

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

Université A. M. OULHADJ - Bouira

Faculté des Sciences et des Sciences Appliquées

Département de Génie des Procédés

Laboratoire de Génie des Procédés



Mémoire

Présenté par

NASRY Abla
MOUICI Sarra

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER

Filière : Génie des Procédés

Spécialité : Génie Chimique

Extraction de l'huile essentielle d'une plante médicinale locale

Soutenu le 07/07/2022

Devant le jury :

| | | | |
|------------------|------------|-------------------------|--------------|
| Pr LOUNICI H. | Professeur | U. AMO - Bouira | Président |
| M. SAHNOUNE M. | MCB | U. AMO - Bouira | Examineur |
| Mme TALBI O. | MAA | U. AMO - Bouira | Examineur |
| M. ABDERRAHIM A. | MCB | U. AMO - Bouira | Encadrant |
| Mme HALLI L. | Magister | CRD SAIDAL - El Harrach | Co-Encadrant |

Année Universitaire : 2021/2022

REMERCIEMENTS

A vant tout nous remercions **ALLAH** le tout puissant de nous avoir donné la force, la volonté et la patience pour achever ce travail.

Nous tenons à remercier notre encadrant M. ABDERRAHIM A. pour sa disponibilité et son aide durant toute la Période de réalisation de ce mémoire.

Nos remerciements vont aussi à Mme HALLI L. du Laboratoire des Substances Naturelles CRD SAIDAL-EL HARRACH pour l'autonomie qu'elle nous a accordée, et ses précieux conseils qui nous ont permis de mener à bien ce travail.

Nos vifs remerciements vont au président du jury, Professeur LOUNICI H., pour l'intérêt qu'il a porté à notre travail en acceptant de présider le jury de soutenance.

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury (M. SAHNOUNE M. et Mme TALBI O.) pour avoir accepté d'examiner ce mémoire et de l'enrichir par leurs propositions.

Nous tenons à remercier chaleureusement le personnel du Laboratoire du département Génie des Procédés pour leurs aides et leurs orientations.

Nous remercions également le personnel du Laboratoire Physique du département des Sciences et Technologie pour leurs aides.

Un très grand merci au chef département des Sciences Biologiques et au responsable de Laboratoire de Biochimie pour nous avoir donné accès à leur laboratoire et pour leurs aides.

Un grand merci à nos familles pour leur amour, leurs conseils ainsi que leur soutien inconditionnel.

Enfin, nous tenons également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Merci et encore merci.

DÉDICACES

Merci ALLAH (mon Dieu) de m'avoir donné la capacité d'écrire et de réfléchir, la force d'y croire, la patience d'aller jusqu'au but de rêve et le bonheur de lever mes mains vers le ciel et de dire Ya ALLAH.

Je dédie ce modeste travail à celle qui m'a donné la vie, le symbole de tendresse, qui s'est sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite, à ma mère Louafi Hadda.

À mon père Rachid, que Dieu lui fasse miséricorde, école de mon enfance, qui a été mon ombre durant toutes les années des études, et qui a veillé tout au long de ma vie à m'encourager, à me donner l'aide et à me protéger.

Que Dieu les garde et les protège.

À mes adorables sœurs : Radia, Samira et Sabrina.

À mes frères : Mounir et Yassine.

À tous ceux qui me sont chers.

À tous ceux qui m'aiment.

À tous ceux que j'aime.

À ma chère binôme : Mouici Sarra.

A/NASRY

DÉDICACES

Je dois exprimer toute ma gratitude à toutes les personnes qui m'ont soutenu tout au long de mon parcours, et qui ont su m'emmener au sommet pour atteindre mon objectif.

Avec amour, respect et gratitude, je dédie cette humble action : À mes chers «Ali, Aïcha» qui m'ont toujours encouragé par leurs sacrifices, leur soutien, leurs précieux conseils et leurs prières tout au long de ma vie.

À ma chère sœur et supportrice qui m'a toujours soutenu ainsi que ses enfants «Abdel-Raouf, Wassime».

À mes chers frères «Athman, Soufiane» et leurs femmes et enfants «Sid-alí, Jawad», A mon petit frère «Amine» je ne peux pas lui exprimer mon amour sur le papier. Que Dieu vous accorde tout ce que vous souhaitez pour l'avenir.

À tous les parents et amis, à tous mes amis en résidence Saeed Hamdine, avec qui j'ai vécu de beaux moments durant mon temps avec eux.

À mon amie «Abla» avec qui j'ai vécu de beaux moments cette année, ainsi qu'à sa famille, à tous mes professeurs, à tous ceux qui m'ont soutenu de près ou de loin dans la réalisation de ce travail.

S/MOUICI

Sommaire

| | |
|--|----|
| Remerciements | |
| Liste des figures | |
| Liste des tableaux | |
| Liste des abréviations | |
| Introduction | 1 |
| CHAPITRE I. SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE | 3 |
| I.1. PLANTES MÉDICINALES | 3 |
| I.1.1. Historique des plantes médicinales | 3 |
| I.1.2. Définition des plantes médicinales | 4 |
| I.1.3. Principes actifs des plantes médicinales | 4 |
| <i>I.1.3.1. Alcaloïdes</i> | 4 |
| <i>I.1.3.2. Hétérosides</i> | 5 |
| <i>I.1.3.3. Flavonoïdes</i> | 5 |
| <i>I.1.3.4. Phénols</i> | 5 |
| <i>I.1.3.5. Tanins</i> | 6 |
| <i>I.1.3.6. Huiles essentielles</i> | 6 |
| <i>I.1.3.7. Principes amers</i> | 7 |
| <i>I.1.3.8. Mucilages</i> | 7 |
| I.2. HUILES ESSENTIELLES | 7 |
| I.2.1. Historique des huiles essentielles | 7 |
| I.2.2. Définition des huiles essentielles | 8 |
| I.2.3. Rôle des huiles essentielles chez la plante | 8 |
| I.2.4. Répartition et localisation des huiles essentielles | 9 |
| <i>I.2.4.1. Localisation des huiles essentielles</i> | 9 |
| <i>I.2.4.2. Répartition des huiles essentielles</i> | 9 |
| I.2.5. Utilisation des huiles essentielles | 9 |
| <i>I.2.5.1. Pharmacie</i> | 10 |
| <i>I.2.5.2. Parfumerie</i> | 10 |
| <i>I.2.5.3. Agro-alimentaire</i> | 11 |
| <i>I.2.5.4. Diverses industries</i> | 11 |
| I.2.6. Composition chimique des huiles essentielles | 11 |
| <i>I.2.6.1. Terpènes</i> | 11 |
| a. Monoterpènes | 11 |
| b. Sesquiterpènes | 12 |
| c. Diterpènes | 13 |
| <i>I.2.6.2. Composés oxygénés</i> | 14 |
| a. Esters | 14 |
| b. Aldéhydes | 14 |

| | |
|---|----|
| c. Cétones | 14 |
| d. Alcools | 15 |
| e. Phénols | 15 |
| f. Oxydes | 15 |
| I.2.7. Conservation des huiles essentielles | 16 |
| I.3. EXTRACTION DES HUILES ESSENTIELLES | 16 |
| I.3.1. Hydrodistillation | 16 |
| I.3.2. Entraînement à la vapeur d'eau | 17 |
| I.3.3. Expression à froid | 18 |
| I.3.4. Hydrodiffusion | 18 |
| I.3.5. Enfleurage | 18 |
| I.3.6. Extraction par solvant | 19 |
| I.3.7. Extraction par micro-ondes | 19 |
| I.3.8. Extraction au CO ₂ supercritique | 20 |
| I.4. ANALYSES DES HUILES ESSENTIELLES | 21 |
| I.4.1. Propriétés organoleptiques des huiles essentielles | 21 |
| I.4.2. Propriétés physiques des huiles essentielles | 21 |
| I.4.3. Propriétés chimiques des huiles essentielles | 22 |
| I.4.3.1. <i>Indice d'acide (I_a)</i> | 22 |
| I.4.3.2. <i>Indice de saponification (I_s)</i> | 22 |
| I.4.3.3. <i>Indice d'ester (I_e)</i> | 22 |
| I.4.4. Méthodes d'identification chimique des huiles essentielles | 22 |
| I.4.4.1. <i>Chromatographie en phase gazeuse (GC)</i> | 23 |
| I.4.4.2. <i>Chromatographie en phase gazeuse/Spectrométrie de masse (GC/MS)</i> | 23 |
| I.5. ACTIVITÉ ANTIOXYDANTE | 24 |
| I.5.1. Stress oxydatif | 24 |
| I.5.2. Radicaux libres et leur origine | 25 |
| I.5.3. Conséquences du stress oxydatif | 25 |
| I.5.4. Les antioxydants | 26 |
| I.5.4.1. <i>Antioxydants enzymatiques</i> | 27 |
| I.5.4.2. <i>Antioxydants non enzymatiques</i> | 27 |
| a. Le glutathion | 27 |
| b. La vitamine E | 28 |
| c. La vitamine C | 28 |
| d. Les caroténoïdes | 29 |
| e. Les polyphénols | 29 |
| I.6. PLANTE ÉTUDIÉE (<i>Teucrium polium</i> L.) | 29 |

| | |
|---|----|
| I.6.1. Dénomination internationale | 29 |
| I.6.2. Dénomination systématique | 30 |
| <i>I.6.2.1. Classification classique</i> | 30 |
| <i>I.6.2.2. Classification phylogénique (APG III)</i> | 30 |
| I.6.3. Description botanique | 30 |
| I.6.4. Utilisation traditionnelle | 31 |
| I.6.5. Composition chimique de <i>Teucrium polium</i> | 31 |
| I.6.6. Travaux antérieurs sur l'huile essentielle de <i>Teucrium polium</i> | 32 |
| CHAPITRE II. MATÉRIELS ET MÉTHODES | 34 |
| II.1. MATÉRIEL VÉGÉTAL | 34 |
| II.1.1. Collecte et identification de la plante | 34 |
| II.1.2. Séchage et broyage de la plante | 35 |
| II.2. EXTRACTION DES HUILES ESSENTIELLES | 35 |
| II.2.1. Protocole d'extraction | 35 |
| II.2.2. Taux d'humidité | 36 |
| <i>II.2.2.1. Principe</i> | 36 |
| <i>II.2.2.2. Mode opératoire</i> | 37 |
| II.2.3. Détermination du rendement d'extraction | 37 |
| II.2.4. Conservation des huiles essentielles | 38 |
| II.3. ÉVALUATION DE L'ACTIVITÉ ANTIOXYDANTE | 38 |
| II.3.1. Test de piégeage du radical libre DPPH | 38 |
| <i>II.3.1.1. Principe</i> | 38 |
| <i>II.3.1.2. Préparation des solutions</i> | 39 |
| <i>II.3.1.3. Mode opératoire</i> | 39 |
| <i>II.3.1.4. Calcul du pourcentage d'inhibition</i> | 39 |
| <i>II.3.1.5. Calcul de l'IC50</i> | 40 |
| CHAPITRE III. RÉSULTATS ET DISCUSSION | 41 |
| III.1. Taux d'humidité et rendement en huile essentielle | 41 |
| III.2. Activité antioxydante (Piégeage du radical libre DPPH) | 42 |
| Conclusion | 46 |
| Références bibliographiques | 47 |

Liste des figures

| | |
|--|----|
| Figure I.1 : Exemples d'acides phénoliques simples | 6 |
| Figure I.2 : Structures chimiques de quelques monoterpènes | 12 |
| Figure I.3 : Structures chimiques de quelques sesquiterpènes | 13 |
| Figure I.4 : Montage d'extraction par hydrodistillation | 17 |
| Figure I.5 : Montage d'extraction par entraînement à la vapeur d'eau | 17 |
| Figure I.6 : Montage d'extraction par hydrodiffusion | 18 |
| Figure I.7 : Extraction par solvant | 19 |
| Figure I.8 : Montage d'extraction par micro-ondes | 20 |
| Figure I.9 : Montage d'extraction au CO ₂ supercritique | 21 |
| Figure I.10 : Schéma descriptif d'une chromatographie en phase gazeuse (GC) | 23 |
| Figure I.11 : Schéma d'un système GC/MS | 24 |
| Figure I.12 : Modèle d'équilibre entre les pro-oxydants et les antioxydants | 25 |
| Figure I.13 : Régulation de la production d'espèces réactives de l'oxygène par les systèmes de défenses antioxydants | 26 |
| Figure I.14 : Feuilles et fleurs du <i>Teucrium polium</i> | 31 |
| Figure II.1 : <i>Teucrium polium</i> L. (plante fraîche, sèche et broyée) | 34 |
| Figure II.2 : Appareil de Clevenger pour l'extraction des huiles essentielles | 35 |
| Figure II.3 : Décantation | 36 |
| Figure II.4 : Huile essentielle | 36 |
| Figure II.5 : Réaction d'un antioxydant avec le radical libre DPPH | 38 |
| Figure III.1 : Variation du pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH en fonction des différentes concentrations de l'huile essentielle de <i>Teucrium polium</i> L. | 43 |
| Figure III.2 : Variation du pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH en fonction des différentes concentrations de l'acide ascorbique | 44 |

Liste des tableaux

| | |
|--|----|
| Tableau I.1 : Système antioxydant enzymatique | 27 |
| Tableau I.2 : Travaux antérieurs sur l'huile essentielle de <i>Teucrium polium</i> L. | 32 |
| Tableau II.1 : Collecte de la plante étudiée | 34 |
| Tableau III.1 : Taux d'humidité et rendement en huile essentielle de <i>Teucrium polium</i> L. | 41 |
| Tableau III.2 : Pourcentages d'inhibition du radical libre DPPH pour différentes concentrations de l'huile essentielle de <i>Teucrium polium</i> L. | 42 |
| Tableau III.3 : Pourcentages d'inhibition du radical libre DPPH pour différentes concentrations de l'acide ascorbique. | 43 |

Liste des abréviations

ADN : Acide Désoxyribo-Nucléique.

AFNOR : Association Française de Normalisation.

BCE : Before Common Ere (Avant Notre Ère).

DPPH : 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl.

ERO : Espèces réactives de l'oxygène.

GC : Chromatographie en phase gazeuse.

GC/MS : Chromatographie en phase gazeuse/Spectrométrie de masse.

GPS : Global Positioning System.

GP_x : Glutathion peroxydases.

H.E.C.T : Huile Essentielle Chemo-Typée.

I(%) : Pourcentage d'inhibition.

I_a : Indice d'acide.

IC₅₀ : Concentration inhibitrice de 50%.

I_e : Indice d'ester.

IPNI : International Plant Names Index.

I_s : Indice de saponification.

SOD : Superoxyde dismutases.

UV : Rayonnement ultraviolet.



INTRODUCTION

INTRODUCTION

Depuis la nuit des temps, les hommes apprécient les vertus apaisantes et analgésiques des plantes. Aujourd'hui encore, les deux tiers de la pharmacopée ont recours à leurs propriétés curatives. À travers les siècles, les traditions humaines ont su développer la connaissance et l'utilisation des plantes médicinales [1].

L'Algérie, par la richesse et la diversité de sa flore, constituée d'environ 4000 espèces et sous-espèces de plantes. Cependant, la flore médicinale Algérienne reste méconnue jusqu'à nos jours, car sur les quelques milliers d'espèces végétales, seules 146 sont dénombrées comme médicinales [2].

L'aromathérapie a su exploiter les arômes de ces substances naturelles que sont les végétaux à des fins médicales ou esthétiques, pour parfumer, conserver les aliments, etc. Les huiles essentielles, qui sont les outils de l'aromathérapie, constituent un monde, fait d'odeurs, de parfums et de couleurs de toutes sortes [3].

Les huiles essentielles des plantes sont très recherchées, car elles sont généralement dotées de propriétés biologiques intéressantes. Certaines ont des propriétés pharmaceutiques reconnues, d'autres sont utilisées comme bases de parfums ou comme additifs alimentaires. La qualité des huiles essentielles dépend d'un grand nombre de paramètres d'origines différentes tels que : l'origine botanique, le cycle végétatif, le site producteur et les conditions géographiques et climatiques, etc. [4].

L'objectif de ce travail est l'extraction de l'huile essentielle par hydrodistillation de la plante *Teucrium polium* L., appelée couramment *el-khayata* ou *el-jaada*, puis l'évaluation de l'activité antioxydante des huiles essentielles extraites.

Le plan de rédaction de ce mémoire est présenté comme suit :

- ❖ une introduction suivie du but du travail ;
- ❖ le premier chapitre, constitué d'un rappel bibliographique sur les plantes médicinales, les huiles essentielles, les activités biologiques, la plante médicinale étudiée et les travaux antérieurs ;
- ❖ Le deuxième chapitre, présente les méthodes et les techniques utilisées pour la réalisation de ce travail à savoir : extraction de huile essentielle du *Teucrium polium* L. et l'activité anti radicalaire contre le DPPH ;

- ❖ Le troisième chapitre, présente les résultats obtenus ainsi que leur discussion.
- ❖ Enfin, on termine par une conclusion résumant les principaux résultats obtenus, et quelques perspectives.

Chapitre I:

SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I.

SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

I.1. PLANTES MÉDICINALES

I.1.1. Historique des plantes médicinales

Les plantes médicinales constituent une source importante de soins de santé dans le monde et la demande mondiale est de plus en plus croissante. La croissance démographique et l'inaccessibilité aux médicaments modernes dans les pays en développement contribuent à l'augmentation de la demande pour les médicaments traditionnels [5].

