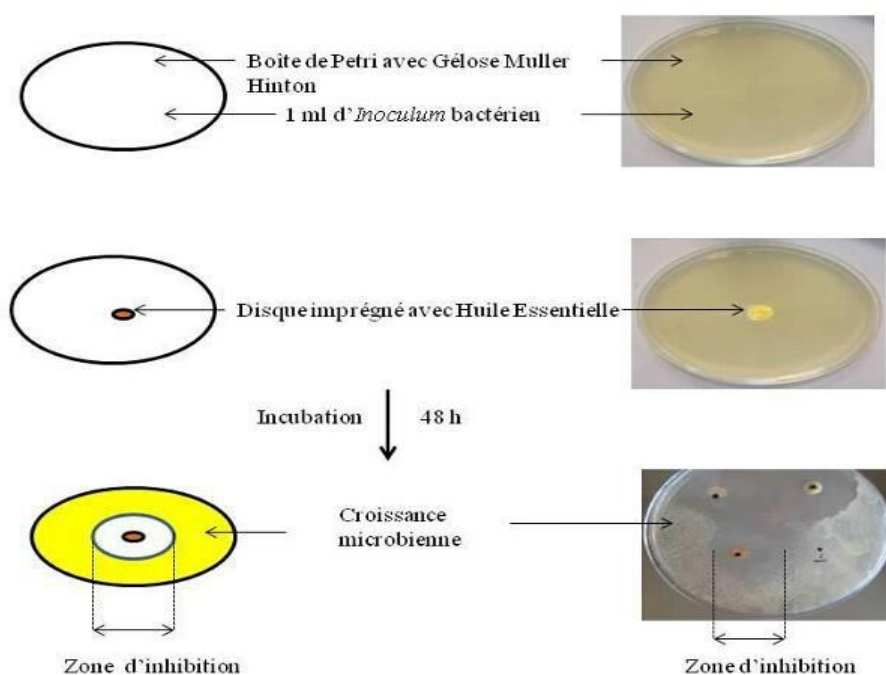


Figure 15: Principe de la diffusion sur disque (Mnayer, 2014).

2.2.5. Expression des résultats

La lecture se fait par la mesure du diamètre de la zone d'inhibition autour de chaque disque à l'aide d'une règle en mesurant la moyenne de deux diamètres perpendiculaires passant par le milieu du disque. Trois répétitions ont été effectuées pour chaque souche. Une échelle d'estimation de l'activité antimicrobienne d'une huile essentielle en se basant sur les diamètres des zones d'inhibition (D) permet de distinguer 5 classes d'HE :

- Très fortement inhibitrice : $D \geq 30$ mm
- Fortement inhibitrice : $21 \text{ mm} \leq D \leq 29$ mm
- Modérément inhibitrice : $16 \text{ mm} \leq D \leq 20$ mm
- Légèrement inhibitrice : $11 \text{ mm} \leq D \leq 16$ mm
- Non inhibitrice : $D \leq 10$ mm (**Djeddi et al., 2000**).

La sensibilité des souches aux agents antimicrobiens a été classifiée en fonction des diamètres des zones d'inhibition selon comme suite:

- (-) souche résistante ($D \leq 8$ mm) ;
- (+) souche sensible ($9 \text{ mm} \leq D \leq 14 \text{ mm}$) ;
- (+ +) souche très sensible ($15 \text{ mm} \leq D \leq 19$ mm) ;
- (+ + +) extrêmement sensible ($D > 20$ mm) (**Djabou et al., 2013**).

Chapitre IV

Résultats et Discussion

Résultats et Discussion

L'activité antibactérienne de l'huile essentielle des feuilles d'*E. asclepium* a été évaluée à l'aide de la méthode de diffusion sur gélose. La sensibilité des souches est estimée en termes de diamètre des zones d'inhibitions formées soit autour des disques imprégnés avec l'HE testée ou le DMSO, soit autour de disque d'antibiotique standard. Ce dernier avait des diamètres nettement supérieurs à ceux obtenus par l'HE testée.

Selon la classification de **Djeddi et al. (2000)**, parmi les six bactéries étudiées, trois sont sensibles et trois sont résistantes (Tab. 02). En effet, la souche *S. typhi* s'est apparue sensible à la concentration de 20% de l'huile essentielle en comparant aux autres souches totalement résistantes. En revanche, l'utilisation de l'huile essentielle brute, sans dilution, a été plus efficace sur *B. subtilis*, *E. coli*, *S. typhimurium*. *S. aureus*, *P. aeruginosa* et *L. inocula* ont été complètement résistantes.

Tableau 02: Sensibilité des souches bactériennes testées vis-à-vis l'huile essentielle des feuilles d'*E. asclepium*.

Souches bactériennes	Concentration de l'HE				Gentamicine
	10%	20%	50%	100%	
<i>B. subtilis</i>	R	R	R	S	S
<i>S. aureus</i>	R	R	R	R	S
<i>E. coli</i>	R	R	S	S	S
<i>S. typhimurium</i>	R	S	S	S	S
<i>P. aeruginosa</i>	R	R	R	R	S
<i>L. inocula</i>	R	R	R	R	S

S : Sensible, R : Résistante

Les résultats mentionnés dans le tableau 02 sont obtenus par la mesure des diamètres des zones d'inhibitions autour des disques. Ces derniers sont variés de 13 mm jusqu'à le diamètre de la résistance (Tab. 03). En effet, les souches à Gram (-) *Escherichia coli* et *Salmonella typhimurium* se sont montrées sensibles à la concentration 50% avec un diamètre d'inhibition de 9.5 ± 0.5 et 10.5 ± 0.5 mm, respectivement. *S. typhi* a été aussi sensible à la concentration 20% de l'huile essentielle avec un diamètre de 9 mm, par contre

E. coli a été résistante, 8 ± 0.5 mm. Les mêmes souches sont totalement résistantes à l'effet de l'huile essentielle à la concentration de 10%. Cependant, les bactéries à Gram positif *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus* et *Listeria inocula* ont été complètement résistantes avec un diamètre de 6mm. A la concentration la plus élevée, 100%, *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium* et *Bacillus subtilis* ont donné des diamètres de 11 ± 0 , 13 ± 2 10 ± 0 mm respectivement, alors que les souches *Staphylococcus aureus* et *Listeria inocula* ont enregistré un diamètre de 8.5 ± 0.5 mm. La bactérie *Pseudomonas aeruginosa* n'a donné aucun diamètre d'inhibition, 6mm. La gentamicine utilisée comme standard a été efficace et a donné des zones d'inhibitions différentes d'une souche à une autre: *Escherichia coli* (25 ± 2 mm), *Salmonella typhimurium* (34 ± 1 mm), *Pseudomonas aeruginosa* (25 ± 2 mm), *Bacillus subtilis* (33 ± 2 mm), *Staphylococcus aureus* (27 ± 1 mm) et *Listeria inocula* (23 ± 0 mm).

Tableau 03: Résultats de l'aromatogramme à différentes concentrations et l'antibiogramme sur les bactéries testées.

Souche bactériennes	Gram	Dilution				Témoin+
		1/10	1/5	1/2	100%	
		(10%)	(20%)	(50%)		
<i>Bacillus subtilis</i>	+	6	6	6	10 ± 0	33 ± 2
<i>Staphylococcus aureus</i>	+	6	6	6	8.5 ± 0.5	27 ± 1
<i>Escherichia coli</i>	-	7 ± 1	8 ± 0.5	9.5 ± 0.5	11 ± 0	25 ± 2
<i>Salmonella typhimurium</i>	-	7.5 ± 0.5	9 ± 0	10.5 ± 0.5	13 ± 2	34 ± 1
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	-	6	6	6	6	25 ± 2
<i>Listeria inocula</i>	+	6	6	6	8.5 ± 0.5	23 ± 0

D'après la bibliographie effectuée et les résultats suscités, la souche *Bacillus subtilis* semble être sensible à l'activité de l'HE des fleurs de *Ferula aucheri* (Ahmadi Koulaei et al., 2020) et de la partie aérienne d'*Eryngium pyramidale* (Nejati et al., 2021) avec des diamètres de 9 mm et 12 mm, respectivement, ces résultats sont proches de ceux obtenus

par notre HE brute, 10 mm. Toutefois, elle s'est montrée très sensible à l'effet de l'HE des racines d'*Eryngium caucasicum* (Hamedi *et al.*, (2019)) et la plante entière d'*Apium graveolens* (Al Aboody, 2021), 15-18 mm et 16 mm, respectivement. *Listeria inocula* est aussi étudiée et semble être légèrement sensible à l'encontre de l'HE des feuilles d'*E. asclepium* à la dilution $\frac{1}{2}$, 8.5 ± 0.5 mm, par contre celle de la partie aérienne de la même espèce a donné un diamètre de 9 mm et avec la même dilution (Bouhekrit, 2018).

Al Aboody (2021) dans son étude sur l'HE essentielle pure des feuilles d'*Apium graveolens* L. a dévoilé la grande sensibilité de la souche bactérienne *S. aureus* avec un diamètre de 18 mm, ce qui n'est pas le cas avec notre HE, 8.5 ± 0.5 mm. Aussi, la sensibilité de cette bactérie est montrée par plusieurs chercheurs. Nounsi (2019) dans son étude sur l'HE des graines d'Ajwain a obtenu un diamètre d'inhibition égale à 15 mm. Cherif Hamida *et al.* (2020) a étudié l'activité antibactérienne de l'HE des fruits de *Smyrniololus atrum* sur *S. aureus* et a obtenu un diamètre de 18 mm. Le même diamètre a été exercé par l'HE de la partie aérienne d'*Eryngium pyramidale* (Nejati *et al.*, 2021). Cependant, cette souche a montré une résistance vis-à-vis l'HE des fruits d'*Ammodaucus leucotrichus* (7mm) (Ahmed Hajib *et al.*, 2020) et une légère sensibilité vis-à-vis celle de la plante entière de *Coriandrum sativum* (8.67mm) (Tirta et Yadnya-Putra, 2020). Ces résultats sont proches de ceux obtenus par l'HE pure d'*E. asclepium*, 8.5 ± 0.5 mm. D'un autre côté, quelques HE ont exercé un léger effet sur cette bactérie telles que l'HE des fruits de *Heracleum rawianum*, 12.5 mm (Hasheminya et Dehghannya, 2021), l'HE des fruits et des racines de *Ferula aucheri*, 9mm, 12mm (Ahmadi Koulaei *et al.*, 2020) et l'HE de la plante entière de *Foeniculum vulgare*, 12mm (Abers *et al.*, 2021).

Egalement, le pouvoir antibactérien des HE de différentes espèces végétales a été étudié sur la croissance de la souche bactérienne *Escherichia coli*. Au fait, la grande sensibilité de cette bactérie a été montrée sous l'effet de l'HE des parties aériennes d'*Eryngium pyramidale* (17mm) (Nejati *et al.*, 2021) et celle de la partie aérienne de *Deverra reboudii*, 16 mm (dilution $\frac{1}{2}$) (Brahimi *et al.* 2018). Ces résultats sont loin d'être comparés avec le diamètre exercé par notre HE sur la même bactérie, 11 mm qui s'est montrée légèrement sensible. La légère sensibilité d'*E. coli* a été aussi signalée par Rahmouni *et al.*, (2021) dans leur étude sur les HE extraites des racines de *ferula lutea* récoltée de Ain Abessa et Amoucha (Sétif) avec des diamètres de 10.66mm et 11.33 à la dilution ($\frac{1}{2}$), respectivement. L'HE de la plante entière de *Coriandrum sativum* (Tirta et Yadnya-Putra, 2020), des fruits d'*Heracleum rawianum* (Hasheminya et Dehghannya,

2021) et des fruits de *Pimpinella enguezekensis* (Karik et Demirbola, 2020) ont exercé une légère activité antibactérienne sur *E. coli* avec des diamètres de 10.37 mm, 10.5 mm et 11 mm, respectivement.

Salmonella typhimurium qui est une bactérie à Gram négatif a donné un diamètre de 13 ± 2 mm à l'encontre de l'HE d'*E. asclepium*, ce résultat est un peu plus élevé de celui obtenu par l'HE des fruits d'*Heracleum rawianum*, 10.3 mm (Hasheminya et Dehghannya, 2021), des feuilles d'*Apium graveolens*, 10 mm (Al Aboody, 2021) et de la plante entière de *Coriandrum sativum*, 9.5 mm (Tirta et Yadnya-Putra, 2020). Par contre, elle est résistante sous l'effet de l'HE de la plante entière et les racines, 8 mm et 6 mm, respectivement (Al Aboody, 2021).

Une autre espèce à Gram négatif a été aussi étudiée dans ce travail, *Pseudomonas aeruginosa*. Cette souche exerce une résistance élevée à l'effet de plusieurs HE mais ça n'empêche pas qu'elle existe d'autres actives. En effet, la résistance de cette souche est apparue à l'encontre de l'HE de la partie aérienne d'*Eryngium pyramidale* (Nejati et al., 2021), des racines de *Caucalis platycarpos* (Hamedi et al., 2019), la partie aérienne d'*Elaeosticta allioides* (Jamalova et al., 2021) et même l'HE des feuilles d'*E. asclepium* étudié dans ce travail. D'autres auteurs ont montré la légère sensibilité de cette souche sous l'effet des HEs, Hasheminya et Dehghannya (2021) et Al-wendawi et al. (2021) ont évalué l'effet antibactérien de l'HE des fruits d'*Heracleum rawianum* et des grains de *Pimpinella anisum* et ont trouvé des diamètres d'inhibitions de l'ordre de 10.3 mm et 12.6 mm, respectivement. Toutefois, d'autres auteurs ont montré la sensibilité de *P. aeruginosa* vis-à-vis quelque HE comme celle de la partie aérienne de *Hyalolaena intermedia* (15.1 mm) (Jamalova et al., 2021), des feuilles de *Thapsia transtagana* (30mm) (Alilou et Akssira, 2021) et des grains de *Foeniculum vulgare* (19mm) (Ghasemian et al., 2020).

Après notre bibliographie approfondie, on a détecté que l'activité antibactérienne des HEs est fondée sur leur composition chimique riche en substances antibactériennes. Cet effet est dû aux interactions entre les différentes structures cellulaires cibles et les constituants de l'HE. Il y a divers lieux dans la cellule bactérienne qui pensent être le site d'action des HEs. Au fait, la première cible des molécules antibactériennes est la paroi cellulaire dont elles détruisent l'intégralité de la paroi cellulaire et donc perturbent la bicouche phospholipidique de la membrane cytoplasmique et endommagent les protéines transmembranaires, ce qui augmente la perméabilité de la membrane cellulaire et entraîne la perte de composants cellulaires. D'autres molécules ont aussi une tendance à perturber le

flux d'électrons, la force motrice du proton, le transport actif et de coaguler le contenu cellulaire. Toutes ces actions produisent l'altération des systèmes enzymatiques microbiens et l'altération de la paroi cellulaire, ce qui conduit à la fuite des composés intracellulaires et donc la mort cellulaire (**Tanhaeian et al., 2020**).

Selon plusieurs chercheurs, l'action antibactérienne est causée par les monoterpènes désoxygéné hydrocarbures tels que le γ -terpinène et le *p*-cymène (**Gharajalar, 2021**), les monoterpènes oxygénés tels que le linalool, le citronellol, l'allo-ocimène et le 4-terpineol (**Jamalova et al., 2021**), les monoterpènes alcools comme le linalool (**Saygia et al., 2021**) et les monoterpènes hydrocarbonée comme l' α -pinène et le β -pinène (**Daneshniya et al., 2021**). Ces molécules agissent de façon sélective, c'est-à-dire soit sur les bactéries à Gram positif ou à Gram négatif. D'ailleurs, les bactéries à Gram négatif sont plus résistantes par rapport à celles à Gram positif, car elles sont constituées d'une membrane externe riche en molécules hydrophile qui empêchent l'entrée des molécules hydrophobes et donc arrêtent leur effet antibactérien.