Les plantes médicinales constituent des ressources précieuses pour la grande majorité des populations rurales en Afrique, où plus de 80% de cette population s'en sert pour assurer les soins de santé. De plus, les produits forestiers non ligneux ont éveillé un intérêt considérable en Afrique au cours de ces dernières années pour leur contribution à l'économie des ménages et la conservation de la biodiversité végétale [6].

En Inde, les Védas, poèmes épiques écrits vers 1500 BCE, contiennent également de riches documents sur les traditions herbacées de l'époque. Les Vedas ont été suivis dans environ 400 BCE par le Charaka Samhita, écrit par le médecin Charaka. Ce traité médical comprend des détails sur environ 350 plantes médicinales. Parmi eux, *Visnaga*, une herbe d'origine moyen-orientale qui a récemment prouvé son efficacité dans le traitement de l'asthme, et *Gotu kola*, qui a longtemps été utilisé pour traiter la lèpre [7].

Vers 500 BCE dans les cultures avancées, la médecine a commencé à se séparer du monde magique et spirituel. Hippocrate « père de la médecine grecque » (460-377 BCE), considère que c'est une maladie naturelle plutôt qu'un phénomène surnaturel, et estime que la médecine devrait être administrée sans rituel ou cérémonie magique [7].

La médecine traditionnelle chinoise est un ancien système de guérison vers 2000 BCE. Les herbes sont centrales aux traitements, aidés par d'autres thérapies, comme l'acupuncture ou le massage spécialisé. Au fil des ans, les traditions chinoises à base de plantes sont devenues plus familières et maintenant utilisées par de nombreux praticiens qualifiés [8].

De nos jours, le recours intensif à la médecine traditionnelle comme forme alternative et de développement de nouvelles molécules thérapeutiques est justifié par les effets

secondaires négatifs causés par les drogues modernes, ainsi que l'apparition de germes résistants ou multi résistants expliquant la désaffection de plus en plus croissante du public et même de certains membres du corps médical envers ces drogues [9].

I.1.2. Définition des plantes médicinales

D'après la X^{ème} édition de la pharmacopée française, les plantes médicinales "*sont des drogues végétales au sens de la pharmacopée européenne dont au moins une partie possède des propriétés médicamenteuses*". Ces plantes médicinales peuvent également avoir des usages alimentaires, condimentaires ou hygiéniques [10].

Les plantes médicinales sont des espèces botaniques utilisées en phytothérapie et médecine populaire pour guérir certaines affections chez l'homme et les animaux. Un système de guérison respecté dans toutes les cultures dans le monde. La science a modernisé le système en utilisant des tests analytiques et pharmaceutiques. La pratique scientifique de la phytothérapie est maintenant appelée phyto-médecine ou phytothérapie, qui est un système de thérapeutique dans lequel des plantes médicinales et des préparations en utilisant des principes scientifiques [11,12].

I.1.3. Principes actifs des plantes médicinales

C'est une molécule présentant un intérêt thérapeutique curatif ou préventif pour l'Homme ou l'animal. Le principe actif est contenu dans une drogue végétale ou une préparation à base de drogue végétale. Parmi les originalités majeures des végétaux leurs capacités à reproduire des substances naturelles très diversifiées. Ces derniers, représentent une source importante de molécules utilisables par l'homme dans des domaines aussi différents que la pharmacologie ou l'agroalimentaire [10,13].

I.1.3.1. Alcaloïdes

Les alcaloïdes forment une variété de composés alcalins. Les effets physiologiques des alcaloïdes sont concentrés sur le système circulatoire et le système nerveux. La plupart des plantes de ce groupe ont un goût amer et sont toxiques à divers degrés. Il y a des milliers d'alcaloïdes connus, dont beaucoup sont utilisés médicalement. L'atropine, la codéine, la

morphine et la caféine sont tous des alcaloïdes. Ils comprennent les familles de plantes riches en alcaloïdes (Amaryllidaceae, Apocynaceae, Liliaceae, Papaveraceae, Rubiaceae, ...) [14].

1.1.3.2. Hétérosides

Ces composés sont formés par l'association d'un glucide et d'un corps insaturé appelé gène ou aglycon. Ainsi, le laurier-cerise sécrète de l'huile contenant de la cyano-hétérogénéité. L'embryon de ces thérosides, acide hydrokinique, est un poison violent pour l'homme, et nous devons y faire attention. Les hérosides sont classés selon la nature de leurs gènes [15].

1.1.3.3. Flavonoïdes

Les flavonoïdes, présents dans la plupart des plantes, sont des pigments poly-phénoliques qui contribuent, entre autres, à colorer les fleurs et les fruits en jaune ou en blanc. Ils ont un important champ d'action et possèdent de nombreuses vertus médicinales, ils sont particulièrement actifs dans le maintien d'une bonne circulation (activité antioxydante). Certains flavonoïdes ont aussi des propriétés anti-inflammatoires et antivirales, et des effets protecteurs sur le foie. Des flavonoïdes, comme l'héspéridine et la rutine, présents dans plusieurs plantes dont le sarrasin et le citronnier, renforcent les parois des capillaires et préviennent l'infiltration dans les tissus voisins. Les isoflavones, que l'on trouve par exemple dans le trèfle rouge, le citron, sont efficaces dans le traitement des troubles liés à la ménopause (effets ostrogéniques) [1].

1.1.3.4. Phénols

Bon nombre des constituants aromatiques des plantes contiennent le substituant hydroxy et sont phénoliques. Il existe une grande variété de composés phénoliques dans les plantes médicinales et leur structure chimique varie des acides phénoliques simples comme l'acide caféique de l'artichaut aux tanins complexes (*figure I.1*) [16].

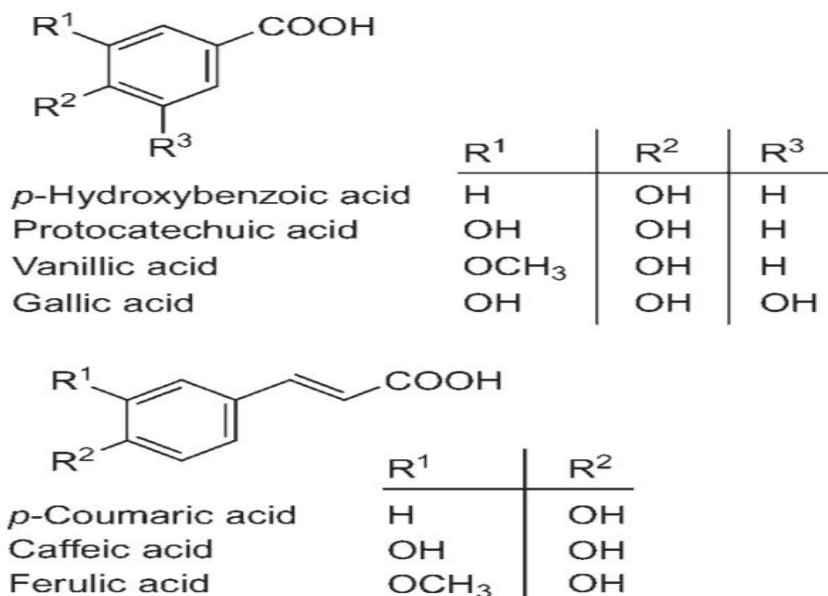


Figure I.1 : Exemples d'acides phénoliques simples [16].

1.1.3.5. Tanins

Les tanins sont des polyphénols complexes qui ont tous le potentiel de créer des protéines, des alcaloïdes et des métaux lourds. Les tanins ont des propriétés radicales et hostiles, mais leur principale valeur en médecine réside dans leur capacité à déposer des protéines dans les muqueuses et autres tissus, provoquant une mince couche d'apoptose dans la forme. Les tanins sont utilisés dans les médicaments contre la diarrhée, la bronchite, les blessures, les hémorragies, les infections buccales et les gencives [14].

1.1.3.6. Huiles essentielles

Les huiles essentielles extraites des plantes par distillation comptent parmi les plus importants principes actifs des plantes. Elles sont largement employées en parfumerie. Les huiles essentielles contenues dans les plantes sont des composés d'origine terpénoïde, et parfois, ils sont oxygénés possédant un noyau aromatique. Les huiles essentielles ont de multiples propriétés, l'arbre à thé par exemple, est fortement antiseptique [1].

I.1.3.7. Principes amers

Substances naturelle très diverses ayant en commun cette saveur particulière (absinthe, artichaut, cardon, chicorée, pissenlit). Toutes les substances ont une action stimulante sur la production de suc gastrique, utilisées dans ce domaine [15].

I.1.3.8. Mucilages

Les mucilages sont hétérosides qui gonflent dans l'eau pour donner des composés visqueux, qui vont se déposer spontanément sur les tissus et agir comme protecteur. Ainsi, les feuilles de mauves favorisent le transit intestinal, et le bouillon blanc calme la toux [15, 17].

I.2. HUILES ESSENTIELLES

I.2.1. Historique des huiles essentielles

L'histoire des huiles essentielles est aussi vieille que l'histoire de la civilisation. Les huiles essentielles ont été dans la pratique, dans presque toutes les civilisations anciennes de l'humanité [18].

L'histoire des huiles essentielles remonte à 4000 BCE. Les Indiens étaient connus pour avoir pratiqué l'aromathérapie avec des huiles essentielles dans leurs médicaments pendant des siècles. Depuis longtemps, les hommes avaient cherché le moyen de séparer les éléments huileux des produits aromatiques. Les substances aromatiques étaient transformées en vapeur ; il suffisait de les recueillir et de les refroidir pour les obtenir sous forme liquide [18,19].

L'Inde, la Chine et le bassin méditerranéen constituent les trois grandes zones dans lesquelles l'utilisation des huiles essentielles s'est développée. Ainsi, un alambic en terre cuite a été découvert au Pakistan et semble dater de 5000 ans avant notre ère. L'Inde est un pays extrêmement riche en plantes aromatiques. La médecine Ayurvédique a codifié l'usage de nombreuses plantes aromatiques. En Chine, vers 3500 ans avant l'ère chrétienne, les bois aromatiques étaient utilisés comme encens. Shen Nung rédigea le plus ancien traité de phytothérapie dans lequel il cite de nombreuses plantes aromatiques telles que la cannelle de Chine ou le camphre [20].

Autour du bassin méditerranéen, l'usage des plantes aromatiques occupait une place prépondérante aussi bien dans la vie quotidienne que lors des rituels dans les civilisations égyptienne, hébraïque, grecque et romaine. Afin de préserver les chairs du défunt, l'embaumement utilisait, entre autre, *Myrtus communis* et *Cinnamomum verum*, ainsi que d'autres huiles essentielles. À partir de 1200 ans avant l'ère, les Grecs et les Romains grands navigateurs et commerçants, étaient de grands utilisateurs d'onguents et de parfums [20].

I.2.2. Définition des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont des mélanges naturels complexes de métabolites secondaires volatiles, isolées des plantes par hydrodistillation ou par expression mécanique [21].

Les huiles essentielles sont un mélange de nombreux composés complexes comme les terpènes, les phénols, les éthers méthyliques, les oxydes, les esters et les cétones. Les huiles essentielles sont des composés aromatiques naturels et des liquides volatils extraits des graines, des racines, de l'écorce, des tiges, des feuilles, des fleurs, des résines et d'autres parties des plantes. Elles peuvent également être obtenues mécaniquement ou pressé à froid, comme c'est le cas avec les huiles d'agrumes extraites des pelures. Cette huile n'est pas une véritable huile essentielle, mais elle est souvent utilisée en aromathérapie [22,23].

I.2.3. Rôle des huiles essentielles chez la plante

Le rôle des constituants volatils dans la plante n'est pas bien défini. Il est vraisemblable qu'ils aient un rôle écologique [24].

Longtemps considérés comme métabolites secondaires, les constituants volatils ont un rôle encore mal défini dans la plante. Indépendamment des théories bien avancées, il semble que les compositions très variées des huiles essentielles autorisent des messages complexes et sélectifs si bien que chercher un rôle propre à chaque constituant paraît illusoire. Les constituants des huiles essentielles sont considérés par *Lutz* comme des modérateurs des réactions d'oxydation intramoléculaire protégeant la plante contre les agents atmosphériques. *Erman* dégage lui, le rôle incontestable des huiles essentielles dans la pollinisation et la dispersion des diaspores grâce à leur pouvoir attracteur sur les insectes pollinisateurs, relation d'une grande importance écologique et physiologique. Enfin, une

mise au point de *Coteau* montre que les huiles volatiles auraient en réalité un rôle de mobilisateur d'énergie lumineuse et de régulateur thermique au profit de la plante [25].

I.2.4. Répartition et localisation des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont produites dans des cellules glandulaires spécialisées recouvertes d'une cuticule. Elles sont alors stockées dans des cellules à huiles essentielles, dans des poils sécréteurs, dans des poches sécrétrices ou dans des canaux sécréteurs [26].

I.2.4.1. Localisation des huiles essentielles

Dans le règne végétal, les huiles essentielles se retrouvent généralement chez les végétaux supérieurs et uniquement chez les genres qui sont capables d'élaborer les constituants qui les composent [24,27].

Elles sont présentes dans différents organes végétaux producteurs, variant en fonction de la zone productrice du végétal : les sommités fleuries (lavande, menthe), les racines ou rhizomes (vétiver, gingembre), les écorces (cannelles), le bois (camphrier), les fruits (citron), les graines (muscade) et sont contenues dans des structures spécialisées à savoir : les poils, les canaux sécréteurs et les poches [28].

I.2.4.2. Répartition des huiles essentielles

Les huiles essentielles n'existent quasiment que chez les végétaux supérieurs. Les huiles essentielles sont réparties dans une cinquantaine de familles dont beaucoup sont des Lamiaceae, des Myrtaceae, des Rutaceae, des Asteraceae, mais aussi des Apiaceae. Les huiles essentielles peuvent être stockées dans tous les organes végétaux : sommités fleuries des Lamiacées (lavande vraie, sauge officinale), graines (ambrette), racines (vétiver), rhizome (gingembre), fruits (anis, fenouil), bois (santal), feuille (eucalyptus), Oléorésines (myrrhe), encens et du baume de tolu [20].

I.2.5. Utilisation des huiles essentielles

Les extraits aromatiques ont été utilisés depuis l'antiquité. Les anciens égyptiens les ont utilisés pour chasser les mauvais esprits, fabriquer des parfums ou encore conserver les corps

des pharaons après leur mort. Leur utilisation a connu un grand développement chez les musulmans en particuliers dans le domaine pharmaceutique. En effet, *Ibn Sina* les a utilisés pour guérir certaines maladies en médecine traditionnelle (phytothérapie). Actuellement, les huiles essentielles trouvent leur utilisation dans différents secteurs tels que les industries pharmaceutiques et cosmétiques en raison de leurs propriétés thérapeutiques et aromatiques, et en industries agroalimentaires où elles sont utilisées comme agents naturels de conservation grâce à la présence dans leurs compositions de produits ayant des propriétés antimicrobiennes et antioxydants [29].

Quatre domaines principaux exploitent les diverses potentialités qu'offrent les huiles essentielles [30].

1.2.5.1. Pharmacie

Conjuguée à leur utilisation historique en thérapie, les activités biologiques démontrées par les huiles essentielles et leurs composants ont naturellement suscité un grand intérêt pour leur utilisation en tant que médicaments. Par conséquent, les huiles essentielles sont des ingrédients de médicaments vendus pour un large éventail d'applications thérapeutiques. Les huiles essentielles sont des ingrédients actifs ou des excipients dans de nombreux médicaments en vente libre. Par exemple, l'huile d'eucalyptus se trouve dans plus de 100 produits en vente libre, destinés principalement au traitement ou à la prise en charge des symptômes des infections des voies respiratoires supérieures. Un autre exemple est celui de l'ajout des huiles essentielles en tant que composant de pâte d'obturation canalair en médecine dentaire et aussi comme ingrédient des antiseptiques [31].

1.2.5.2. Parfumerie

C'est le débouché principal des huiles essentielles où la cosmétologie et le secteur des produits d'hygiène en sont les marchés principaux. On note aussi l'utilisation des huiles essentielles dans les préparations pour bains (bain « calmant » ou « relaxant ») avec la possibilité d'absorption percutanée des constituants terpéniques [30].

I.2.5.3. Agro-alimentaire

Certaines plantes sont utilisées brutes (épices et aromates), d'autres le sont sous forme d'huiles essentielles ou de résinoïdes. Tous les secteurs alimentaires en utilisent : boissons alcooliques ou non, confiserie, produits laitiers, produits carnés, soupes, sauces, boulangerie, snacks, la nutrition animale [30].

I.2.5.4. Diverses industries

L'industrie chimique est le principal utilisateur des isolats issus des huiles essentielles comme matières premières pour la synthèse de principes actifs médicamenteux, de vitamines, de substances odorantes, exemple : pinènes, sclaréol, linalol, citronellal, citral eugénol, safrol, etc. Ces isolats sont également utilisés en parfumerie [30].

I.2.6. Composition chimique des huiles essentielles

Les huiles essentielles peuvent être subdivisées en deux groupes distincts de produits chimiques les hydrocarbures qui sont constitués presque exclusivement de terpènes (monoterpènes, sesquiterpènes et diterpènes) et les composés oxygénés qui sont principalement des esters, aldéhydes, cétones, alcools, phénols et oxydes [32].