Après tout ce qui est dit avant ainsi que nos résultats obtenus, on peut conclure que le potentiel antibactérien est influencé par deux facteurs principaux, la composition chimique de l'HE utilisée et donc la nature des substances volatiles qui y trouvent et le Gram des microorganismes ciblés. De plus, l'activité est dépendante de la concentration utilisée de l'HE, la partie de la plante utilisée, les conditions d'extraction, ... L'HE des feuilles d'*E. asclepium* étudiée dans ce travail n'est pas sélective de Gram, mais de façon générale, les bactéries à Gram négatif sont plus sensibles à l'encontre de cette huile en comparant avec celles à Gram positif.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

CONCLUSION

A l'heure actuelle, les plantes médicinales restent encore le premier réservoir de nouveaux médicaments. La phytothérapie peut constituer une médecine alternative ou au moins comme un complément à la pharmacie classique. La nécessité de trouver de nouvelles molécules reste une priorité de santé publique. Donc pour trouver d'autres substances à effet thérapeutique et qui substituent les composés synthétiques, les huiles essentielles extraites des plantes aromatiques et médicinales sont étudiées dans ce travail.

Dans cette étude, nous sommes intéressés à tester l'effet antibactérien de huile essentielle extraite des feuilles de l'espèce *E. asclepium* appartenant à la famille des Apiacées. Cette famille est connue depuis longtemps par son utilisation en médecine traditionnelle. L'huile essentielle des feuilles a été obtenue à l'aide d'un appareil de type Clevenger par hydrodistillation. L'évaluation de l'activité antimicrobienne a été effectuée par la méthode de diffusion sur gélose sur une panoplie de souches bactériennes à Gram positif et à Gram négatif: *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Listeria inocula*, *Bacillus subtilis* et *Salmonella typhimurium*. Les résultats ont montré que l'effet antibactérien de l'huile essentielle varie en fonction de la souche bactérienne utilisée. Le potentiel antibactérien le plus élevé est enregistré avec la souche *Salmonella typhimurium*, 13 ± 2 mm à la concentration 100% (huile brute), cependant la souche *Pseudomonas aeruginosa* s'est montrée complètement résistante vis-à-vis cette huile à toutes les concentrations testées. De plus, les autres souches bactériennes étudiées se sont révélées moyennement sensibles vis à vis l'effet de l'huile utilisée avec un diamètre d'inhibition variant entre 8.5 et 11 mm. Tous les résultats restent moins que ceux obtenus par le standard, la gentamicine.

Selon la bibliographie effectuée, l'activité antibactérienne des huiles essentielles est causée par des molécules biologiquement actives qui s'y trouvent, ces molécules sont appartenant aux composés phénoliques et terpéniques. De même et d'après les résultats obtenus, l'activité antibactérienne est en fonction de la souche bactérienne testée et la concentration utilisée, en revanche elle ne dépend pas de Gram.

PERSPECTIVES

Après l'évaluation de l'activité antibactérienne de l'huile essentielle des feuilles de l'espèce *E. asclepium*, il est nécessaire de compléter cette étude par :

- L'analyse chimique de cette huile pour connaître sa composition et donc son effet ;
- L'étude d'autres souches bactériennes et même d'autres activités biologiques ;
- L'application de cette huile, si elle a de bonnes activités, dans l'industries.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

A

Abdelli .W. (2017). Caractérisation chimique et étude de quelques activités biologiques des huiles essentielles de *Juniperus phoenicea* et de *Thymus vulgaris*. Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Abdelhamid Ibn Badis – Mostaganem. (Algérie) ,214 P.

Abdoune. Y. (2012). Contribution à l'extraction des huiles essentielles de l'inule visqueuse Algérienne par diverses méthodes, étude de ses propriétés antimicrobiennes et antioxydants. Thèse de Doctorat, Faculté de Génie Mécanique & Génie de Procèdes, Université Houari Boumediene. (Algérie) ,117 P.

Abers.M ; Schroeder.M ; Goelz.L ; Sulser.A ; St. Rose.T ; Puchalski.K and Langland.J. (2021). Antimicrobial activity of the volatile substances from essential oils, *BMC Complementary Medicine and Therapies*. 21(124) :1-14.

Ahmadi Koulaei.S ;Hadjiakhoondi.A ;Delnavazi.M.R ;Tofighi.Z ; Ajani.Y and Kiashi.F.(2020). Chemical composition and biological activity of *Ferula aucheri* essential oil. *Research Journal of Pharmacognosy*. 7(2) : 21-31.

Al Aboody.M.A. (2021). Cytotoxic, antioxidant, and antimicrobial activities of Celery (*Apium graveolens* L.). *Bioinformation*.17(1) : 147-156.

Al- wendawi. SH. A ; Gharb. L. A and Al ghrery .R. S. (2021). Antioxidant, antibacterial and antibiofilm potentials of anise (*Pimpinella Anisum*) seeds extracted essential oils. *Iraqi Journal of Agricultural Sciences*. 52(2):348-358.

Alilou.H and Akssira.M. (2021). Chemical composition, antibacterial, antioxidant and insecticidal activities of Moroccan *Thapsia transtagana* essential oil. *Saudi Journal of Biological Sciences*.xx (xx) :1-9.

Almarie. A. (2020). Roles of terpenoids in essential oils and its potential as natural weed killers: Recent developments, chapitre .essential oils - bioactive compounds, new perspectives and applications.22p. doi:10.5772/intechopen.91322.

Athamena.S; Chalghem.I; Kassah-Laouar .A; Laroui .S et Khebri .S. (2010). Activité anti-oxydante et antimicrobienne d'extraits de *Cuminum cyminum* l.*Lebanese Science Journal*. 11(1) :69-81.

B

Bader. A; Cioni. P .L and Flamini. G. (2010).GC-MS analysis of the essential oils of ripe fruits, roots and flowering aerial parts of *Elaeoselinum asclepium* sub sp. *Meoides* growing in Sicily. *Natural product communications*. 5(7) : 1111 – 1114.

Bakkali. F ; Averbeck.S ; Averbeck. D and Idaomar.M. (2008). Biological effects of essential oils–A review. *Food and Chemical Toxicology*.46(2) :446-475.

Barbelet, S. (2015). Le giroflier: historique, description et utilisations de la plante et de son huile essentielle. Thèse de Doctorat, Faculté de Pharmacie, Université de Lorraine. (France) ,121p.

Bayala. B. (2014). Etude des propriétés anti-oxydantes, anti-inflammatoires, anti-prolifératives et anti-migratoires des huiles essentielles de quelques plantes médicinales du Burkina Faso sur des lignées cellulaires du cancer de la prostate et de glioblastomes. Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences de la Vie, Sante, Agronomie et Environnement, Université Blaise Pascal-Clermont-Ferrand II. (Burkina-Faso) ,242p.

Belal .S ; Benameur .K and Chalabi .S.(2019). Contribution à l'étude phytochimique et de l'activité antimicrobienne de *Pulicaria odora* L.Thèse de Doctorat, Faculté de Médecine, Université Mouloud Mammeri. (Algérie) ,138p.

Ben Miri. Y. (2019). Etude du potentiel antifongique, antiaflatoxinogène et antioxydant de certaines huiles essentielles et leur efficacité dans le système alimentaire. Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques, Université Mouloud Mammeri. (Algérie), 192p.

Bertella.A. (2019).Etude de l'activité antimicrobienne et antioxydante des huiles essentielles d'*Artemisia herba –alba*, *Artemisia campestris* et *Rosmarinus tournefortii*. Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université d'Oran 1. (Algérie) ,169p.

Bouhekrit.M. (2018). Etude de la composition chimique et de l'activité biologique des huiles essentielles de deux Apiaceae *Elaeoselinum asclepium* (L.) Bertol. et *Margotia gummifera* (Desf.) Lange. Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Ferhat Abbas Sétif 1. (Algérie) ,183 P.

Bouchouka .E.M. (2016). Extraction des polyphénols et étude des activités antioxydant et antibactérienne de quelques plantes Sahariennes. Thèse de Doctorat, faculté des sciences, université Badji Mokhtar –Annaba. (Algérie) ,126p.

Bouguerra. A ; Himed. L et Barkat. M. (2014). Étude de l'activité antimicrobienne de l'huile essentielle extraite des écorces de *Citrus reticulata*. *Nutrition & Santé*.3(1) : 32-39.

Bouzerboune.F. (2017). Etude phytochimique des espèces *Phlomis herba-venti* et *Eryngium triquetrum*. Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences de la Matière, Université El- Hadj Lakhdar –Batan1. (Algérie), 248 P.

Bouزيد. D. (2018). Evaluation de l'activité biologique de l'huile essentielle d'une plante endémique *Hélichrysum italicum* (Roth) G. DON. Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Ferhat Abbas Sétif 1. (Algérie) ,130 P.

Brahimi.S ; Dahia.M ; Azouzi.B ; Nasri.M et Laouer. H, (2018). Composition chimique et activité antimicrobienne de l'huile essentielle de *Deverra reboudii* (Coss. & durieu). *Phytothérapie*. 18(5) :1-7.

Bruneton. J. (1993). « Pharmiognosie, phytochimie » plantes médicinales. Editions. Médicales internationales, *Tec et Doc Lavoisier*, Paris, 1120 p.

C

Chaib .F. (2018).Etude de quelque plantes Sahariennes de Tamanrasset « El Hoggar» : extraction, identification et activités biologiques des huile essentielles .Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie , Université d'Oran 1. (Algérie) ,165p.

Chenni. M. (2016). Etude comparative de la composition chimique et de l'activité biologique de l'huile essentielle des feuilles du basilic «*Ocimum basilicum* L.» extraite par hydro-distillation et par micro-ondes. Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences, Université d'Oran1. (Algérie),185p.

Cherif Hamida. S ; Zalegh. I and Saidi .F, (2020). Chemical composition and antibacterial effect of *Smyrniolus olusatrum* L. fruit essential oil. *Mediterranean Journal of Chemistry*.10(6) :577-584.

Chevalier. A. (2001). Encyclopédie des plantes médicinales identification, préparation, soins. *Edition Larousse*, Paris, 335p.

Chiribagula.V (2013). Etude ethnobotanique, biologique et chimique des plantes réputées antipaludéennes à Lubumbashi en RD Congo. Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences Pharmaceutiques, Université de Lubumbashi. (Congo) ,76p.

D

Daneshniya.M ;Maleki. M. H ; Mohammadi. M. A ; Ahangarian. K ; Kondeskalaei. V. J and Alavi. H. (2021). Antioxidant and Antimicrobial activity of *Ferula* Species' essential oils and plant extracts and their application as the natural food preservatives. *South Asian Research Journal of Natural Products*. 4(3) : 1-23.

Daroui-Mokaddem.H.(2012). Etude phytochimique et biologique des espèces: *Eucalyptus globulus* (Myrtaceae), *Smyrniololus* (Apiaceae), *Asteriscus maritimus* et *Chrysanthemum trifurcatum* (Asteraceae). Thèse de Doctorat, Faculté de Sciences, Université Badji Mokhtar-Annaba. . (Algérie), 198 P.

Debaisieux .F et Polese. J. (2009). Plantes médicinales. *Editions Debaisieux*, France, 159 P.

Dellaras. C. (2014). Pratique en microbiologie de laboratoire? Recherche de bactéries et de levures-moisissures. *Edition Lavoisier*, Paris.757p.

Djabou .N ; Lorenzi .V ; Guinoiseau .E ; Andreani .S ; Giuliani. M.C ; Desjobert .J.M ; Bolla. J.M ; Costa .J ; Berti .L ; Luciani .A and Muselli .A. (2013). Phytochemical composition of *Corsican Teucrium* essential oils and antibacterial activity against foodborne or toxoinfectious pathogens. *Food Control*. 30(1): 354-363.

Djeddi.S ;Bouchenah .N and Settar. I. (2000). Composition and antimicrobial activity of essential oil of *Rosmarinus officinalis* from Algeria. *Chemistry of Natural Compounds*.43(4) :487-490.

Dupouy-Camet, J., Yera, H. & Raccurt, C. (2008). Classification et mode de transmission des parasites. *EMC - Maladies Infectieuses*. 5(3) : 1–11.

E

El Faquire .Z. (2021). La phytothérapie dans la prise en charge du pied diabétique. place du pharmacien d'officine : enquête pratique. Thèse de Doctorat, Faculté de Médecine et De Pharmacie, Université Mohammed V de Rabat. (Maroc) ,218p.

El Haib.A. (2011). Valorisation de terpènes naturels issus de plantes marocaines par transformations catalytiques. Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences de la Matière, Université de Toulouse III-Paul Sabatier. (France), 195P.

El Kalamouni. C. (2010). Caractérisations chimiques et biologiques d'extraits de plantes aromatiques oubliées de Midi-Pyrénées. Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences de la Matière, Université de Toulouse. (France) ,263P.

EL-Hadri.Y. (2019). Contribution à l'étude ethnobotanique des plantes médicinales utilisées dans la région De Beni Mellal-Khenifra. Thèse de Doctorat, Faculté de Médecine et de Pharmacie, Université Mohammed 5 de Rabat. (Maroc) ,243p.

F

Fekih.N. (2015). Propriétés chimiques et biologiques des huiles essentielles de trois espèces du genre *Pinus* poussant en Algérie. Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences, Université Abou Bekr Belkaid – Tlemcen. (Algérie) ,178p.

Franchrome .P ; Jollois. R et Pénoel. D.(2001). L'aromathérapie exactement : encyclopédie de l'utilisation des extraits aromatiques. *Edition Roger Jollois*, Paris, 495p.

G

Gaborieau. B. (2014).Etat des lieux sur l'aromathérapie dans les officines : enquête sectorielle dans le département de la Vienne. Thèse de Doctorat, Faculté de Médecine et de Pharmacie, Université de Poitiers. (France) ,98p.

Gachkar. L ; Yadegari. D ; Rezaei .M. B ; Taghizadeh .M ; Astaneh .S. A. and Rasooli. I. (2007). Chemical and biological characteristics of *Cuminum cyminum* and *Rosmarinus officinalis* essential oils. *Food Chem.* 102 (3): 898-904.

Gamet-Payrastre. L; Manenti. S; Gratacap .M.P ;Tulliez. J; Chap. H and Payrastre. B. (1999). Flavonoids and the inhibition of PKC and PI 3-kinase. *General Pharmacology* .32 (1):279-286.

Garcia Martin. F and Silvestre. S. (1985). Revision of the Genus *Elaeoselinum* Koch ex DC, *Margotia* Boiss. and *Distichoselinum* Garcia Martin & Silvestre (Umbelliferae). *Lagascalia*. 13 (2): 205-237.

Gharajalar .S.N. (2021). Antibacterial activity of ajwain essential oil against some zoonotic bacteria. *Journal of Zoonotic Diseases*. 5 (2) :1-8.

Ghasemian. A ; Al-Marzoqi. A. H ; Mostafavi.S. K. S ; Alghanimi. Y. K and Teimouri.M. (2020). Chemical composition and antimicrobial and cytotoxic activities of *Foeniculum vulgare* Mill essential oils. *Journal Of Gastrointestinal Cancer*. 51(1) :260-266.

Ghosh. D. (2015). Tannins from foods to combat diseases. *International Journal Of Pharma Research & Review*. 4(5) :40-44.

Goetz. P et Ghedira .K. (2012). Phytothérapie anti-infectieuse. *Edition Springer*, Paris ,364p.

Grenez.E.P. (2019). Phytothérapie - exemples de pathologies courantes à l'officine : Fatigue, Insomnie, Stress, Constipation, Rhume, Douleur et Inflammation. Thèse de Doctorat, Faculté de Pharmacie, Université de Lille. (France) ,141 P.

Grosso C., Teixeira G., Gomes I., Martins E. S., Barroso J. G., Pedro L. G. and Figueiredo A. C. (2008). Assessment of the essential oil composition of *Tornabenea annua*, *Tornabenea insularis* and *Tornabenea tenuissima* Fruits from Cape Verde Islands. *Biochem Syst Ecol*. 37 (4): 474-478.

H

Hajib.A ; Nounah.I ; Oubihi.A ; Harhar.H ; Gharby.S ; Kartah.B ; Bougrin .K and Charrouf.Z (2020), Chemical Composition and Biological Activities of Essential Oils from the Fruits of *Cuminum cyminum* L. and *Ammodaucus leucotrichus* L. (Apiaceae). *Journal of Essential Oil Bearing Plants*. 23(3): 474-483.

Hamed. A ; Lashgari.A. P and Pasdaran.A. (2019). Antimicrobial activity and analysis of the essential oils of selected endemic edible Apiaceae plants root from Caspian Hyrcanian region (north of Iran). *Pharmaceutical Sciences*. 25(2) :138-144.