I.2.6.1. Terpènes

Les terpènes sont composés de l'association plus ou moins complexe d'unités isopréniques sous forme de chaînes ou de cycles. On classe les différents terpènes (ou terpénoïdes) en fonction du nombre d'unités isopréniques [33].

a. Monoterpènes

C'est la famille terpénique la plus simple (2 unités isopréniques) dont la formule chimique générale est : $(C_5H_8)_2$ [34]. Quelques exemples de monoterpènes sont donnés dans la *figure I.2*.

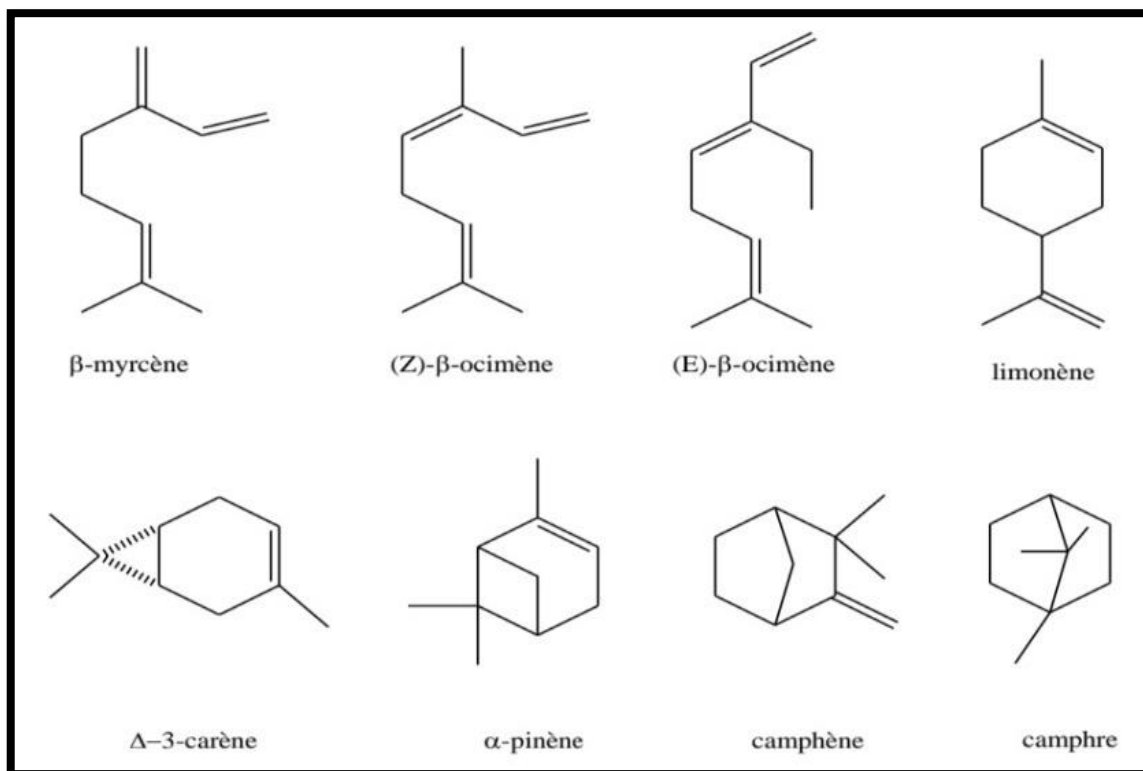


Figure I.2 : Structures chimiques de quelques monoterpènes [20].

b. Sesquiterpènes

Il s'agit de la classe la plus diversifiée des terpènes. Elle contient plus de 3000 molécules comme par exemple : β -caryophyllène, β -bisabolène, α -humilène, α -bisabolol, farnesol [34].

Remarque : Le chamazulène possède des propriétés anti-inflammatoires mises en évidence expérimentalement chez le rat. Son activité est liée à une interaction avec les mécanismes de synthèse des médiateurs de l'inflammation (inhibition de la cyclo-oxygénase et de la 5-lipoxygénase) [33]. Quelques exemples de sesquiterpènes sont donnés dans la *figure I.3*.

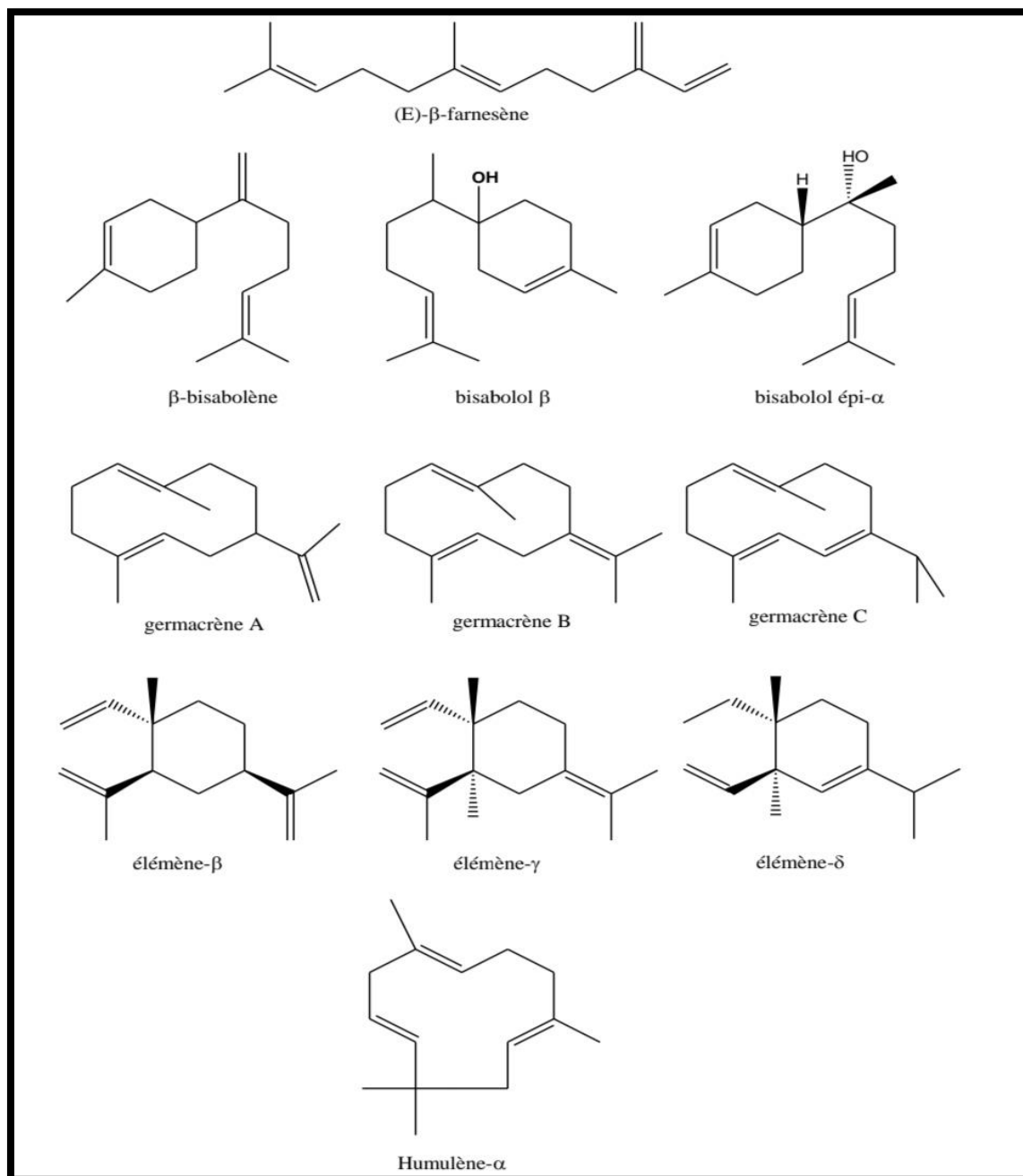


Figure 1.3 : Structures chimiques de quelques sesquiterpènes [20].

c. Diterpènes

La plupart des diterpènes dans les huiles essentielles sont formés par les combinaisons tête-à-queue de quatre unités d'isoprène suivies d'un réarrangement et/ou de substitutions. Ils sont des composants très communs et importants des résines végétales, mais se retrouvent également en petites quantités dans de nombreuses huiles essentielles. Ils ont la formule moléculaire générale $C_{20}H_{32}$ et sont donc beaucoup plus lourds que leurs équivalents mono-

et sesquiterpénoïdes. Leur masse moléculaire plus élevée par rapport aux mono- et sesquiterpènes signifie qu'une plus grande quantité d'énergie doit être libérée des parties de la plante par distillation à la vapeur. Leur récupération et la concentration obtenue à partir d'huiles essentielles augmentent avec l'augmentation des temps de distillation à la vapeur [31].

1.2.6.2. Composés oxygénés

a. Esters

Ils sont le résultat d'une réaction chimique entre les acides organiques et alcools ou phénols, et sont le groupe le plus répandu dans les huiles essentielles. La plupart sont généralement des composés très stables et leurs parfums présente un ton quelque peu fruité, tandis que d'autres peuvent être médicinaux et puissants. Les esters sont efficaces sur les inflammations et les irritations cutanées, sont antifongiques, et ont un effet relaxant et calmant sur le système nerveux [32].

b. Aldéhydes

Ils se retrouvent le plus souvent dans les essences citronnées telles que : citronnelle, citron et eucalyptus, mais certaines huiles ont des parfums herbacés et parfois secs. Les agrumes sont largement utilisés en parfumerie. Ils sont parfois irritants pour la peau et doivent être dilués avant utilisation, mais ils sont très efficaces lorsque leur parfum est inhalé. Les aldéhydes ont des propriétés anti infectieuses, antivirales, anti-inflammatoires et calmantes [32].

c. Cétones

Certains des constituants toxiques les plus courants sont les cétones, comme la thujone trouvée dans l'armoise, le tansy, la sauge et l'absinthe ; et le pulegone dans le penny royal et le buchu, mais cela ne signifie pas que toutes les cétones sont dangereuses. Les cétones non toxiques incluent le jasmine trouvé dans le jasmin et dans l'huile de fenouil. Généralement considérés pour soulager la congestion et faciliter la circulation du mucus, les cétones sont souvent trouvées dans les plantes utilisées pour les troubles respiratoires supérieurs, comme l'hysope et la sauge [35].

d. Alcools

Ils sont connus pour leurs propriétés antiseptique, anti-infectieuse et antivirale. Ils créent une qualité édifianche et sont considérés comme non toxiques. La plupart des alcools dans les huiles essentielles ont une odeur douce, verte, ou parfois boisée. Ils sont aussi légers et agréables [32].

e. Phénols

Ils sont très similaires aux alcools à l'exception qu'ils ont une odeur plus mordante et médicinale. Les phénols sont antalgiques, antiseptiques, anti-infectieux, antispasmodiques, antiviraux, bactéricides, digestifs, diurétiques, expectorants, sédatifs et stimulants du système immunitaire. Cependant, les huiles riches en phénols sont considérées comme les huiles les plus irritantes pour la peau et les muqueuses et peuvent provoquer une dermatite et une sensibilisation. Si les phénols sont présents en fortes concentrations dans une huile essentielle, cette huile doit être utilisée en très faible concentration sur la peau et utilisée que pour de courtes périodes. Quelques exemples de ces huiles sont le clou de girofle, le thym et le basilic [32].

f. Oxydes

Ils sont le plus souvent utilisés pour leurs propriétés antiseptiques, décongestionnantes et expectorantes. Les oxydes ont généralement des arômes frais, piquants et médicinaux. Quelques exemples incluent : l'eucalyptus et le cajeput [32].

L'oxyde le plus important est le cinéol (ou eucalyptol) qui se trouve pratiquement dans une classe à part. Il a un effet expectorant, bien connu comme le principal constituant de l'huile d'eucalyptus. On le trouve également dans une large gamme d'autres huiles, en particulier celles de nature camphrée comme le romarin, le laurier, le thier et le cajeput. Les autres oxydes comprennent l'oxyde de linalol trouvé dans l'hysope (variété *decumbens*), l'ascaridol, l'oxyde de bisabolol et l'oxyde de bisabolone [35].

I.2.7. Conservation des huiles essentielles

Les huiles essentielles de bonne qualité peuvent se conserver plusieurs années sous certaines conditions, jusqu'à cinq ans pour les huiles certifiées H.E.C.T. (Huile Essentielle Chemo Typée) par exemple. Seules les essences de citrus se gardent un peu moins longtemps (trois ans) [36].

Les huiles essentielles sont volatiles, il ne faut donc pas oublier de bien fermer les flacons. Il est préférable de les conserver dans un flacon en aluminium ou en verre teinté (brun, vert ou bleu) et de les garder à l'abri de la lumière à une température ambiante jusqu'à vingt degrés [36].

Il existe des normes spécifiques sur l'emballage, le conditionnement et le stockage des huiles essentielles (norme AFNOR NF T 75-001, 1996) ainsi que sur le marquage des récipients contenant des huiles essentielles (norme NF 75-002, 1996) [36].

I.3. EXTRACTION DES HUILES ESSENTIELLES

Il existe plusieurs méthodes pour extraire les huiles essentielles. La plupart des techniques d'extraction reposent sur le fait que les huiles essentielles se mélangent bien avec d'autres huiles et graisses, certains solvants, et même l'alcool, mais ils ne se mélangent pas avec l'eau. Au fil des ans, les herboristes et les fabricants d'huiles essentielles ont déterminé les méthodes qui fonctionnent le mieux pour chaque application [37].

I.3.1. Hydrodistillation

Elle regroupe les installations à partir desquelles le processus de distillation à la vapeur est appliqué. Dans ce procédé simple, les plantes fraîchement récoltées sont placées dans une cuve d'eau bouillante, et la vapeur qui en sort extrait les huiles de la plante. La vapeur montante, riche en huile essentielle, est dirigée à travers une colonne avant d'être refroidi. La vapeur se condense ensuite dans un réfrigérant, et comme les huiles essentielles ne se mélangent pas avec l'eau, les deux substances se séparent (*figure I.4*). L'huile essentielle est recueillie, et dans de nombreux cas, l'eau restante est recueillie aussi, car elle conserve le caractère parfumé de l'huile essentielle. Cette eau est appelée 'hydrolat' et est souvent utilisée dans les hydratants, les vaporisateurs de lin et les parfums simples [37].

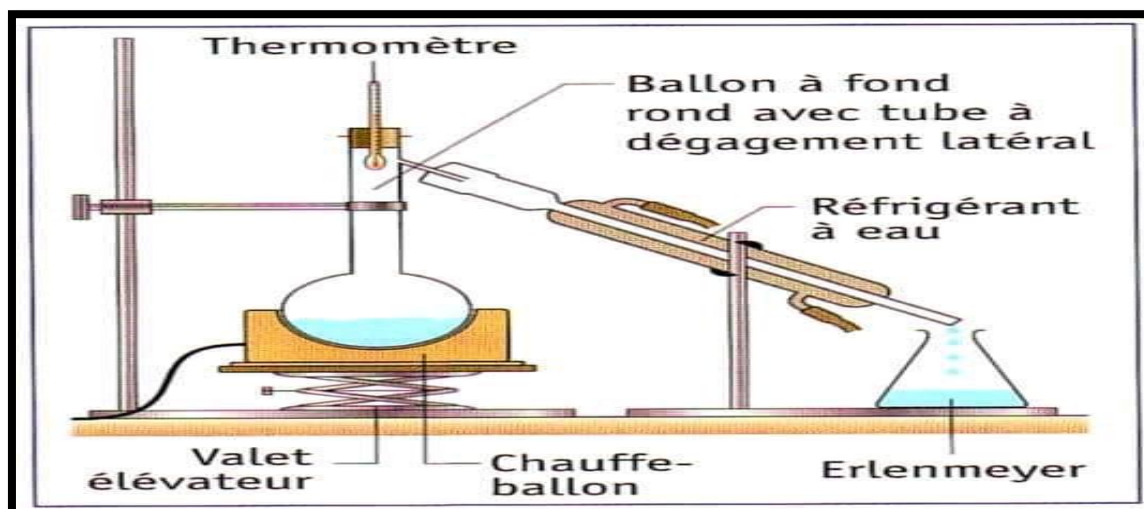


Figure I.4 : Montage d'extraction par hydrodistillation [38].

I.3.2. Entraînement à la vapeur d'eau

Dans ce type de distillation, la plante est traversée par un courant de vapeurs d'eau qui va tirer les substances volatiles hydrophobes. Après condensation, la séparation se fait par décantation (*figure I.5*). Cette méthode apporte une amélioration à la qualité de l'huile essentielle en minimisant les altérations hydrolytiques [39].