Harrag.A. (2020). Etude ethnobotanique et pharmacognosique des plantes médicinales de la région de Sétif. Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Ferhat Abbas Sétif 1. (Algérie) ,192 p.

Hasheminya.S.M and Dehghannya.J. (2021). Chemical composition, antioxidant, antibacterial, and antifungal properties of essential oil from wild *Heracleum rawianum*. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*.31 (1) :1-6.

Hessas. T et Simoud.S. (2018). Contribution à l'étude de la composition chimique et à l'évaluation de l'activité antimicrobienne de l'huile essentielle de *Thymus* sp. Thèse de Doctorat, Faculté de médecine, Université de Mouloud Mammeri. (Algérie), 148p.

J

Jamalova. D. N ; Gad. H. A ;Akramov. D. K ;Tojibaev. K. S ;Musayeib. N. M. A. ; Ashour. M. L and Mamadalieva, N. Z (2021). Discrimination of the Essential Oils Obtained from Four Apiaceae species using multivariate analysis based on the chemical compositions and their biological activity. *Plants*. 10(1529) :1-14.4.

K

Kachetel. L et Sahmi.A. (2017). Etude de l'activité antimicrobienne de l'huile essentielle extraite des fruits de *Coriandrum sativum* L. Thèse de Doctorat, Faculté de Médecine, Université de Mouloud Mammeri. (Algérie) ,132p.

Kahlouche.R. F. (2014). Évaluation chimique et activité antibactérienne de quelques plantes médicinales d'Algérie. Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences Vétérinaires, Université de Constantine 1. (Algérie), 148p.

Kaloustian .J et Hadji-Minaglo. F. (2012). La connaissance des huiles essentielles : qualilogie et aromathérapie. *Edition Springer*, (France)210p.

Kanoun.K ; Abbouni. B, Boudissa.S ; Bouhafs. N et Seddiki.M. (2016). Étude de l'activité des extraits de feuilles de *Punica granatum* Linn sur *Candida albicans* et *Rhodotorula* spp. *Phytothérapie*.14(1) :5-16.

Karik. Ü and Demirbolat.I. (2020). Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities of *Pimpinella enguezekensis*: a novel species from Anatolia, Turkey-fruit essential oil. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*. 23(2) : 356-362.

Kayser.F.H ; Böttger.E.C ; Deplazes.P et Haller. O. (2016). Manuel de poche de microbiologie médicale. *Edition lavoisier*, Paris, 712p.

L

Labioud. R. (2016). Valorisation des huiles essentielles et des extraits de *Satureja calamintha nepeta*: activité antibactérienne, activité antioxydante et activité

fongicide Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences, Université Badji Mokhtar Annaba. (Algérie) ,162p.

Lahlou. M. (2004). Methods to study the phytochemistry and bioactivity of essential oils. *Phytotherapy Research*. 18 (6):435–448.

Lakhdar.L. (2015). Évaluation de l'activité antibactérienne d'huiles essentielles marocaines sur *aggregatibacter actinomycetemcomitans*: étude *in vitro*. Thèse de Doctorat, Faculté de Médecine Dentaire de Rabat, Université Mohammed Vde Rabat. (Maroc) ,183 P.

Lamamra. M. (2018). Activités biologiques et composition chimique des huiles essentielles d'*Ammiopsis aristidis* Coss. (Syn. *Daucus aristidis* Coss.) et d'*Achillea santolinoides* Lag. Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Ferhat Abbas Sétif 1. (Algérie) ,146 P.

Landoulsi .A. (2016). Etude chimiotaxonomique et activités biologiques des métabolites secondaires des plantes du genre *Eryngium*. Thèse de Doctorat, faculté de Biologie Santé et Sciences et Technologie du vivant et Sciences de la Terre, Université de Lille 2 et L'Université de Tunis El Manar. 248p.

Landoulsi. A ; Roumy. V ; Rivière. C ; Sahpaz. S ; Benhamida. J et Hennebelle. T. (2018). Composition chimique et activités pharmacologiques des espèces Tunisiennes du genre *Eryngium* L. (Apiaceae). *ISTE Ltd*. London. 1(1) :1-23.

Limonier. A. S. (2018). La phytothérapie de demain: les plantes médicinales au cœur de la pharmacie. Thèse de Doctorat, Faculté de Pharmacie, Université Aix-Marseille. (France), 99p.

M

Maamar Sameut.Y; Belhacini. F et Bounaceur. F. (2020). Etude ethnobotanique dans le Sud-Est de Chlef (Algérie occidentale). *Revue Agrobiologia*. 10(2):2044-61

Malecky.M.(2008). Métabolisme des terpénoïdes chez les caprins, Thèse de Doctorat, Faculté de Biotechnologie, Institut Agroparistech. (France) ,207p.

Massol.F. (2020). Place de l'aromathérapie dans la prise en charge des maladies d'Alzheimer et de parkinson. Thèse de Doctorat, Faculté de Pharmacie, Université Aix-Marseille. (France) ,165p .

Mayer. F. (2012). Utilisations thérapeutiques des huiles essentielles : étude de cas en maison de retraite. Thèse de Doctorat, Faculté de Pharmacie, Université de Lorraine. (France), 109 P.

Meziani. F et Belhout. N. (2017). Etude ethnobotanique des plantes médicinales utilisées dans la région de Tizi Ouzou. Thèse de Doctorat, Faculté de la Médecine, Université de Mouloud Mammeri Tizi Ouzou. (Algérie), 149 p.

Mnayer. D. (2014). Eco-Extraction des huiles essentielles et des arômes alimentaires en vue d'une application comme agents antioxydants et antimicrobiens. Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences, Université d'Avignon. (France) ,157p.

Moatti. R. (1990). La phytothérapie. Revue des deux mondes. Edition *Librairie Maloine S.A*, Paris, 245 p.

Moreira .X ; Abdala-Roberts. L ; Parra-Tabla. V and Mooney. K. A. (2014). Positive effects of plant genotypic and species diversity on anti-herbivore defenses in a tropical tree species. *Plos One*. 9(8): 1-10.

N

Nejati .M ; Shiva Masoudi .S ; Dastan.D and Masnabadi.N (2021). phytochemical analysis and antibacterial activity of *Eryngium pyramidale* boiss. & hausskn. J. *Chilean Chemical Society*. 66(2) : 5230-5236.

Noui. A. (2018). Etude phytochimique et évaluation des activités biologiques de la plante *Daucus muricatus* (Apiaceae). Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences Exactes, Université Mentouri Constantine 1. (Algérie) ,104 p.

Nounsi. N. (2019). Pénurie en antibiotiques: Quelles alternatives? Thèse de Doctorat, Faculté de Médecine et Pharmacie, Université Mohammed 5 de Rabat. (Maroc) ,197p.

O

O'Connor.S.E. (2010). ChemIn form Abstract :alkaloid biosynthesis. *Cheminform* .41(12) :17-33.

Ouedrhiri.M. (2017). Optimisation des propriétés antibactériennes et antioxydantes des huiles essentielles de dix plantes aromatiques et médicinales de la

région de Taounat, exploitation des outils statistiques (Plans d'expériences). Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences, Université Sidi Mohammed Ben Abdellah. (Maroc) ,208p.

Ouis. N. (2015). Etude chimique et biologique des huiles essentielles de coriandre, de fenouil et de persil. Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences Exacte et Appliquées, Université d'Oran I. (Algérie), 239 p.

Oullai. L et Chamek.C. (2018). Contribution à l'étude ethnopharmacognosique des plantes médicinales utilisées pour le traitement des affections de l'appareil digestif en Kabylie. Thèse de Doctorat, Faculté de Médecine, Université de Mouloud Mammeri. (Algérie) ,132p.

P

Portet. B; Fabre. N; Roumy. V; Gornitzka. H; Bourdy. G; Chevalley. S and Moulis. C. (2007). Activity-guided isolation of antiplasmodial dihydrochalcones and flavanones from *Piper hostmannianum* var. *berbicense*. *Phytochemistry*. 68(9):1312–1320.

Q

Quezel .P et Santa .S. (1962). Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Tome 1. *Edition Centre National de la Recherche Scientifique*, Paris. 653p.