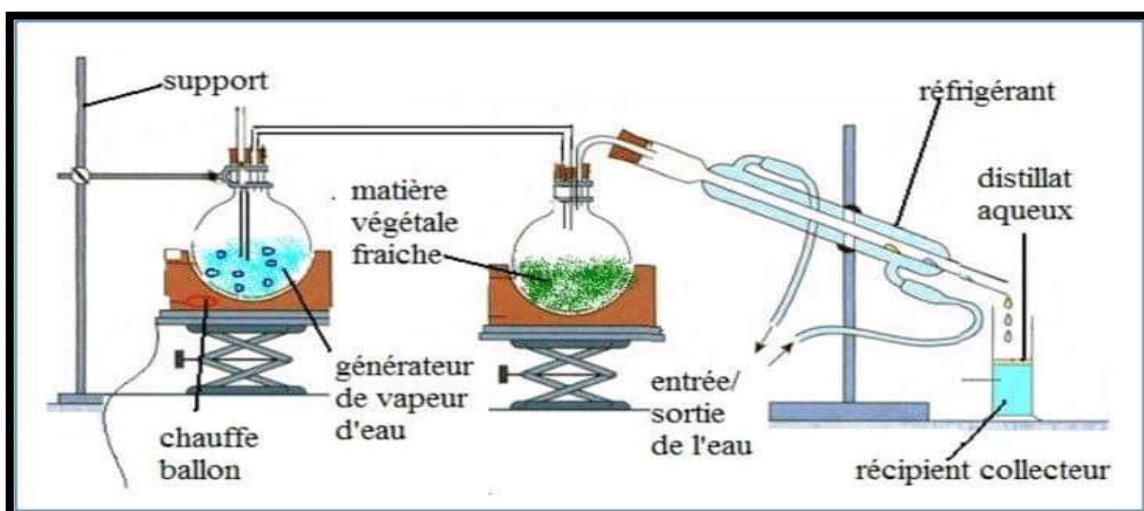


Figure I.5 : Montage d'extraction par entraînement à la vapeur d'eau [40].

I.3.3. Expression à froid

Utilisé pour extraire l'huile essentielle des écorces d'agrumes. Dans cette méthode, les pelures de fruits sont pressées, puis l'huile est séparée du jus et de la pulpe dans une centrifugeuse. L'expression est également le processus utilisé dans la vinification et la création d'huile d'olive [41].

I.3.4. Hydrodiffusion

L'hydrodiffusion est une co-distillation descendante (*figure I.6*). Dans ce procédé, le végétal est disposé dans un parallélépipède métallique grillagé. On soumet donc le végétal à une pulsion de vapeur d'eau, saturée et humide, mais jamais surchauffée de haut en bas. La forme de l'appareillage permet une meilleure répartition des charges. La vapeur d'eau emporte avec elle toutes les substances volatiles. L'huile essentielle est recueillie grâce à un collecteur qui permet un équilibre avec la pression atmosphérique. On peut aussi préciser qu'il y a un procédé de cohobation qui renvoie dans la chaudière toutes les eaux qui sont séparées des huiles [19].

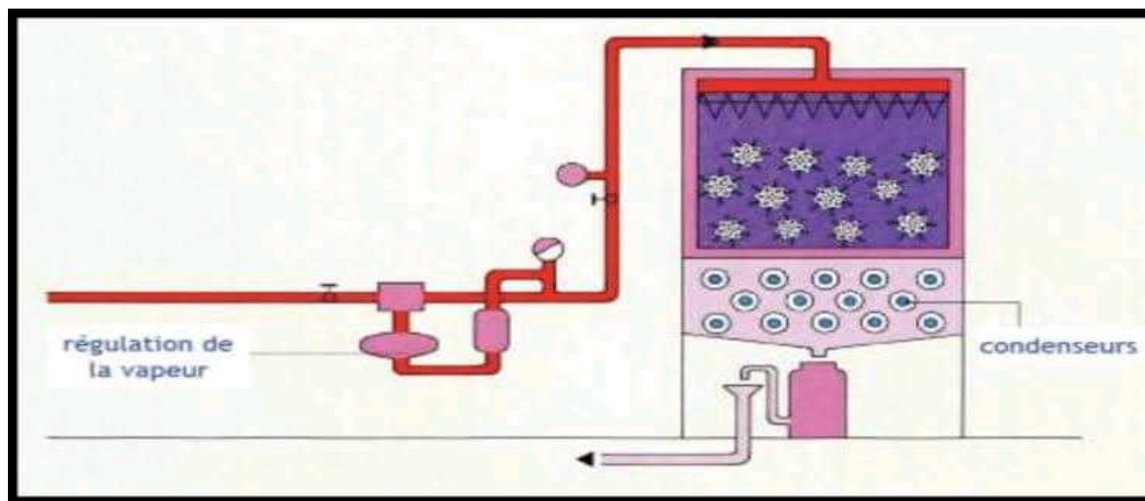


Figure I.6 : Montage d'extraction par hydrodiffusion [42].

I.3.5. Enfleurage

L'enfleurage à chaud fait appel à la combinaison de graisse ou d'huile grasse avec des fleurs entières, est la plus ancienne méthode connue d'extraction d'huile essentielle. Toujours utilisé par certains fabricants de parfums exclusifs, le processus consiste à placer

les fleurs dans une couche peu profonde d'huile grasse chauffée qui absorbe les huiles essentielles des pétales. Au fur et à mesure que les fleurs se fanent, elles sont remplacées par de nouvelles jusqu'à ce que l'huile soit complètement saturée d'huile essentielle. L'huile essentielle est ensuite extraite avec un solvant tel que l'alcool, et la graisse ou l'huile restante est utilisée pour parfumer le savon et d'autres produits [43].

I.3.6. Extraction par solvant

Les huiles essentielles extraites à l'aide de solvants chimiques tels que le chlorure de méthylène, l'hexane ou le benzène sont appelées absolus (*figure I.7*). Dans cette méthode, le solvant est utilisé à la place de l'eau ou du CO₂. Une grande partie du solvant s'évapore au cours de la phase initiale d'extraction, et le reste est séparé dans une centrifugeuse ou retiré sous vide. Cependant, l'extraction par solvant laisse des traces infimes des produits chimiques d'extraction dans l'huile essentielle, et l'aromathérapeute Robert Tisserand fait remarquer qu'il y a certaines préoccupations quant à savoir si ces traces infimes sont acceptables pour une utilisation en aromathérapie [43].

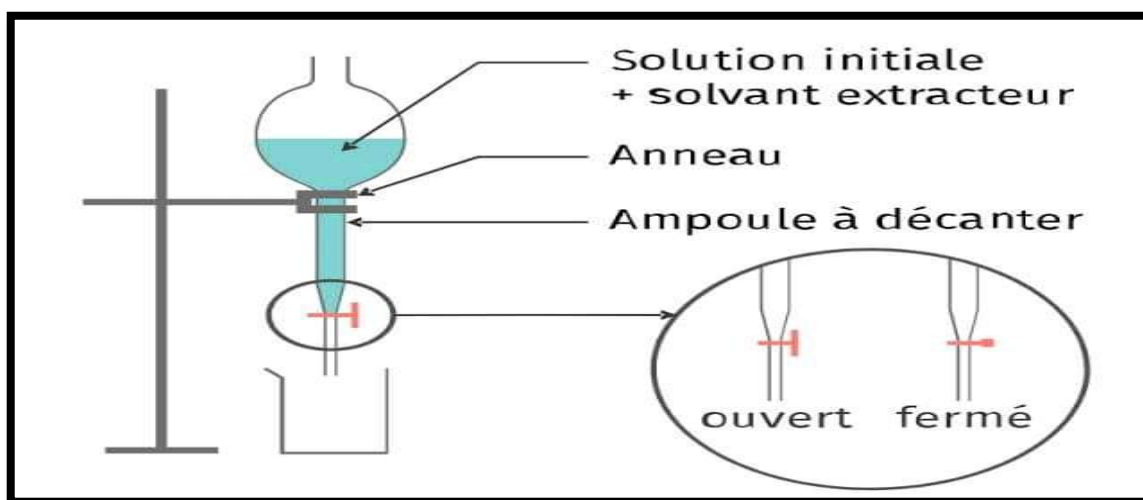


Figure I.7 : Extraction par solvant [44].

I.3.7. Extraction par micro-ondes

L'extraction assistée par micro-ondes est une nouvelle technique qui combine l'utilisation des micro-ondes et d'autres méthodes traditionnelles. Dans ce procédé, la matière végétale est chauffée par micro-ondes dans une enceinte close dans laquelle la pression est réduite de manière séquentielle. Les composés volatiles sont entraînés par la

vapeur d'eau formée à partir de l'eau propre de la plante. Ils sont ensuite récupérés à l'aide des procédés classiques : condensation, refroidissement et décantation (*figure I.8*). Des études ont démontrés que cette technique possède plusieurs avantages tels que le gain de temps d'extraction, l'utilisation de petites quantités de solvant et un rendement d'extraction élevé [34].

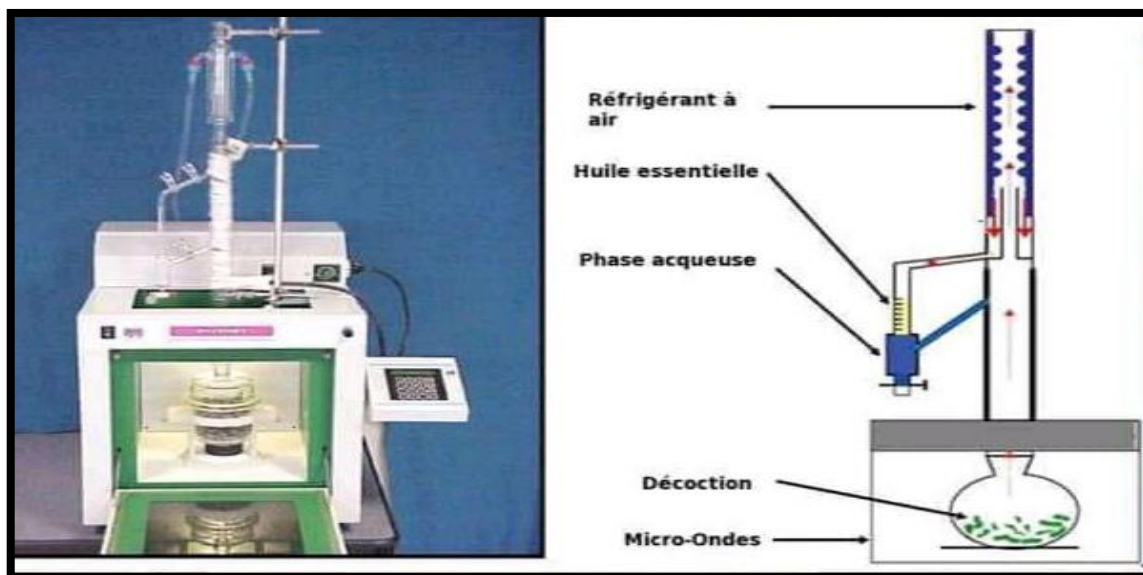


Figure I.8 : Montage d'extraction par micro-ondes [45].

I.3.8. Extraction au CO₂ supercritique

Méthode d'extraction utilisant l'état « *supercritique* » du CO₂, qui est dans un état intermédiaire entre le gaz et le liquide. L'équipement nécessaire pour ce processus est assez coûteux, mais la méthode donne un volume plus élevé d'huile essentielle, et l'extraction est conduite sous haute pression et à chaleur relativement basse sans utilisation de la vapeur ou des solvants nocifs qui peuvent dégrader la qualité de l'huile essentielle (*figure I.9*). Le CO₂ supercritique extrait également une gamme plus large de molécules que la vapeur d'eau pour une huile essentielle plus complète et absolument supérieure, sans aucun résidu chimique. L'extraction au CO₂ est le plus souvent utilisée pour les plantes les plus chères et/ou les plus fragiles, tels que l'encens, la myrrhe, la noix de muscade, le gingembre, la fleur de calendula et la gousse de vanille [46].

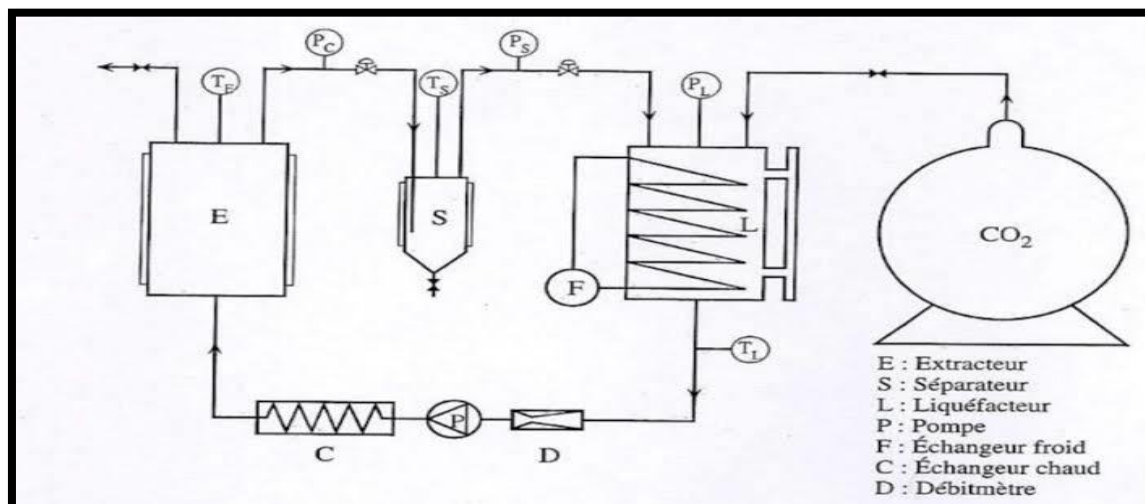


Figure I.9 : Montage d'extraction au CO_2 supercritique [47].

I.4. ANALYSES DES HUILES ESSENTIELLES

I.4.1. Propriétés organoleptiques des huiles essentielles

Les caractéristiques organoleptiques (apparence, couleur, odeur, goût) étaient autrefois les seules indications permettant d'évaluer la qualité d'une huile essentielle, mais comme ces propriétés ne donnent que des informations très limitées sur ces essences, il est nécessaire de faire appel à d'autres techniques de caractérisation plus précises. La qualité d'une huile essentielle et sa valeur commerciale sont définies par des normes admises et portant sur les indices physicochimiques [22].

I.4.2. Propriétés physiques des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont généralement liquides à la température ambiante. D'odeur aromatique, leur densité est le plus souvent inférieure à celle de l'eau et est comprise entre 0,75 et 0,99. Les essences naturelles des plantes sont volatiles et entraînaient par la vapeur d'eau. Elles sont solubles dans la plupart des solvants organiques et les huiles fixes. Les huiles essentielles ne changent pas d'odeur et ont tendance à se polymériser, leur conservation est limitée, et leur point d'ébullition se situe entre 60 °C et 240 °C. Leur exposition à la lumière et à la chaleur conduit à la perte de leurs propriétés. Elles sont incolores à jaune pâle à quelque exception telle que l'huile essentielle de la camomille romaine dont la couleur est bleue claire [29].

I.4.3. Propriétés chimiques des huiles essentielles

I.4.3.1. Indice d'acide (I_a)

L'indice d'acide témoigne de la « fraîcheur » d'une huile essentielle et permet de vérifier sa qualité, notamment en ce qui concerne sa dégradation avec le temps durant le stockage. Cette méthode convient pour toutes les huiles essentielles, sauf pour celles qui sont riches en lactones. L'indice d'acide correspond à la masse nécessaire d'hydroxyde de potassium KOH (en milligramme) à ajouter à un gramme d'huile, afin de neutraliser tous les acides libres se trouvant dans la prise d'essai [48].

I.4.3.2. Indice de saponification (I_s)

C'est le nombre de milligramme (mg) d'hydroxyde de potassium nécessaire pour neutraliser les acides libres et saponifier les acides estérifiés contenus dans un gramme d'huile essentielle [49].

I.4.3.3. Indice d'ester (I_e)

L'indice d'ester correspond à la masse en (mg) d'hydroxyde de potassium KOH nécessaire pour neutraliser les acides libérés par l'hydrolyse des esters en milieu basique contenus dans un gramme d'huile essentielle, à l'aide du dosage en retour de l'excès de potasse par une solution (initialement titrée) d'acide chlorhydrique [48].

I.4.4. Méthodes d'identification chimique des huiles essentielles

Une fois l'extrait des huiles essentielles obtenu, l'analyse permet d'identifier et de quantifier les produits qui le composent. Les progrès des méthodes analytiques permettent d'identifier rapidement un très grand nombre de constituants [50].

La chromatographie est le procédé fréquemment utilisé pour séparer les constituants des huiles essentielles. Elle se base sur les différences d'affinités des substances à analyser à l'égard de deux phases, l'une stationnaire ou fixe, l'autre mobile. Selon la technique chromatographique mise en jeu, la séparation des composants entraînés par la phase mobile, résulte soit de leurs adsorptions et de leurs désorptions successives sur la phase stationnaire, soit de leurs solubilités différentes dans chaque phase [51].

I.4.4.1. Chromatographie en phase gazeuse (GC)

Le rôle du chromatographe est de séparer les constituants d'un mélange. La chromatographie en phase gazeuse (GC) est réservée à l'analyse de composés relativement volatils et thermiquement stables. Le chromatographe en phase gazeuse est constitué de trois modules : un injecteur, une colonne capillaire dans un four et un détecteur (*figure I.10*). Il existe différents types de détecteurs mais le spectromètre de masse tend aujourd'hui à supplanter tous les autres, car c'est le seul à fournir des informations structurales sur les composés séparés par chromatographie [52].