R

Rahmouni. F ; Laouer. H ; Dahamna.S ; Gali. L ; Bensouici. C ; Flamini. G and Akkal.S. (2021). Biological activities and phytochemical content of essential oil and methanol extracts of *Ferula lutea* (poir.) maire growing in Algeria. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. 34(102017) :1-6.

Richter.G (1993). Métabolisme des végétaux: physiologie et biochimie .*Edition EPFL Press*, Swiss. 544p.

Rousserie. P (2019). De la synthèse des flavanols aux tanins du vin: quelle place pour les pépins de raisin?. Thèse de Doctorat, Faculté Sciences de la Vie et de la Santé, Université de Bordeaux. (France) ,303p.

S

Safaralie.A ; Fatemi. S and Sefidkon.F. (2008). Essential oil composition of *Valeriana officinalis* L. roots cultivated in Iran: comparative analysis between supercritical CO₂ extraction and hydrodistillation. *Journal Of Chromatography A*. 1180(1-2) :159-164.

Saygia.K.O ; Kacmaz.B and Gul.S. (2021). Antimicrobial Activities of Coriander Seed Essential Oil and Silver Nanoparticles.*Research Square*.1(1) :1-20.

Shan.B ; Cai. Y.Z; Sun .M and Corke. H. (2005). Antioxidant capacity of 26 spice extracts and characterization of their phenolic constituents. *Journal Of Agriculture And Food Chemistry*. 53 (20): 7749-7759.

T

Tanhaeian. A ; Sekhavati. M. H and Moghaddam. M. (2020). Antimicrobial activity of some plant essential oils and an antimicrobial-peptide against some clinically isolated pathogens. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*. 7(1) : 1-11.

Teixeira. B; Marques. A and Ramos .C. (2013). Chemical composition and antibacterial and antioxidant properties of commercial essential oils. *Industrial Crops And Products*. 43: 587-595.

Tirta. L. P and Yadnya-Putra.A. G, (2020). A narrative review of Apiaceae family plants in usada netra for eye disease treatment. *Journal of Pharmaceutical Science and Application*. 2(2) : 49-65.

Toure. D (2015). Etudes chimique et biologique des huiles essentielles de quatre plantes aromatiques médicinales de Côte D'ivoire. Thèse de Doctorat, Faculté Science de la Vie, Université Félix Houphouët- Boigny. (Abidjan).153p.

V

Venugopala. K. N ; Rashmi. V and Odhav. B. (2013). Review on naturel coumarin lead compounds for their pharmacological activity. *BioMed Research International*. (1):1-14.

Volák. J et Stodola. J (1983). Plantes médicinales. *Editions Grund* , Paris. 319 p.

W

Wichtl. M et Anton. R. (1999). Plantes thérapeutiques: tradition, pratique officinale, science et thérapeutique. *Editions Médicales internationales, Tec et Doc Lavoisier*, Paris. 788p.

Widelski .J; Graikou .K; Christos .G ; Skalicka-Wozniak .K and Chinou.I. (2021). Volatiles from Selected Apiaceae Species Cultivated in Poland—Antimicrobial Activities. *Processes*. 9(695) :2-11.

Z

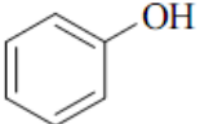
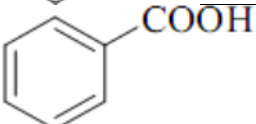
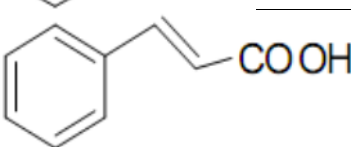
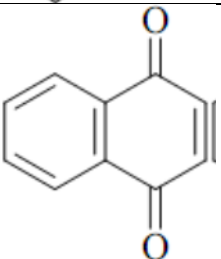
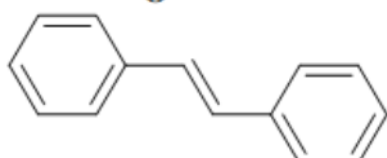
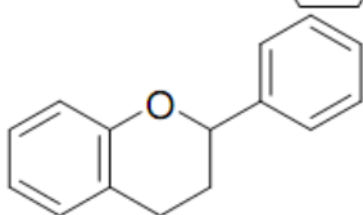
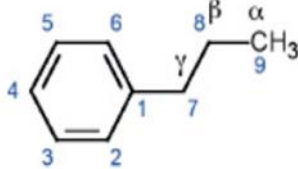
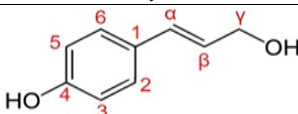
Zaibet. W. (2016). Composition chimique et activité biologique des huiles essentielles de *Daucus aureus* (Desf) et de *Reutera lutea* (Desf.) Maire, et leur application comme agents antimicrobiens dans le polyéthylène basse densité (PEBD). Thèse de Doctorat, Faculté de Technologie, Université Ferhat Abbas Sétif 1. (Algérie), 119 P.

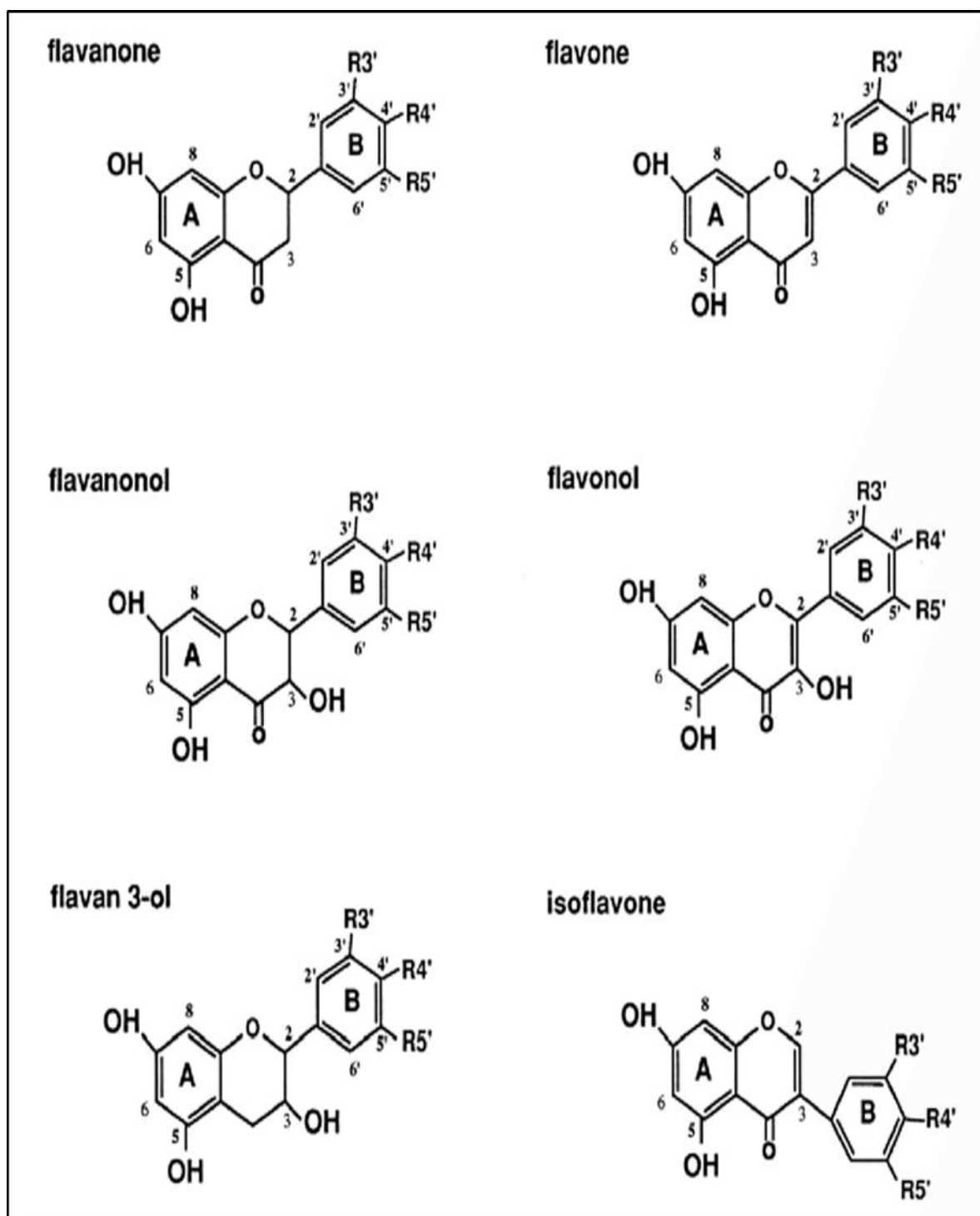
Zaiter. A (2017). Etude de la phytochimie de 12 plantes de la région Lorraine en fonction de la granulométrie de poudres super fines. Thèse de Doctorat, Faculté Chimie Organique, Université de Lorraine. (France) ,200p.

Zeggwagh.A.A ;Lahlou.Y et Bousliman.Y. (2013). Enquête sur les aspects toxicologiques de la phytothérapie utilisée par un herboriste à Fès, Maroc. *The Pan African Medical Journal*.14(125) :1-6.

ANNEXES

Annexe 01 : Principales classes des polyphénols (**Bouchouka, 2016**).

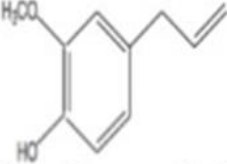
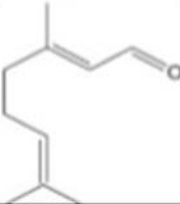
Squelette carboné	Classe	Structure chimique	Exemple
C6	Phénols simple		Catéchol
C6-C1	Acides hydroxy benzoïques		P-hydrobenzoïque
C6-C3	Acides hydroxycinnamiques coumarines		Acide caféique
C6-C4	Naphtoquinones		Juglone
C6-C2-C6	Stilbénes		Resvératrol
C6-C3-C6	Flavonoïdes Isoflavonoïdes		Quercétine cyanidine Daidzéine
C(6-C3)2	Lignanes	 Sainvitu et al., 2011	Pinorésinol
C(6-C3) n	Lignines	 Wertz et al., 2015	Phénylcoumaran

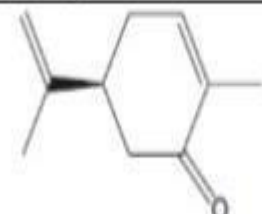
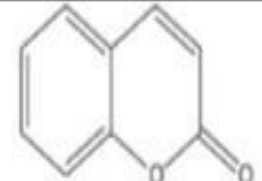
Annexe 02 : Différentes classes des flavonoïdes (Gamet-Payraastre *et al.*, 1999).

Annexe 03 : Répartition mondiale des genres d'Apiacées (Boucekrit, 2018)

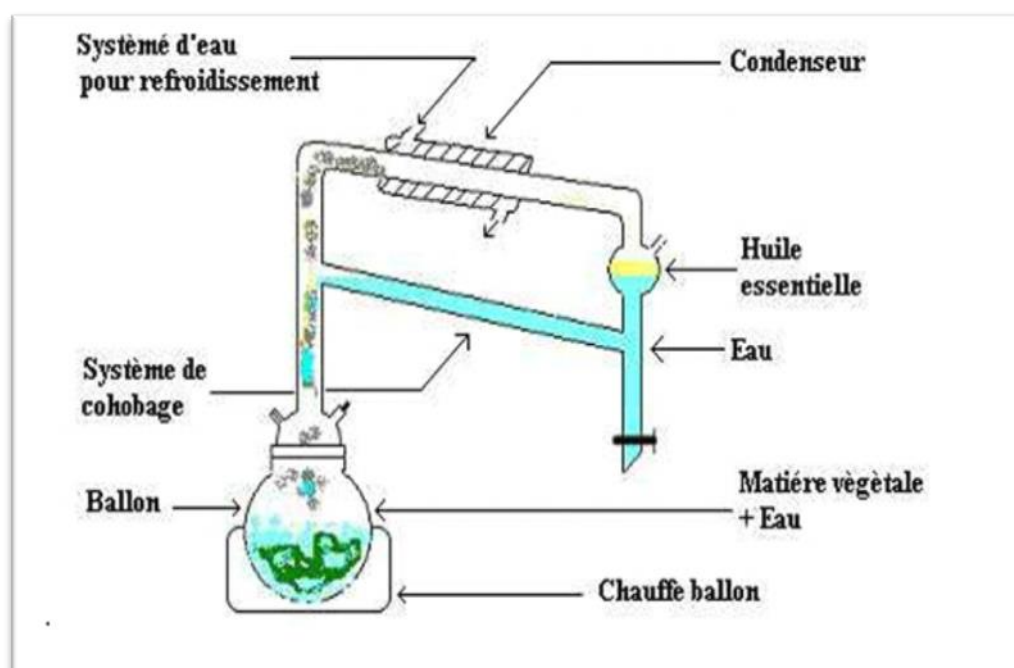
Continent	Genres	Endémique
Afrique	126 divers	50
Amérique	197	52
Asie	265	159
Australie	36	11
Europe	139	29

Annexe 04 : Différent types de structures rencontrées dans les HEs (Burt, 2004)

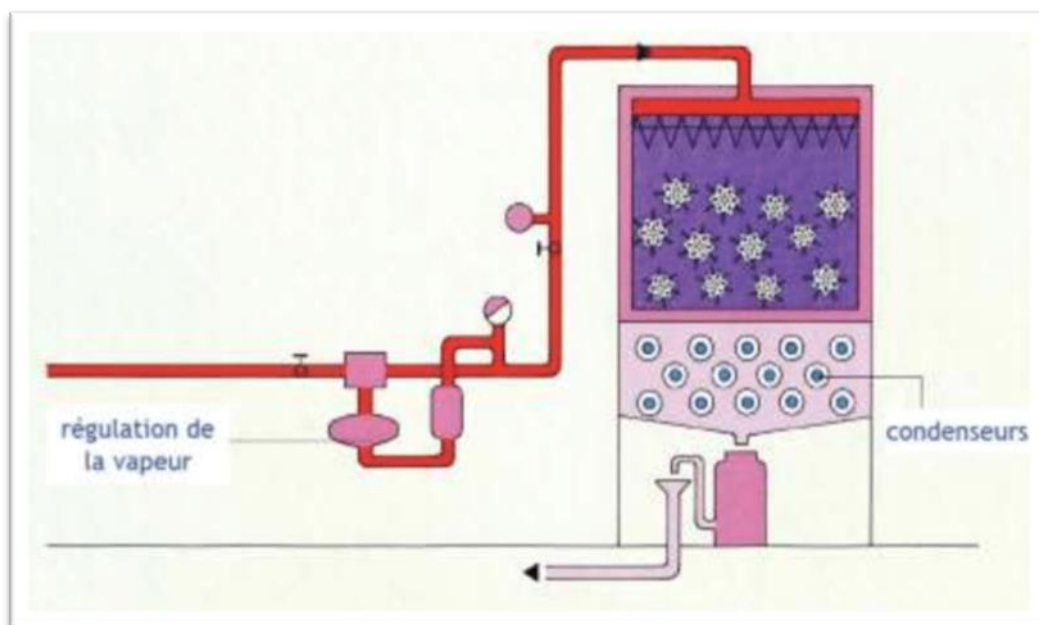
fonctions chimiques	Exemple de structure	Molécules	plantes
Hydrocarbure		Limonène α -pinène Phellandréne β -caryophyllène α -camphorène	Orange, citron, Géranium, anis, <i>Eucalyptus</i> , Clou de girofle,
Alcool		Linalol Prenol Menthol Farnesol Vetise linelol Phytol α -terpinéol	Ylang ylang, Menthe, Lavande, Cardamome, Camomille, Vétiver, Jasmin, <i>Citrus</i>
Phénol		Eugénol Thymol Anéthol Safrol	Thym, Clou de girofle, Anis, Safran
Ether-oxyde		1,8-cinéole Géranyl butyl éther	Rose, <i>Eucalyptus</i>
Aldéhyde		Géraniale Cinnamaldehyde Néral	Cannelle, <i>Citrus</i> , <i>Pelargonium</i>

Cétone		Carvone α - et β -vétivone Menthone	Vétiver, Carvi, Poivre noir
Esters		Acétate de linalyl Acétate de géranyl Neryl et α - Acétate de terpinyl	<i>Pélargonium</i> , Lavande, <i>Citrus</i>
Acide		Acid benzoïque Acide cinnamique	Pomme, Cannelle
Autres composés (molécule azotée et sulfurée, lactone, acides gras,...)		Coumarine Indole Diméthyl trisulfure	Gardénia, Jasmin, Rose, Lavande.