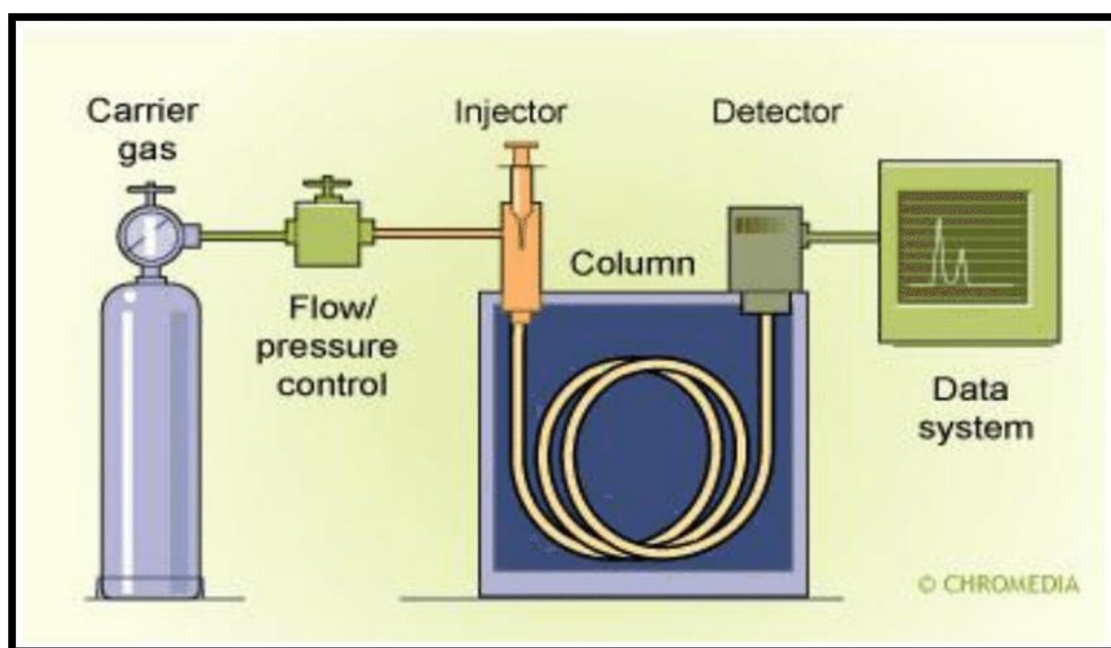


Figure I.10 : Schéma descriptif d'une chromatographie en phase gazeuse (GC) [53].

I.4.4.2. Chromatographie en phase gazeuse/Spectrométrie de masse (GC/MS)

La chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse est une méthode d'analyse qui combine la séparation et l'identification (les performances de la chromatographie en phase gazeuse et de la spectrométrie de masse) afin d'identifier et/ou de quantifier précisément de nombreuses substances (*figure I.11*). La méthode est basée sur la séparation des constituants à l'aide de la chromatographie en phase gazeuse (GC) et leur identification par la spectrométrie de masse (MS) [54].

Le spectre de masse obtenu est comparé avec celui d'une bibliothèque informatisée. En plus d'être exhaustive, une bonne bibliothèque devrait contenir les spectres de molécules enregistrées pour diverses conditions d'ionisation [55].

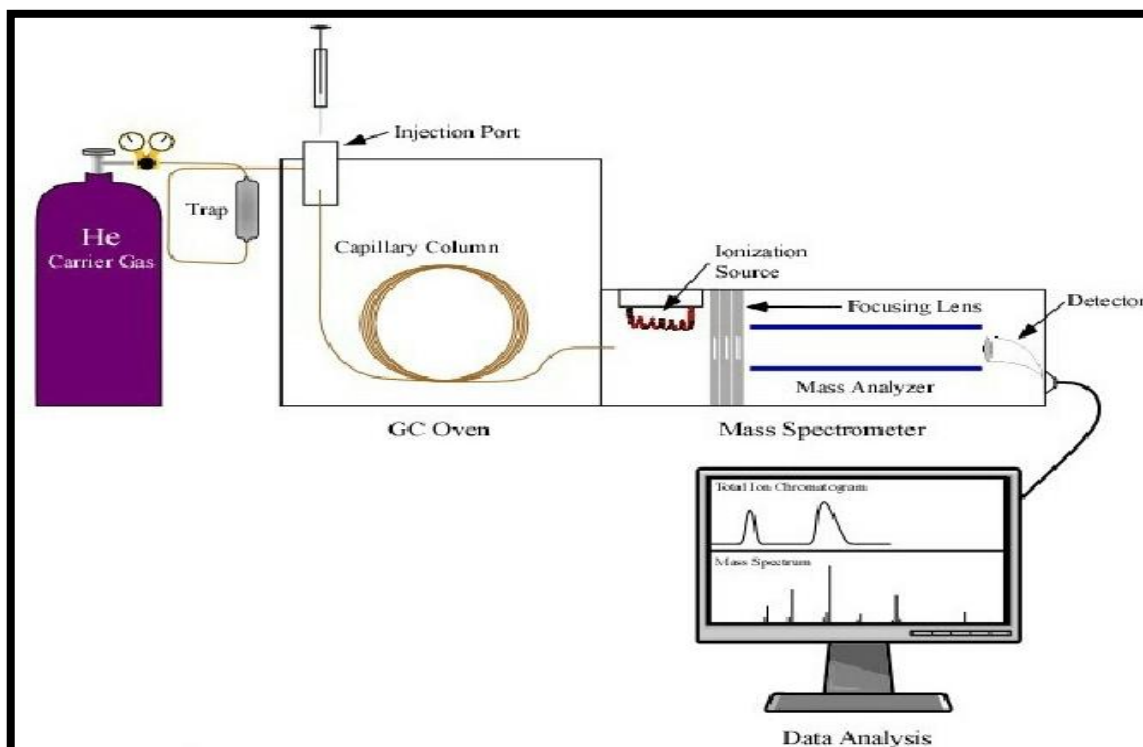


Figure I.11 : Schéma d'un système GC/MS [56].

I.5. ACTIVITÉ ANTIOXYDANTE

I.5.1. Stress oxydatif

Le stress oxydant résulte d'un déséquilibre entre des systèmes producteurs d'espèces réactives de l'oxygène (ERO) et des systèmes antioxydants, enzymatiques (superoxyde dismutases (SOD), glutathion peroxydases (GPx), etc.) ou non (glutathion, vitamines, etc.). Par sa nature même, le stress oxydant reste un phénomène physiopathologique difficile à appréhender [57].

Dans les conditions normales, les antioxydants doivent être plus importants que les pro-oxydants, mais en conditions d'oxydation, les pro-oxydants emportent sur les antioxydants, qui peuvent conduire à de nombreuses maladies inflammatoires (*figure I.12*) [58].

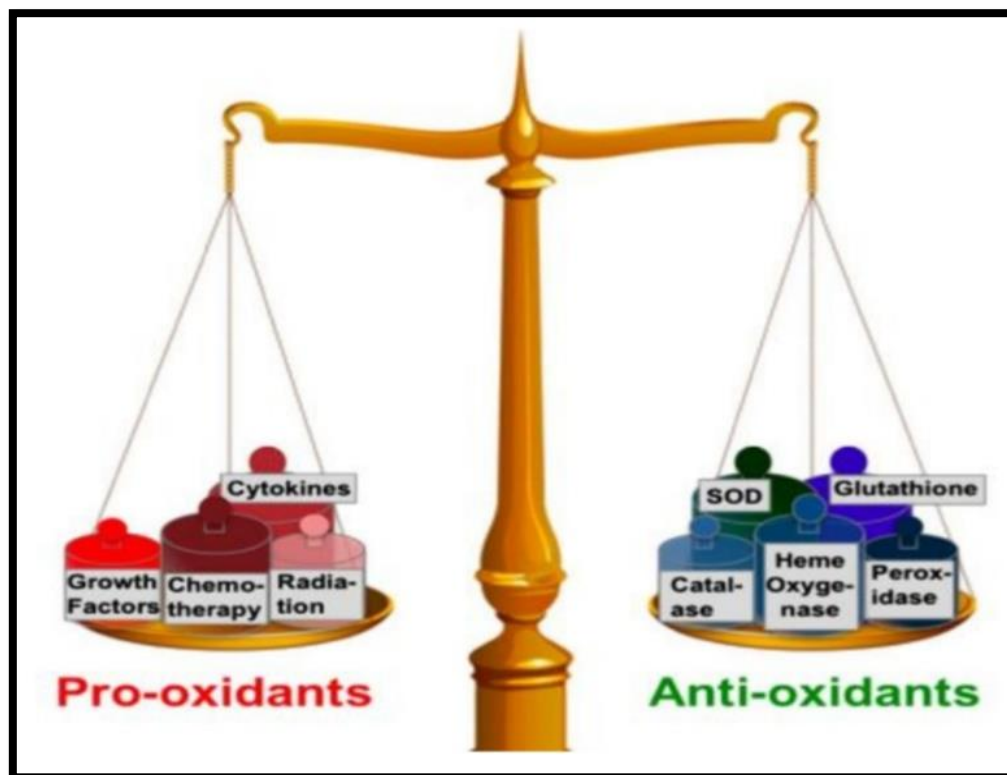


Figure I.12 : modèle d'équilibre entre les pro-oxydants et les antioxydants [58].

I.5.2. Radicaux libres et leur origine

Le terme de radical libre renvoie à n'importe quelle espèce capable d'une existence indépendante (d'où le terme de libre) contenant un ou plusieurs électrons non appariés. Un électron non apparié est un électron qui occupe seul, une orbitale atomique ou moléculaire. L'exemple le plus simple de radical libre est l'hydrogène qui possède un seul électron non apparié sur sa couche orbitale externe [59].

Les radicaux libres sont : $O_2^{\bullet -}$ (radical anion superoxyde), OH^{\bullet} (radical hydroxyle), HO_2^{\bullet} (radical perhydroxyle), RO^{\bullet} (radical alkoyle), ROO^{\bullet} (radical peroxyde), NO^{\bullet} (nitrogen monoxide). Les espèces à l'origine de radicaux libres sont : 1O_2 (oxygène singulet), H_2O_2 (peroxyde d'hydrogène), $ROOH$ (hydroperoxyde), OCl^- (hypochlorite) [60].

I.5.3. Conséquences du stress oxydatif

La production excessive de radicaux libres provoque des lésions directes de molécules biologiques (oxydation de l'ADN, des protéines, des lipides, des glucides), mais aussi des lésions secondaires dues au caractère cytotoxique et mutagène des métabolites libérés

notamment lors de l'oxydation des lipides. L'organisme peut aussi réagir contre ces composés anormaux par production d'anticorps, qui malheureusement peuvent aussi être des auto-anticorps créant une troisième vague d'attaque chimique [61].

I.5.4. Les antioxydants

Un antioxydant est une substance capable de prévenir ou de ralentir l'oxydation d'autres molécules. Les antioxydants agissent de plusieurs manières. Leur mécanisme d'action peut être direct ou indirect, en tant que partie de la structure d'enzymes et/ou cofacteurs d'enzymes antioxydants, comme dans le cas des éléments traces. Les mécanismes les plus fréquents sont l'interruption de la spirale oxydative (vitamines C et E, NADPH, glutathion), la prévention des dégâts par la mise à disposition d'électrons (céruloplasmine, vitamine C, superoxyde dismutase, GSHPx) et la réparation des molécules d'ADN (Zn, acide folique, niacine). Autre leur effet bénéfique sur la santé, les antioxydants sont utilisés dans plusieurs industries. Dans l'industrie alimentaire, par exemple, ils servent à prévenir l'oxydation des lipides et autres constituants, pour préserver la qualité des aliments. De nos jours, les consommateurs sont de plus en plus nombreux [62,63].

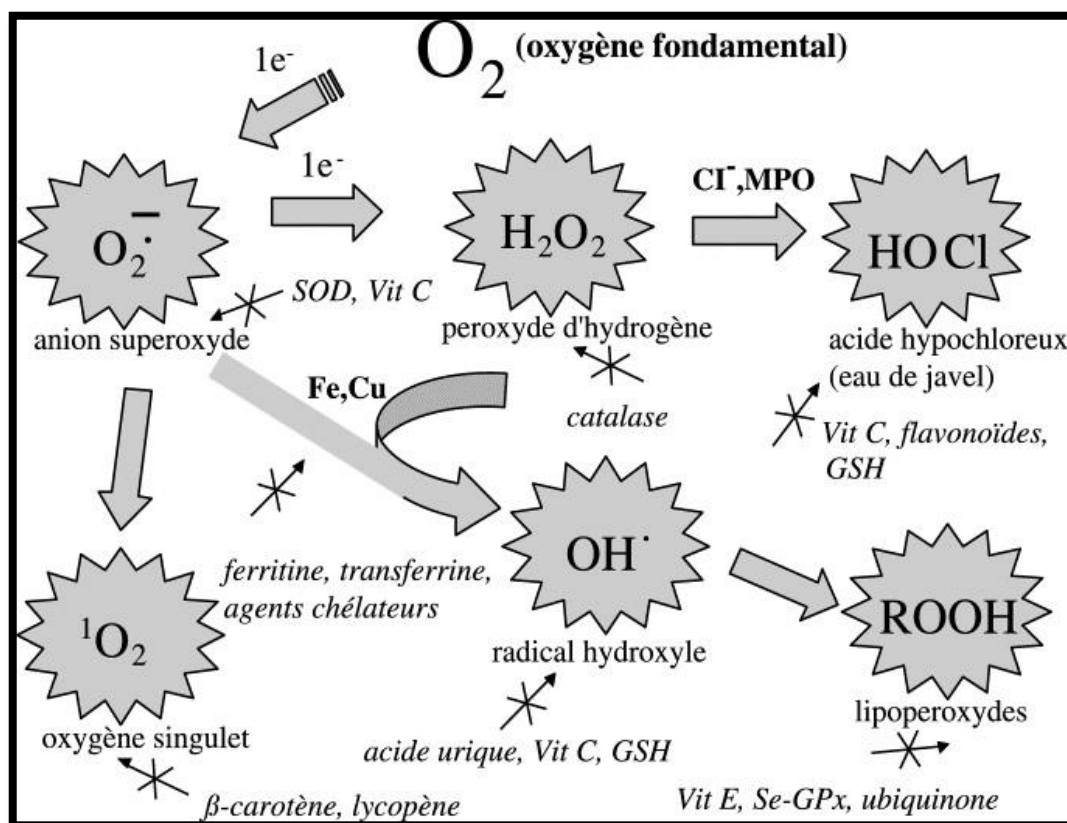


Figure I.13 : Régulation de la production d'espèces réactives de l'oxygène par les systèmes de défenses antioxydants [64].

I.5.4.1. Antioxydants enzymatiques

L'organisme se défend contre les radicaux en synthétisant des enzymes (*tableau I.1*) qui les neutralisent [65].

Tableau I.1 : Système antioxydant enzymatique [65].

| Enzyme | Mode d'action |
|------------------------------------|---|
| <i>Superoxyde dismutases (SOD)</i> | Assurant l'élimination de l' $O_2^{\cdot-}$ par une réaction de dismutation en le transformant en H_2O_2 et en O . |
| <i>Glutathion peroxydase (GPx)</i> | Enzyme qui peut réduire le H_2O_2 en eau. Elles permettent de limiter la propagation des réactions radicalaires en chaîne. |
| <i>Catalase</i> | Enzyme responsable de la détoxification du H_2O_2 . La réaction catalysée par cette enzyme est une dismutation du peroxyde d'hydrogène. |
| <i>Thiorédoxine réductase</i> | La TrxR intervient dans la dégradation des peroxydes lipidiques et du peroxyde d'hydrogène, ainsi que dans la régénération du radical ascorbyl en acide ascorbique. |

I.5.4.2. Antioxydants non enzymatiques

a. Le glutathion

Le glutathion est un tri-peptide synthétisé par la cellule. Il correspond au γ -glutamyl cystéinyl glycine et présente une fonction thiol (celle de la cystéine) dotée d'un potentiel antioxydant qui s'exprime notamment vis-à-vis des hydroperoxydes (peroxyde d'hydrogène et hydroperoxydes lipidiques, notamment). Il réagit dans le cadre de réactions enzymatiques catalysées par les glutathion peroxydases (activités dites séléno-dépendantes). En ce qui concerne le peroxyde d'hydrogène, le glutathion peut en plus réduire le peroxyde, assisté par les glutathion transférases (activité glutathion peroxydase dite non séléno-dépendante). Au cours de la réduction des hydroperoxydes, l'oxydation du glutathion peut être conjuguée à celle d'un autre thiol conduisant à la formation de disulfures hybrides. Cette glutathionylation est réversible quand il s'agit de protéines ; elle peut transitoirement mettre à l'abri la protéine de l'oxydation de ces cystéines ou induire un changement d'activité ayant une valeur régulatrice. D'autres peptides ou protéines présentant des fonctions SH, telles que

les peroxyrédoxines, glutarédoxines ou encore la thiorédoxine, sont dotés de propriétés antioxydants [66].

Bien que le glutathion soit un peptide, le lien γ -glutamyl est relativement résistant aux protéases et le glutathion peut utiliser des transporteurs pour entrer dans des cellules auxquelles il est extérieurement présenté. Le glutathion en tant qu'agent utilisé à visée pharmacologique s'est montré protecteur vis-à-vis de différents modèles animaux [66].

b. La vitamine E

Ce terme désigne un ensemble d'isomères, les tocophérols (constitués d'un noyau chromanol et d'une chaîne latérale saturée à 16 atomes de carbone) et les tocotriénols (qui diffèrent des tocols par la présence de 3 doubles liaisons sur cette chaîne latérale). D'un point de vue biologique, deux isomères sont particulièrement intéressants, l' α - et le γ -tocophérol. Leur caractère hydrophobe leur permet de s'insérer au sein des membranes riches en acides gras polyinsaturés, où ils jouent un rôle protecteur en réagissant avec les radicaux peroxyles (ROO^{\bullet}) pour former un radical tocophéryle, empêchant ainsi la propagation de la peroxydation lipidique. Si l' α -tocophérol est le plus abondant, il semble que le γ -tocophérol soit le plus efficace à ce niveau. Les apports journaliers d' α -tocophérol sont de l'ordre de 10 mg : il se retrouve en quantité variable dans les huiles (soja, maïs, olive) et dans les noix et noisettes. Le γ -tocophérol est présent essentiellement dans l'huile de sésame [67].

c. La vitamine C

La plupart des mammifères sont capables de synthétiser la vitamine C dans leur foie ou dans leurs reins. Ce n'est pas le cas de l'homme qui doit assurer un apport journalier d'environ 100 mg via une alimentation riche en fruits. La vitamine C est, avant tout, un excellent piègeur des EOA (HO^{\bullet} ou $\text{O}_2^{\bullet-}$). Elle inhibe également la peroxydation lipidique en régénérant la vitamine E à partir de la forme radicalaire issue de sa réaction avec des radicaux lipidiques. Ses fonctions sont nombreuses : contribution au bon fonctionnement du système immunitaire, implication dans la synthèse du collagène et des globules rouges ainsi que dans les mécanismes de métabolisation du fer [67].

d. Les caroténoïdes

Les caroténoïdes principalement ingérés incluent l' α - et le β -carotène, la β -cryptoxanthine, la lutéine et le lycopène. Les carotènes et la cryptoxanthine sont retrouvés dans différents fruits (abricots) et légumes (carottes). La lutéine est plutôt retrouvée dans des légumes verts (brocoli, chou de Bruxelles, haricot princesse). Les lycopènes sont abondants dans les tomates mais aussi dans le raisin ou la pastèque. La longue structure polyénique des caroténoïdes leur permet d'absorber la lumière UV. Ils peuvent réduire ou piéger les espèces réactives de l'oxygène et interférer avec des réactions radicalaires. Ils peuvent ainsi bloquer ou limiter la peroxydation lipidique. Les lycopènes exercent aussi une action antioxydante et sont dotés d'autres effets biologiques bien établis [66].

e. Les polyphénols

Les polyphénols sont un vaste groupe de molécules possédant plus de deux groupes aromatiques $-OH$ et au moins un noyau aromatique benzène. Les polyphénols peuvent inhiber la peroxydation lipidique et détruire certaines espèces réactives telles que HO° et NO_2° par abstraction d'un de leurs atomes d'hydrogène. Certains peuvent réagir directement avec l'ion superoxyde O_2° . On a longtemps pensé qu'ils pouvaient être de bons chélateurs des métaux de transition, cela n'est peut-être pas vrai *in vivo* [68].

I.6. PLANTE ÉTUDIÉE (*Teucrium polium* L.)

I.6.1. Dénomination internationale

'*Ja'adeh*' et ses dérivés sont fréquemment utilisés en arabe. En Tunisie, dont la langue officielle est l'arabe, *Teucrium polium* est appelé *Al-Ja'adeh*, *Khayata* ou *Gattaba*. Dans les régions orientales de l'Algérie, *Teucrium polium* est appelé *Khayata*, alors que dans les régions occidentales, on l'appelle *Ja'adeh*. Pour les autres langues on trouve les noms : *Polium*, *pouliot de montagne*, *germandée tomenteuse* (en français) ; *germander*, *mountain germander*, *fetly germander*, *cat thyme*, *hulwort* (en anglais) ; *camendrio di montagna*, *polio primo*, *timobianco* (en italien) ; *polei gamander*, *berggamander* (en allemand) [69,70].

I.6.2. Dénomination systématique

La classification de *Teucrium polium* L. est donnée comme suit :

- **Auteur** : Linné.

I.6.2.1. Classification classique

- **Règne** : plantae.

- **Division (ou embranchement)** : Magnoliophyta (= Magnoliophytes).

- **Classe** : Magnoliopsida.

- **Ordre** : Lamiales.

- **Famille** :

- selon IPNI (International Plant Names Index) : Lamiaceae (= Lamiacées).
- selon les jardins botaniques royaux de Kew : Labiatae.
- selon Cronquist : Lamiaceae.

I.6.2.2. Classification phylogénique (APG III)

- **Ordre** : Lamiales.

- **Famille** : Lamiaceae.

- **Genre** : *Teucrium*.

- **Espèce** : *Teucrium polium* L. [71].

I.6.3. Description botanique

Teucrium polium est une plante arbustive vivace et très polymorphe hauteur 10-35 cm. Les fleurs ont une corolle blanche ou jaune, dans une petite inflorescence globulaire. Le calice a la forme d'une cloche avec 5 dents triangulaires plates ou acuminées. Les feuilles sont blanches, tomenteuse des deux côtés, à denture arrondie vers le bas marges (*figure I.14*). Les fruits sont brun clair à brun foncé en forme de noix avec un surface en treillis ; la

floraison a lieu d'avril à juin. Toutes les parties aériennes de la plante ont l'odeur aromatique agréable et le goût amer [70].



Figure I.14 : Feuilles et fleurs du *Teucrium polium* [72].

I.6.4. Utilisation traditionnelle

Les plantes du genre *Teucrium* sont utilisées depuis plus de 2000 ans dans les traditions folkloriques comme médicaments en raison de leurs propriétés diurétiques, diaphorétiques, toniques, antipyrétiques, antispasmodiques et cholagogues. Elles sont également utilisées pour le traitement de différentes maladies chez l'homme telles que les troubles gastro-intestinaux (maladies rénales et hépatiques, douleurs abdominales et intestinales), inflammation, eczéma, inflammation des voies urinaires, diabète et rhumatismes maladies. Ces plantes sont aussi utilisées dans la médecine populaire pour améliorer les performances mentales [73,74].

I.6.5. Composition chimique de *Teucrium polium*

Les plantes appartenant au genre *Teucrium* contiennent différentes classes de composés tels que les di-terpénoïdes nucléo-cyrodanes, les chimiokines, les monoterpènes, les

sesquiterpènes, les polyphénols, les flavonoïdes et les esters d'acides gras. À ce jour, plus de 134 substances actives présentant une grande diversité structurale et chimique ont été isolées et distinguées des parties aériennes, des racines et des graines de souches de *Teucrium polium* [75].

I.6.6. Travaux antérieurs sur l'huile essentielle de *Teucrium polium*

Les travaux antérieurs sur l'huile essentielle de *Teucrium polium* L. sont résumés dans le **tableau I.2**.

Tableau I.2 : Travaux antérieurs sur l'huile essentielle de *Teucrium polium* L.

| Auteurs (Pays) [Référence] | Rendement (%) | Composés majoritaires (%) | Activité antioxydante (IC50 en mg/mL) |
|---|-----------------------------|--|--|
| <i>Touaibia et al.</i> (Algérie) [76] | 0,57 | β -Pinène (13,26) Limonène (12,65) Carvacrol (9,25) Camphène (5,3) | 1,31 |
| <i>Mahmoudi & Nosratpour</i> (Iran) [77] | 0,5 | Spathuléol (15,06) β -Pinène (11,02) Germacrène B (10,11) Myrcène (10,05) | 9,2 |
| <i>Maizi et al.</i> (Algérie) [78] | <i>Période végétative</i> | Limonène (29,87) Spathuléol (17,24) Camphre (8,20) Pinocarvone (7,76) | 3,90 |
| | <i>Période de floraison</i> | Limonène (26,39) Spathuléol (13,29) 1-Adamantanéméthylamine (9,85) Pinocarvone (5,60) | 16,14 |
| <i>Aburjai et al.</i> (Jordanie) [79] | 0,8 | 8-Cedren-13-ol (24,8), β -Caryophyllène (8,7) Germacrène D (6,8) Sabinène (5,2) | – |
| <i>El Atki et al.</i> (Maroc) [80] | <i>T. polium ssp aurum</i> | Caryophyllène (19,13) γ -muurolène (13,02) τ -cadinol(11,01) α -Gurjunène (9,2%) | 3,7 |
| | <i>T. polium ssp polium</i> | 3-Carène (15,49) γ -Muurolène (14,03) | 7,2 |

| | | | |
|---|------|---|------|
| | | α -Pinène (9,94) α -Phellandrène (6,93) | |
| <i>Lograda et al.</i> (Algérie-Région Est) [81] | 0,37 | α -Pinène (14,1- 18) β -Pinène (15,3-18,1) Germacrène-D (3,8-19) Myrcène (8,2-10,4) | – |
| <i>Belmekki et al.</i> (Algérie-Région Ouest) [82] | 0,21 | Germacrène D (25,81) Bicyclogermacrène (13) β -Pinène (11,69) Carvacrol (8,93%) | – |
| <i>Çakir et al.</i> (Turquie) [83] | 0,2 | β -Pinène (18,0) β -Caryophyllène (17,8) α -Pinène (12,0) Oxyde de Caryophyllène (10,0) | – |
| <i>Bakari et al.</i> (Tunisie) [84] | – | α -Pinène (17,04) β -Pinène (12,68) Limonène (6,65) Myrcène (6,07) Germacrène D (5,89) | 0,02 |
| <i>Cozzani et al.</i> (France) [85] | 0,6 | α -Pinène (28,8) β -Pinène (7,2) p-Cymène (7,0) | – |



Chapitre II:
MATÉRIELS ET MÉTHODES

CHAPITRE II.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

II.1. MATÉRIEL VÉGÉTAL

II.1.1. Collecte et identification de la plante

Le matériel végétal qui a servi comme matière dans notre travail est la partie aérienne du Polium (*figure II.1*). La plante (*Teucrium polium* L.) a été identifiée au niveau du Laboratoire de Biochimie, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre (Université AMO - Bouira).



Figure II.1 : *Teucrium polium* L. (plante fraîche, sèche et broyée). [Originale].

Les différentes informations sur la collecte sont résumées dans le *tableau II.1*.

Tableau II.1 : Collecte de la plante étudiée.

| Nom commun de la plante | Nom scientifique de la plante | Date de collecte | Partie utilisée | Lieu de collecte | Coordonnées GPS | Altitude |
|---|-------------------------------|--------------------------|----------------------------|--|---------------------------|----------|
| <i>El jaida</i> ou <i>El khayata</i> | <i>Teucrium polium</i> L. | Janvier- Février 2022 | Feuilles et tiges fines | Hammam Ksana (El-Hachimia, Bouira) | 36°11'17" N 3°57'46" E | 620 m |

II.1.2. Séchage et broyage de la plante

Après la récolte, nous avons mis les tiges et les feuilles sur un papier sec et propre et déposé dans un endroit aéré loin de la lumière et de la chaleur pendant 10 jour. Le but du séchage est d'enlever l'eau renfermé par la plante pour empêcher les contaminations par les insectes ou le développement des champignons à cause du taux d'humidité élevé. Une fois le séchage terminé, la plante est broyée en poudre.

II.2. EXTRACTION DES HUILES ESSENTIELLES

L'extraction de l'huile essentielle de la plante *Teucrium polium* L. a été réalisée au niveau du Laboratoire des Substances Naturelles au C.R.D Saïdal (El Harrach, Alger), par hydrodistillation en utilisant l'appareil de Clevenger.

II.2.1. Protocole d'extraction

Une masse de 100 g de la plante *Teucrium polium* L. broyée est mise dans un ballon en verre pyrex de 2 L, rempli d'eau distillée jusqu'à 2/3 de sa capacité.

Le mélange (Plante broyée-Eau distillée) est ensuite chauffé jusqu'à ébullition. Les vapeurs chaudes entraînent l'huile essentielle vers une colonne de condensation (réfrigérant) et se condensent à la sortie de l'appareil dans un collecteur (ampoule à décanter), où elles forment le distillat (*figure II.2*).



Figure II.2 : Appareil de Clevenger pour l'extraction des huiles essentielles [Originale].

Le distillat est un mélange constitué de deux phases non miscibles (Huile essentielle et eau). Pour les séparer, on réalise une extraction liquide-liquide avec l'éther diéthylique. Un volume de 10 mL du solvant d'extraction est ajouté au distillat dans une ampoule à décanter (*figure II.3*). Après agitation et décantation, la phase organique contenant l'huile essentielle est récupérée dans un flacon. L'huile essentielle pure est obtenue après évaporation de l'éther diéthylique à l'air libre (*figure II.4*).



Figure II.3 : Décantation [Originale].



Figure II.4 : Huile essentielle [Originale].

II.2.2. Taux d'humidité

L'humidité est la quantité d'eau contenue dans un échantillon quelconque et qui disparaît sous l'effet du chauffage. Elle est quantifiée en masse perdue par dessiccation à l'étuve dans des conditions déterminées, à savoir un séchage isotherme à une température de 103 ± 2 °C [86].

II.2.2.1. Principe

Le taux d'humidité (*TH*) est calculé à partir de la différence de poids d'une prise d'essai avant et après séchage à l'étuve à une température de 103 ± 2 °C pendant 20 minutes [86].

$$TH (\%) = \left[\frac{m_1 - (m_2 - m_0)}{m_1} \right] \times 100$$

m_0 : Masse du cristalliseur vide en grammes ;

m_1 : Masse de la prise d'essai en grammes ;

m_2 : Masse du cristalliseur contenant l'échantillon après chauffage en grammes [86].

II.2.2.2. Mode opératoire

- Peser le cristalliseur vide (m_0) ;
- Prise d'essai de 5 g de l'échantillon (m_1) ;
- Placer à l'étuve le cristalliseur contenant l'échantillon à une température de 103 °C pendant 20 minutes ;
- Reprendre le cristalliseur et le refroidir dans un dessiccateur ;
- Procéder à une dernière pesée (m_2) [86].

II.2.3. Détermination du rendement d'extraction

Le rendement est la quantité maximale d'huile essentielle que fournit une masse donnée de végétale pondant une période [22].

$$R (\%) = \frac{m_{HE}}{m_{MVS}} \times 100$$

$$m_{MVS} = m_{MVF} \cdot (1 - TH)$$

Où :

$R (\%)$: Rendement en huile essentielle (%) ;

m_{HE} : Masse de l'huile essentielle (g) ;

m_{MVS} : Masse de la matière végétale sèche (g) ;

m_{MVF} : Masse de la matière végétale fraîche (g) ;

TH : Taux d'humidité [22].

II.2.4. Conservation des huiles essentielles

Les huiles essentielles récupérées sont mises dans de petits flacons opaques, puis conservées au réfrigérateur à 4 °C pour éviter toute dégradation de l'huile essentielle due à l'action de l'air, de la lumière et de la température.

II.3. ÉVALUATION DE L'ACTIVITÉ ANTIOXYDANTE

II.3.1. Test de piégeage du radical libre DPPH

II.3.1.1. Principe

L'activité antioxydante de l'huile essentielle *Teucrium polium* L. et de l'antioxydant standard (acide ascorbique) vis-à-vis du radical libre DPPH a été évaluée à l'aide d'un spectrophotomètre en suivant la réduction de ce radical qui s'accompagne par son passage de la couleur violette (DPPH•) à la couleur jaune (DPPH-H) mesurable à 517 nm (*figure II.5*). Cette capacité de réduction est déterminée par une diminution de l'absorbance induite par des substances anti radicalaires [87].

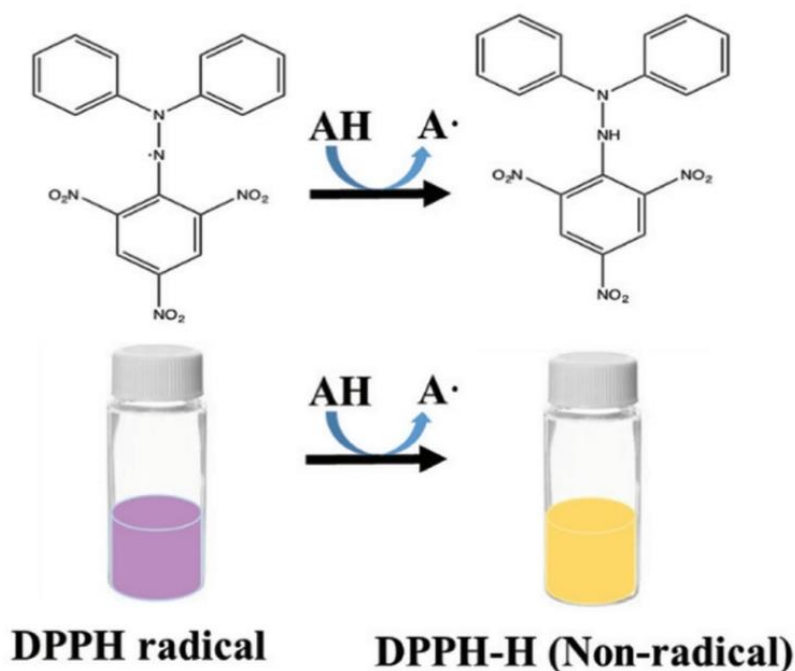


Figure II.5 : Réaction d'un antioxydant avec le radical libre DPPH [88].

II.3.1.2. Préparation des solutions

Une solution de DPPH a été préparée en dissolvant 4 mg de poudre de DPPH dans 100 mL d'éthanol. Il faut s'assurer avant utilisation de la bonne dissolution en agitant la solution préparée.

Préparation de la solution mère de l'huile essentielle de *Teucrium polium* L. : 61 mg de l'huile essentielle pure ont été mélangés avec 1 mL d'éthanol, la concentration de la solution mère est donc de 61 mg/mL.

À partir de cette solution, nous avons préparé une série de solutions diluées avec des concentrations de 30,5 mg/mL, 15,25 mg/mL, 7,625 mg/mL, 3,8125 mg/mL et 1,9 mg/mL.