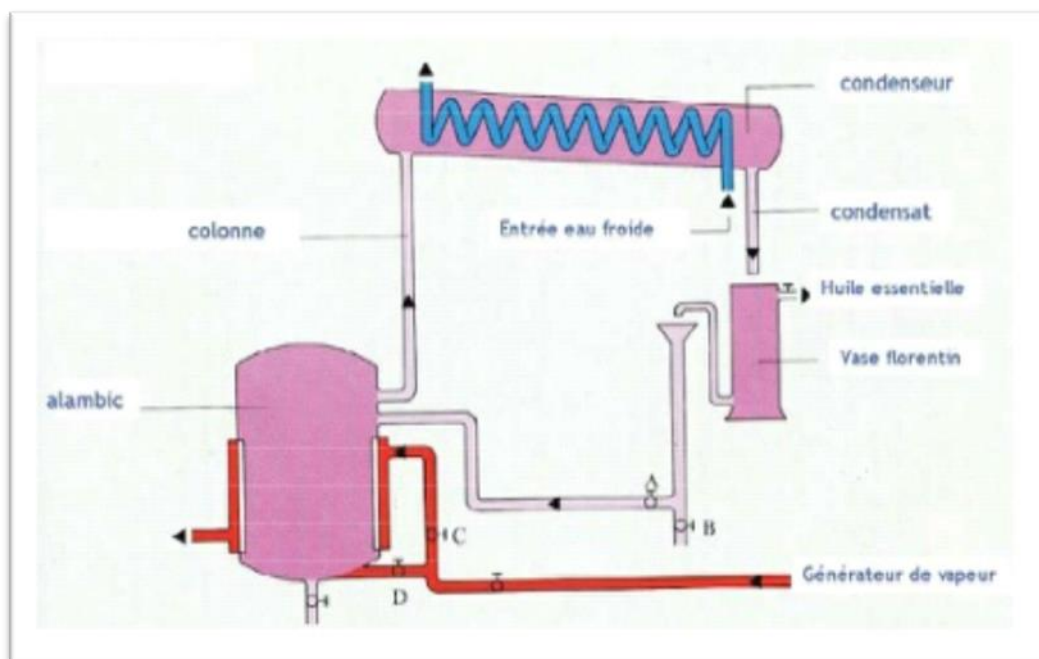
Annexe05 : Appareillage utilisé pour l'hydrodistillation des HEs (El kalamouni, 2010).



Annexe 06 : Appareillage utilisé pour l'hydrodiffusion des HEs (Bilal, 2016).



Annexe 07 : Appareillage utilisé pour l'entraînement à la vapeur d'eau des HEs (Zaibet, 2016).



Annexe 08 : Les réactifs et produits utilisés pour l'étude de l'activité antibactérienne

Gélose MH (Mueller-Hinton)

Infusion de viande de bœuf déshydraté300g

Hydrolysate de caséine	17.5g
Amidon de maïs.....	1.5g
Agar Agar.....	13g
Eau distillée	1l

المخلص

يهدف هذا العمل إلى تقييم النشاط المضاد بكتيري للزيوت الأساسية المستخلصة من أوراق نبات طبي ينتمي إلى عائلة الخيمية، *Elaeoselinum asclepium*. تم استخلاص الزيوت الأساسية بطريقة التقطير المائي باستخدام جهاز من نوع Clevenger. أيضا، تم إجراء النشاطية ضد بكتيرية باستعمال طريقة الانتشار على سطح الأجار التي تعتمد على تحديد أقطار التثبيط حول الأفراس. أجريت الدراسة على 06 سلالات بكتيرية ذات غرام إيجابي وغرام سلبي: *Bacillus subtilis* ATCC 6633، *Staphylococcus aureus* ATCC25923، *Escherichia coli* ATCC25922، *Pseudomonas aeruginosa* ATCC27853، *Listeria inocula* CIP74915 و *Salmonella typhimurium* ATCC19430. عموما، بالنسبة لجميع الأنواع البكتيرية المستخدمة، سلالات غرام إيجابي هي الأكثر مقاومة لجميع تخفيفات الزيت الاساسي من سلالات غرام سلبي. أيضا، تبين ان الزيت الاساسي الخام أكثر نشاطية على جميع السلالات التي تم اختبارها باستثناء *P. aeruginosa* التي كانت مقاومة تماما. بكتيريا *Salmonella typhimurium* هي الأكثر حساسية مقارنة مع البكتيريا الأخرى بقطر تثبيط قدر ب: 13 ملم. La gentamicine المستعملة كشاهد إيجابي أعطت تأثير ضد بكتيري جيد. في الختام، أظهرت النتائج المسجلة نشاطية ضاد بكتيرية متوسطة للزيت الاساسي المستخلص من أوراق نبات *E. Asclepium*، والتي تختلف حسب البكتيريا والتخفيفات المستخدمة.

الكلمات المفتاحية: النباتات الطبية، العائلة الخيمية، *Elaeoselinum asclepium*، الزيوت الأساسية والنشاط المضاد للبكتيريا .

Resume

Le présent travail a pour but d'évaluer l'effet antibactérien des huiles essentielles (HE) des feuilles d'une plante médicinale appartenant à la famille des Apiacées, *Elaeoselinum asclepium*. Au fait, les huiles essentielles sont extraites par hydrodistillation en utilisant un appareil de type Clevenger. L'activité antibactérienne est réalisée par la méthode de diffusion sur gélose basée sur la détermination des diamètres d'inhibitions autour des disques. L'étude a été effectuée sur 06 souches bactériennes à Gram (+) et à Gram (-): *Bacillus subtilis* ATCC 6633, *Staphylococcus aureus* ATCC25923, *Escherichia coli* ATCC25922, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC27853, *Listeria inocula* CIP74915 et *Salmonella typhimurium* ATCC19430. Généralement, à l'égard de toutes les espèces bactériennes utilisées, les souches à Gram (+) sont plus résistantes à toutes les dilutions de l'HE que celles à Gram (-). Aussi, l'HE brute s'est montrée active sur toutes les souches testées sauf *P. aeruginosa* qui a été complètement résistante. La bactérie *Salmonella typhimurium* s'est révélée la plus sensible en comparant aux autres bactéries avec un diamètre d'inhibition égale à 13 mm. La gentamicine utilisée comme standard a donné un bon effet antibactérien. Pour conclure, les résultats enregistrés ont montré une activité antibactérienne modérée de l'HE des feuilles d'*E. asclepium*, dont elle est variée en fonction des bactéries et des concentrations utilisées.

Mots clés: Plantes médicinales, Apiaceae, *Elaeoselinum asclepium*, huiles essentielles et activité antibactérienne.

Abstract

The aim of this work is to evaluate the antibacterial effect of essential oils (EO) extracted from leaves of a medicinal plant belonging to the Apiaceae family, *Elaeoselinum asclepium*. In fact, the essential oils have been extracted by hydrodistillation using a Clevenger type apparatus. The antibacterial activity was carried out using the agar diffusion method based on the determination of inhibition zone diameters around the discs. The study was performed on 06 Gram (+) and Gram (-) bacterial strains: *Bacillus subtilis* ATCC 6633, *Staphylococcus aureus* ATCC25923, *Escherichia coli* ATCC25922, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC27853, *Listeria inocula* CIP74915, and *Salmonella typhimurium* ATCC19430. Generally, with respect to all bacterial species used, Gram (+) strains are more resistant to all dilutions of EO than Gram (-) strains. Also, crude EO was active on all strains tested except *P. aeruginosa* which was completely resistant. *Salmonella typhimurium* was the most sensitive bacterium compared to other bacteria with an inhibition diameter equal to 13 mm. Gentamicin used as standard gave a good antibacterial effect. To conclude, the results recorded showed a moderate antibacterial activity of *E. asclepium* leaves EO, which is varied depending on the bacteria and dilutions used.

Keywords: Medicinal plants, Apiaceae, *Elaeoselinum asclepium*, Essential oils and Antibacterial activity.