II.3.1.3. Mode opératoire

De chaque solution diluée de l'huile essentielle de *Teucrium polium* L., nous avons prélevé 200 µL auquel on a ajouté 800 µL de la solution éthanolique de DPPH. Le mélange est incubé dans l'obscurité à 517 nm pendant 30 minutes, puis les absorbances des différentes solutions sont mesurées à l'aide d'un spectrophotomètre UV-visible [89].

Le contrôle négatif (blanc) est la solution éthanolique de DPPH.

Le contrôle positif utilisé est l'acide ascorbique (vitamine C), qui est un antioxydant standard. La procédure expérimentale suivie est identique à celle utilisée avec huile essentielle (échantillon testé).

L'activité antioxydante est évaluée en calculant le pourcentage d'inhibition et l'IC50.

II.3.1.4. Calcul du pourcentage d'inhibition

Le pourcentage d'inhibition du DPPH° (I %) est calculé selon la formule :

$$I (\%) = \frac{A_{blanc} - A_{éch}}{A_{blanc}} \times 100$$

A_{blanc} : Absorbance mesurée pour le blanc ;

$A_{éch}$: Absorbance mesurée pour chaque échantillon [90].

II.3.1.5. Calcul de l'IC50

L'IC50 ou la concentration inhibitrice de 50% du radical libre DPPH, est définie comme étant la concentration d'antioxydant, requise pour diminuer la concentration initiale du radical DPPH° de 50%. Elle est inversement liée à la capacité antioxydante. Plus la valeur de l'IC50 est basse, plus l'activité antioxydante d'un composé est grande [90].

L'IC50 est déterminé graphiquement par la régression linéaire des pourcentages d'inhibition de DPPH° en fonction des différentes concentrations de l'huile essentielle testé [90].



Chapitre III :
RÉSULTATS ET DISCUSSION

CHAPITRE III.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

III.1. Taux d'humidité et rendement en huile essentielle

Le taux d'humidité de l'échantillon *Teucrium polium* L. a été déterminé pour exprimer la valeur du rendement par rapport à la matière végétale sèche. Le taux d'humidité ainsi que le rendement obtenue de trois essais de la plante étudiée sont rassemblés dans le **tableau III.1.**

Tableau III.1 : Taux d'humidité et rendement en huile essentielle de *Teucrium polium* L.

| Poids de la matière végétale sèche (g) | Taux d'humidité | Rendement en huile essentielle (%) |
|--|-----------------|------------------------------------|
| 100 | 0,080±0,001 | 0,04±0,01 |

L'extraction par hydrodistillation de l'huile essentielle de la plante *Teucrium polium* L. récoltée dans la région de Bouira a été obtenu avec un rendement de 0,04±0,01 %.

L'extraction de l'huile essentielle par hydrodistillation de la partie aérienne de *Teucrium polium* L. récolté dans la région de Djelfa (Algérie) a donné un rendement de 0,57 % (*Touaibia et al.* [76]).

Même constatation quant aux résultats de *Mahmoudi & Nosratpour* [77], qui ont obtenu un rendement de 0,5 % pour la même plante récolté à l'ouest de l'Iran en période de floraison.

Maizi et al. [78], ont obtenu un rendement de 0,82 % pour le stade végétatif et un rendement de 0,56 % pour le stade de floraison de la partie aérienne de *Teucrium polium* L. récolté au nord-ouest de l'Algérie (Mascara).

Quant aux résultats obtenus par *Lograda & al.* [81] et *Belmekki et al.* [82], les rendements sont 0,37 % et 0,21 % pour la même plante récoltée respectivement à l'est et à l'ouest de l'Algérie.

Selon *El Atki et al.* [80], le rendement obtenu à partir de la partie aérienne de *Teucrium polium subsp. aureum* et *Teucrium polium subsp. polium* récolté au Maroc est de 0,9 % et 0,75 % respectivement.

Aburjai et al. [79] qui ont récolté la même plante en Jordanie, trouvent un rendement de 0,8 %.

Tandis que les rendements obtenus par *Çakir et al.* [83] (Turquie) et *Cozzani et al.* [85] (France), ils sont de 0,2 % et de 0,6 % respectivement.

La valeur du rendement de l'huile essentielle de *Teucrium polium* L. récoltée dans la région de Bouira, est très faible par rapport à celles obtenues dans les études citées précédemment. Cette différence pourrait être due à plusieurs paramètres tels que l'altitude de la région de récolte, la saison, le climat, la partie de la plante utilisée pour l'extraction de l'huile essentielle (feuilles, fleurs, tiges, etc.) et aussi la méthode d'extraction et l'état de la plante (sèche ou fraîche).

III.2. Activité antioxydante (Piégeage du radical libre DPPH)

Les résultats de l'activité anti-radicalaire de l'huile essentielle de *Teucrium polium* L. par le test de piégeage du radical libre DPPH sont illustrés dans le *tableau III.2* et la *figure III.1*.

Tableau III.2 : Pourcentages d'inhibition du radical libre DPPH pour différentes concentrations de l'huile essentielle de *Teucrium polium* L.

| Concentrations (mg/mL) | Pourcentages d'inhibition (%) |
|------------------------|-------------------------------|
| 30,500 | 64,59±0,10 |
| 15,250 | 41,71±10,62 |
| 7,625 | 32,61±0,27 |
| 3,813 | 31,16±2,83 |
| 1,900 | 29,77±0,21 |
| IC50 (mg/mL) | 19,99±2,41 |

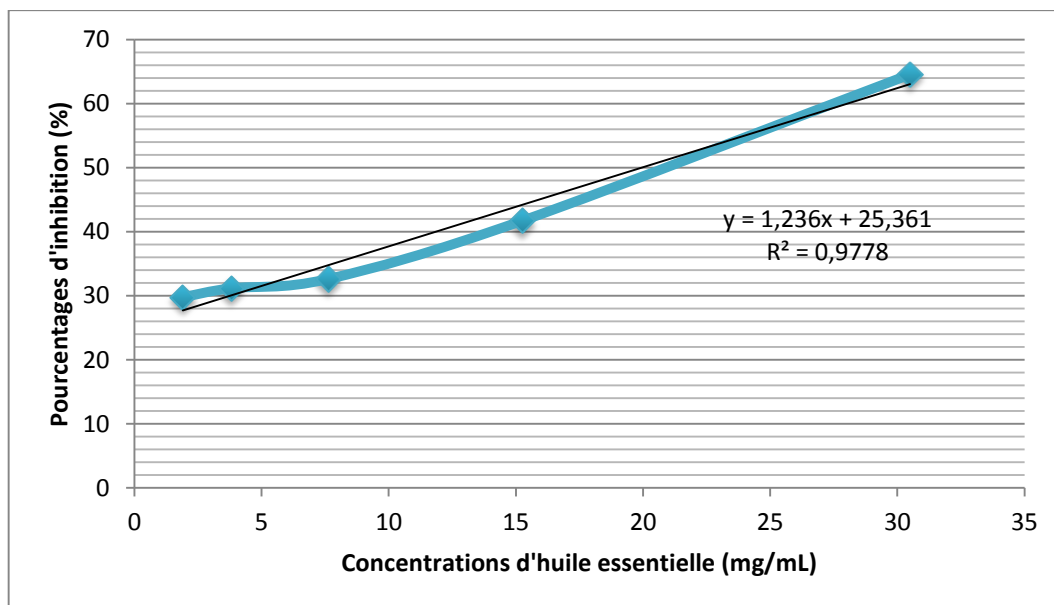


Figure III.1 : Variation du pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH en fonction des différentes concentrations de l'huile essentielle de *Teucrium polium L.*

Les résultats de l'activité antioxydante du contrôle positif (acide ascorbique) sont donnés dans le **tableau III.3** et la **figure III.2**.

Tableau III.3 : Pourcentages d'inhibition du radical libre DPPH pour différentes concentrations de l'acide ascorbique.

| Concentrations (mg/mL) | Pourcentages d'inhibition (%) |
|------------------------|-------------------------------|
| 0,125 | 94,80±0,01 |
| 0,063 | 88,16±0,25 |
| 0,031 | 53,70±0,01 |
| 0,016 | 46,60±0,01 |
| IC50 (mg/mL) | 0,013±0,001 |

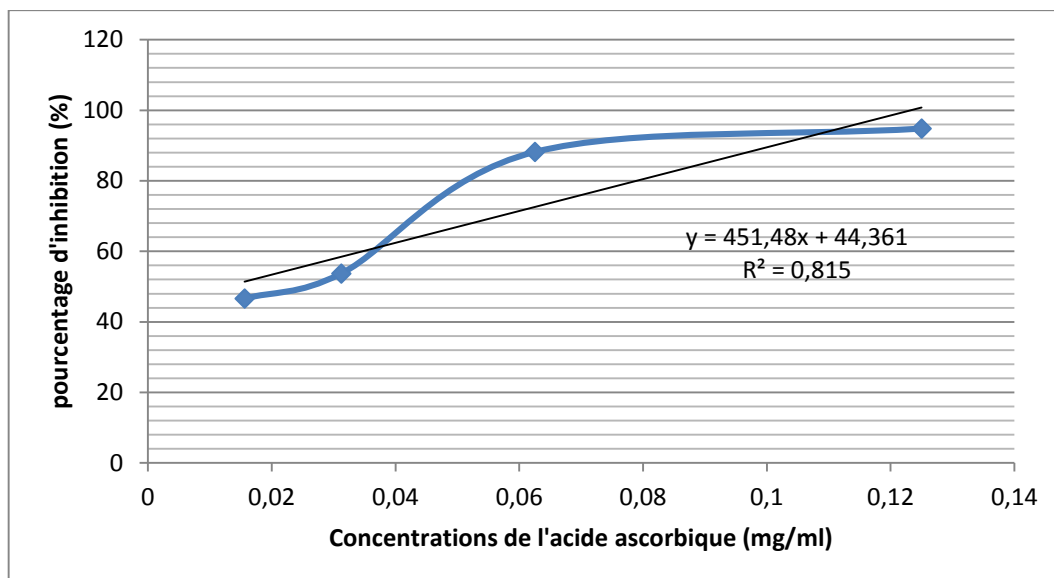


Figure III.2 : Variation du pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH en fonction des différentes concentrations de l'acide ascorbique.

Nous constatons à travers les résultats du **tableau III.2** et leurs présentations sur la **figure III.1** que l'activité antioxydante augmente lorsque la concentration de l'huile essentielle augmente.

Pour ce qui est de l'IC50 de l'huile essentielle de la plante *Teucrium polium* L., sa valeur est élevée ($19,99 \pm 2,41$ mg/mL) par rapport à celle obtenu avec l'acide ascorbique ($0,013 \pm 0,001$ mg/mL). Donc, l'activité antioxydante de l'huile essentielle *Teucrium polium* L. sur le radical DPPH est faible par rapport à l'antioxydant standard utilisé comme référence.

Touaibia et al. [76], ont rapporté que l'huile essentielle de *Teucrium polium* L. exerce un bon pouvoir antioxydant avec une valeur d'IC50 de 1,31 mg/mL.

Alors que le résultat obtenu par **Mahmoudi & Nosratpour [77]** (IC50 = 9,2 mg/mL), attestent que l'huile essentielle de *Teucrium polium* L. est doté d'un faible potentiel antioxydant.

Les résultats obtenus par **Maizi et al. [78]** pour la même plante montrent que les huiles essentielles testées présentent une activité antioxydante de modérée à faible. L'huile essentielle extraite des parties aériennes végétatives (période hivernale) a eu la meilleure activité antioxydante avec une valeur d'IC50 de 3,90 mg/mL par rapport à l'huile essentielle du stade de floraison (IC50 = 16,14 mg/mL).

Selon *El Atki et al.* [80], les résultats indiquent que le *Teucrium polium subsp. aureum* a une activité anti-radicalaire du DPPH supérieure à celle du *Teucrium polium subsp polium* avec une valeur d'IC50 de 3,7 contre 7,2 mg/mL.

Quant au résultat obtenu par *Bakari et al.* [84] (IC50 =0,02 mg/mL), il reste le meilleur pouvoir antioxydant obtenu avec l'huile essentielle de *Teucrium polium* L., même s'il est faible par rapport aux antioxydants de références testés (acide ascorbique et BHT).

La comparaison de la valeur de l'IC50 obtenue avec l'huile essentielle de *Teucrium polium* L. avec les résultats des travaux antérieurs pour la même plante, nous amène à conclure que l'huile essentielle extraite de *Teucrium polium* L. récolté à Bouira exerce un faible pouvoir antioxydant.

CONCLUSION

CONCLUSION

Le présent travail a permis de réaliser l'extraction de l'huile essentielle de la plante *Teucrium polium* L. par hydrodistillation et l'évaluation de l'activité antioxydante par le test de piégeage du radical libre DPPH.

Le rendement d'extraction obtenu est de $0,04 \pm 0,01$ %. Cette valeur est inférieure aux rendements obtenus par d'autres études de la même plante. Cette différence pourrait être due à plusieurs paramètres tels que l'altitude de la région de récolte, la saison, le climat, la partie de la plantes (feuilles, fleurs, tiges, etc.) et aussi la méthode de distillation et l'état de la plante (sèche ou fraîche).

L'activité anti-radicalaire de l'huile essentielle de *Teucrium polium* L. récolté dans la région de Bouira a été estimée avec le calcul de l'IC50, qui est de $19,99 \pm 2,41$ mg/mL. Ce résultat témoigne d'un potentiel anti-radicalaire très faible, comparé à celui de l'acide ascorbique $0,013 \pm 0,001$ mg/mL.

Pour enrichir ce travail sur l'huile essentielle de la plante *Teucrium polium* L., il faudra déterminer ses constituants chimiques en utilisant la chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC/MS) et évaluer d'autres activités biologiques.



*RÉFÉRENCES
BIBLIOGRAPHIQUES*

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] **ANONYME.** *Encyclopédie des plantes médicinales.* 2^{ème} édition, Larousse (2001).
- [2] **T. HAMEL, S. SADOU, R. SERIDI, S. BOUKHDIR & A. BOULEMTAFES.** *Pratique traditionnelle d'utilisation des plantes médicinales dans la population de la péninsule de l'Edough (nord-est Algérien).* *Ethnopharmacologia.* 59, 75-81 (2018).
- [3] **A. MORO BURONZO.** *Grand guide des huiles essentielles.* Hachette Pratique (2008).
- [4] **S. MERGHACHE, M. HAMZA & B. TABTI.** *Étude physicochimique de l'huile essentielle de *Ruta chalapensis* L. de Tlemcen, Algérie.* *Afrique Science.* 5(1), 67-81 (2009).
- [5] **C.F. LADOH-YEMEDA, T. VANDI, S.D. DIBONG, E. MPONDO MPONDO, J.D. WANSI, J.L. BETTI, F. CHOULA, D. NDONGO & M. TOMEDI EYANGO.** *Étude ethnobotanique des plantes médicinales commercialisées dans les marchés de la ville de Douala, Cameroun.* *Journal of Applied Biosciences.* 99, 9450-9466 (2016).
- [6] **N. TAHRI, A. EL BASTI, L. ZIDANE, A. ROCHDI & A. DOUIRA.** *Étude ethnobotanique des plantes médicinales dans la province de Settat (Maroc).* *Journal of Forestry Faculty.* 12(2), 192-208 (2012).
- [7] **A. CHEVALLIER.** *Encyclopedia of Herbal Medicine.* Third Edition, DK Publishing (2016).
- [8] **P. ODY.** *The Complete Medicinal Herbal.* Skyhorse Publishing (2017).
- [9] **F.-Z. BELFAR & N. MONSOURI.** *Étude des propriétés antimicrobienne de *Marrubium vulgare* L. et de *Teucrium polium*.* Mémoire de Master. Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi - Bordj Bou Arreridj (2015).
- [10] **J.-Y. CHABRIER.** *Plantes médicinales et formes d'utilisation en phytothérapie.* Thèse de Doctorat. Université Henri Poincaré - Nancy 1 (2010).

- [11] **I. KRACHE.** *Effets anti-inflammatoire, antioxydants et toxiques de l'extrait de *Teucrium polium* L.* Thèse de Doctorat. Université Ferhat Abbas - Sétif 1 (2015).
- [12] **K. KRAFT & C. HOBBS.** *Pocket Guide to Herbal Medicine.* Thieme (2004).
- [13] **A. BENTAHAR & N. LAMRI.** *Extraction des huiles essentielles de deux plantes médicinales (*Romarinus officinalis* L. et *Teucrium polium* L.) et formulation des pommades antimicrobienne.* Mémoire de Master. Université A. M. Oulhadj - Bouira (2018).
- [14] **J. BARNES, L.A. ANDERSON & J.D. PHILLIPSON.** *Herbal Medicines.* Third Edition, Pharmaceutical Press (2007).
- [15] **M. FARLEY & T. BOLLINGER.** *A Guide To Understanding Herbal Medicines and Surviving The Coming Pharmaceutical Monopoly.* Infinity 510² Partners (2011).
- [16] **H. BOUGHENDJIOUA.** *Les plantes médicinales utilisées pour les soins de la peau. Inventaire et extraction des principes actifs de *Citrus limon*, *Cinnamomum zeylanicum*.* Mémoire de Magister. Université Badji Mokhtar - Annaba (2001).
- [17] **M. SEBAI & M. BOUDALI.** *La phytothérapie entre la confiance et méfiance.* Mémoire Professionnel - Infirmier de la Santé Publique. Institut de Formation Paramédical - Chettia (2012).
- [18] **K. CHAGRA.** *Étude les propriétés physico-chimique et biologique de clou du girofle (*syzygium aromaticum*(L)).* Mémoire de Master. Université Mohamed Khider - Biskra (2019).
- [19] **N. BOUSBIA.** *Extraction des d'huiles essentielles riches en anti-oxydants à partir de produits naturels et co-produits agroalimentaires.* Thèse de Doctorat. Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse & Ecole Nationale Supérieure Agronomique (2011).
- [20] **A. BOUZABATA.** *Contribution à l'étude d'une plante médicinale et aromatique *Myrtus communis* L.* Thèse de Doctorat. Université Badji Mokhtar - Annaba (2015).

- [21] **H. ATMANI & K. BAIRA.** *Mise en évidence de l'activité antibactérienne et antifongique et l'étude des caractères physico-chimique de l'huile essentielle du clou de girofle Syzygium aromaticum L.* Mémoire de Master. Université Frères Mentouri 1 - Constantine (2015).
- [22] **K. TALEB-TOUDERT.** *Extraction et caractérisation des huiles essentielles de dix plantes aromatiques provenant de la région de Kabylie (Nord Algérien). Evaluation de leurs effets sur la bruche du niébé Callosobruchus maculatus (Coleoptera : Bruchidae).* Thèse de Doctorat. Université Mouloud Mammeri - Tizi-Ouzou (2015).
- [23] **S.A. JOHNSON.** *Evidence-Based Essential Oil Therapy.* Scott A. Johnson Professional Writing Services, LLC (2015).
- [24] **A.D. SAMATE.** *Compositions chimiques d'huiles essentielles extraites de plantes aromatiques de la zone soudanienne du Burkina Faso : valorisation.* Thèse de Doctorat. Université de Ouagadougou (2002).
- [25] **L.C. OBAME ENGONGA.** *Étude phytochimique, activités antimicrobiennes et antioxydantes de quelques plantes aromatiques et médicinales Africaines.* Thèse de Doctorat. Université de Ouagadougou (2009).
- [26] **I. LAIB.** *Étude des activités antioxydante et antifongique de l'huile essentielle des fleurs sèches de Lavandula officinalis sur les moisissures des légumes secs.* Mémoire de Magister. Université Montouri - Constantine (2011).
- [27] **K. BALAI & H. ROUHA.** *Activités antioxydants des huiles essentielles extraites de quelques plantes de la famille des Lamiaceae.* Mémoire de Master. Université A. Mira-Bejaia (2017).
- [28] **L. LAKHDAR.** *Évaluation de l'activité antibactérienne d'huiles essentielles Marocaines sur Aggregatibacter actinomycetemcomitans : Étude in vitro.* Thèse de Doctorat. Université Mohamed V - Rabat (2015).
- [29] **H. MOHAMMEDI.** *Étude des extraits volatils de quelques plantes médicinales Algériennes : Daucus carota L., Ruta montana L. et Rosa canina L.* Mémoire de

- Magister. Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene (U.S.T.H.B) - Alger (2012).
- [30] **R. RANDRIANARIVELO.** *Étude de l'activité antimicrobienne d'une plante endémique de Madagascar «Cinnamosma fragrans », alternative aux antibiotiques en crevetticulture.* Thèse de Doctorat. Université d'Antananarivo (2010).
- [31] **A. BERTELLA.** *Étude de l'activité antiicrobienne et antioxydante des huiles essentielles d'Artemisia herba-alba, Artemisia campestris et Rosmarinus tournefortii.* Thèse de Doctorat. Université Ahmed Ben Bella - Oran 1 (2019).
- [32] **G.L. WHITE.** *Essential Oils and Aromatherapy.* White Willow Books (2013).
- [33] **M. PERILLAUD.** *Propriétés thérapeutiques des huiles essentielles de plantes aromatiques du maquis Corse.* Thèse de Doctorat. Université de Lille (2008).
- [34] **W. ZAIBET.** *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. Université Ferhat Abbas - Sétif 1 (2016).
- [35] **J. LAWLESS.** *The Encyclopedia Of Essential Oils.* Harper Thorsons (2014).
- [36] **F. MAYER.** *Utilisations thérapeutiques des huiles essentielles : Étude de cas en maison de retraite.* Thèse de Doctorat. Université de Lorraine (2012).
- [37] **ANONYME.** *Essential Oils for Beginners.* Althea Press (2013).
- [38] **ANONYME.** *Le montage d'hydrodistillation.* <http://clemspcreims.free.fr/chimie-montage/hydrodistillation.html>. Consulté le 20/04/2022.
- [39] **N. OUIS.** *Etude chimique et biologique des huiles essentielles de coriandre, de fenouil et de persil.* Thèse de Doctorat. Université Ahmed Ben Bella - Oran 1 (2015).
- [40] **M. DALLEL.** *Isolement et élucidation structurale d'une flavanone, d'un acide phénolique et d'un hétéroside stéroïdique des fleurs de la plante Anacyclus cyrtolepidioides (Pomel).* Mémoire de Master. Université de Monastir (2010).

- [41] ANONYME. *Diy Aromatherapy*. Rockridge Press (2015).
- [42] M.B. GOUDJIL. *Composition chimique, activité antimicrobienne et antioxydante de trois plantes aromatiques*. Université Kasdi Merbah - Ouargla (2016).
- [43] ANONYME. *Essential Oils - Natural Remedies*. Althea Press (2015).
- [44] ANONYME. *L'extraction liquide-liquide*.
<https://www.lelivrescolaire.fr/page/7329453>. Consulté le 20/04/2022.
- [45] L. LEMJALLAD. *Étude phytochimique et évaluation de différentes activités des extraits de Pimpinella anisum*. Mémoire de Master. Université Sidi Mohammed Ben Abdellah - Fès (2015)
- [46] S. TOURLES. *Essential Oils - A Beginner's Guide*. Storey Publishing (2018).
- [47] A. EL HAIB. *Valorisation de terpènes naturels issus de plantes Marocaines par transformations catalytiques*. Thèse de Doctorat. Université Paul Sabatier - Toulouse III (2011).
- [48] A. TRAIKIA & M. MANSOURI. *Étude des caractéristiques physiques et chimiques des huiles essentielles du clou de girofle et de l'eucalyptus*. Mémoire de Master. Université 08 mai 1945 - Guelma (2020).
- [49] T. HESSAS & S. SIMOUD. *Contribution à l'étude de la composition chimique et à l'évaluation de l'activité antimicrobienne de l'huile essentielle de Thymus sp.* Mémoire de Doctorat en Pharmacie. Université Mouloud Mammeri - Tizi-Ouzou (2018).
- [50] C. EL KALAMOUNI. *Caractérisations chimiques et biologiques d'extraits de Plantes aromatiques oubliées de Midi-Pyrénées*. Thèse de Doctorat. Université de Toulouse (2010).
- [51] M. LAMAMRA. *Contribution à l'étude de la composition chimique et de l'activité antimicrobienne des huiles essentielles de Tinguarra sicula (L.) Parl. et de Filipendula hexapetala Gibb.* Mémoire de Magister. Université Ferhat Abbas - Sétif 1 (2018).

- [52] **S. BOUCHONNET & D. LIBONG.** *Le couplage chromatographie en phase gazeuse-spectrométrie de masse.* L'actualité chimique. 275, 7-14 (2004).
- [53] **T. BAHAR.** *Impact d'une phase bactérienne sur la dissolution d'un polluant résiduel en milieu poreux.* Thèse de Doctorat. Université de Lorraine (2016).
- [54] **S.E. BENCHEIKH.** *Étude de l'activité des huiles essentielles de la plante Teucrium polium ssp aurasianum Labiatae.* Thèse de Doctorat. Université Kasdi Merbah - Ouargla (2017).
- [55] **F. LUCACCIONI, R. D'ENRAYER & B. TILQUIN.** *Pour une analyse des huiles essentielles.* Chimie Nouvelle. 11(43), 1253-1257 (1993).
- [56] **S. WU, G. LV & R. LOU.** *Applications of Chromatography Hyphenated Techniques in the Field of Lignin Pyrolysis, in : Applications of Gas Chromatography.* R. Davarnejad & M. Jafarkhani Editors. 41-64 (2012).
- [57] **R.ZBADI, H. MOHTI & F. MOUSSAOUI.** *Stress oxydatif : évaluation du pouvoir antioxydant de quelques plantes médicinales.* Médecine thérapeutique. 24(2), 134-141 (2018).
- [58] **B. BAYALA.** *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. Université Blaise Pascal - Clermont-Ferrand II (2014).
- [59] **B. POURRUT.** *Implication du stress oxydatif dans la toxicité du plomb sur une plante modèle, Vicia faba.* Thèse de Doctorat. Université de Toulouse (2008).
- [60] **N. GHEDADBA.** *Contribution à l'étude de l'activité biologique des deux espèces de Marrubium vulgare L et Marrubium deserti de Noé in vitro et in vivo.* Thèse de Doctorat. Université Mustapha Ben-Boulaïd - Batna 2 (2018).
- [61] **A. FAVIER.** *Le stress antioxydant.* L'actualité chimique. 108-115 (2003).

- [62] **D. MEZOUAR, F.B. LAHFA, R. DJAZIRI & Z. BOUCHERIT-OTMANI.** *Évaluation de l'activité antioxydante de Berberis vulgaris L.* Phytothérapie. 12, 297-301 (2014).
- [63] **Y. CARMONA-JIMÉNEZ, M.V. GARCIA-MORENO, J.M. IGATUBURU & C.G. BARROSO.** *Simplification of the DPPH assay for estimating the antioxidant activity of wine and wine by-products.* Food chemistry. 165, 198-204 (2014).
- [64] **J. PINCEMAIL, K. BONJEAN, K. CAYEUX & J.-O. DEFRAIGNE.** *Mécanismes physiologiques de la défense antioxydante.* Nutrition clinique et métabolisme. 16, 233-239 (2002).
- [65] **F. LAOUISSI & S. BOUMEZOUGH.** *Caractérisation phytochimique et activités biologiques de la plantes médicinales Marrubium vulgare L.* Mémoire de Master. Université Mohamed El Bachir El Ibrahimy - Bordj Bou Arreridj (2020).
- [66] **E. DESCAMPS, P. GELÉ, R. BORDET & J. VAMECQ.** *Modulation pharmacologique du stress oxydatif.* La Lettre du Pharmacologue. 20(4), 107-118 (2006).
- [67] **J. HALENG, J. PINCEMAIL, J.O. DEFRAIGNE, C. CHARLIER & J.P. CHAPELLE.** *Le stress oxydant.* Rev. Med. Liege. 62(10), 628-638 (2007).
- [68] **B. DUBOIS.** *Implication du stress oxydant dans plusieurs affections du cheval athlète : revue bibliographique.* Thèse de Doctorat. Université Claude-Bernard - Lyon I (2015).
- [69] **A. SIHOGLU TEPE, M. OZASLAN, I.H. KILIC & S. BAYIL OGUZKAN.** *Traditional uses, phytochemistry, and toxic potential of Teucrium polium L : A comprehensive review.* Int. J. Plant Bas. Pharm. 1(1), 1-41 (2021).
- [70] **N.A. JARADAT.** *Review of the taxonomy, ethnobotany, phytochemistry, phytotherapy and phytotoxicity of germander plant (Teucrium polium L).* Asian J Pharm Clin Res. 8(2), 13-19 (2015).

- [71] **N. FERTOUT-MOURI.** *Ecophytochimie d'une labiée (Teucrium polium) des monts de Tessala, Algérie occidentale.* Thèse de Doctorat. Université Djillali Liabes - Sidi Bel Abbes (2015).
- [72] **ANONYME.** *Germandrée tomenteuse.* <https://www.genialvegetal.net/-Germandree-tomenteuse>. Consulté le 31/03/2022.
- [73] **N.A. JARADAT.** *Evaluation of the exhaustive extraction yields for Teucrium polium L. from different regions of the west bank-palastine.* I Int J Pharm Pharm Sci. 7(1), 511-513 (2015).
- [74] **Ô. MILOŠEVIĆ-DJORDJEVIĆ, M. RADOVIĆ JAKOVLJEVIĆ, A. MARKOVIĆ, M. STANKOVIĆ, A. ĆIRIĆ, D. MARINKOVIĆ & D. GRUJIČIĆ.** *Polyphenolic contents of Teucrium polium L. and Teucrium scordium L. associated with their protective effects against MMC-induced chromosomal damage in cultured human Peripheral blood lymphocytes.* Turk J Biol. 42(2), 152-162 (2018).
- [75] **S. BAHRAMIKIA & R. YAZDANPARAST.** *Phytochemistry and Medicinal Properties of Teucrium polium L. (Lamiaceae).* Phytother Res. 26(11), 1581-1593 (2012).
- [76] **M. TOUAIBIA, D. ABDELLALI, F. RABER EL MAIZI & F. SAIDI.** *Phytochemical characterization and evaluation of some biological activities of felty germander essential oil: Teucrium polium L. (Lamiaceae).* RHAZES: Green and Applied Chemistry. 11(2), 97-107 (2021).
- [77] **R. MAHMOUDI & S. NOSRATPOUR.** *Teucrium polium L. essential oil: phytochemical component and antioxidant properties.* International Food Research Journal. 20(4), 1697-1701 (2013).
- [78] **Y. MAIZI, B. MEDDAH, A. TIR TOUIL MEDDAH & J.A. GABALDON HERNANDEZ.** *Seasonal Variation in Essential Oil Content, Chemical Composition and Antioxidant Activity of Teucrium polium L. Growing in Mascara (North West of Algeria).* J Appl Biotechnol Rep. 6(4), 151-157 (2019).

- [79] **T. ABURJAI, M. HUDAIB & V. CAVRINI.** *Composition of the Essential Oil from Jordanian Germander (Teucrium polium L.).* J. Essent. Oil Res. 18, 97-99 (2006).
- [80] **Y. EL ATKI, I. AOUAM, F. EL KAMARI, A. TAROQ, B. LYOUSSE, B. OUMOKHTAR & A. ABDELLAOUI.** *Phytochemistry, antioxidant and antibacterial activities of two Moroccan Teucrium polium L. subspecies: Preventive approach against nosocomial infections.* Arabian Journal of Chemistry. 13, 3866-3874 (2020).
- [81] **T. LOGRADA, M. RAMDANI, P. CHALARD, G. FIGUEREDO & A. DEGHER.** *Chemical Analysis and Antimicrobial activity of Teucrium polium L. Essential Oil from Eastern Algeria.* American Journal of Advanced Drug Delivery. 2(6), 697-710 (2014).
- [82] **N. BELMEKKI, N. BENDIMERAD, C. BEKHECHI & X. FERNANDEZ.** *Chemical analysis and antimicrobial activity of Teucrium polium L. Essential oil from Western Algeria.* Journal of Medicinal Plants Research. 7(14), 897-902 (2013).
- [83] **A. ÇAKIR, M.E. DURU, M. HARMANDAR, R. CIRIMINNA & S. PASSANNANTI.** *Volatile Constituents of Teucrium Polium L. from Turkey.* J. Essent. Oil Res. 10, 113-115 (1998).
- [84] **S. BAKARI, M. NCIR, S. FELHI, H. HAJLAOUI, M. SAOUDI, N. GHARSALLAH & A. KADRI.** *Chemical composition and in vitro evaluation of total phenolic, flavonoid, and antioxidant properties of essential oil and solvent extract from the aerial parts of Teucrium polium grown in Tunisia.* Food Sci. Biotechnol. 24(6), 1943-1949 (2015).
- [85] **S. COZZANI, A. MUSELLI, J.-M. DESJOBERT, A.-F. BERNARDINI, F. TOMI & J. CASANOVA.** *Chemical composition of essential oil of Teucrium polium subsp. capitatum (L.) from Corsica.* Flavour and Fragrance Journal. 20(4), 436-441 (2005).
- [86] **A. KARAOUI & Z. EL-HEIT.** *Valorisation des huiles de Pistacia lentiscus et formulation de pommades antifongique et formulation du savon.* Mémoire de master. Université Akli Mohand Oulhadj - Bouira (2017).

- [87] **H. TALBI, A. BOUMAZA, K. EL-MOSTAFA, J. TALBI & A. HILALI.** *Evaluation de l'activité antioxydante et la composition physico-chimique des extraits méthanoïque et aqueux de la Nigella sativa L. (Evaluation of antioxidant activity and physico-chemical composition of methanolic and aqueous extracts of Nigella sativa L.).* Mater. Environ. Sci. 6(4), 1111-1117 (2015).
- [88] **J.D. YEO & F. SHAHIDI.** *Revisiting DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) assay as a useful tool in antioxidant evaluation : a new IC100 concept to address its limitations.* J. Food Bioact. 7, 36-42 (2019).
- [89] **S. HALEM & W. LIMANE.** *Contribution à l'étude de l'effet biologique des polysaccharides hydrosolubles de Ferula vesceritensis Coss. & Dur récoltée dans la région de Biskra.* Mémoire de Master. Université Echahid Hamma Lakhdar -El Oued (2020).
- [90] **M. HADDOUDI, H. MELLOUK, B. BEJJANY, A. DANI & K. DIGUA.** *Valorisation du marc du café : extraction de l'huile et évaluation de son activité antioxydante.* Les Technologies de Laboratoire. 8(36), 29-37 (2014).

Résumé : Dans le cadre de la valorisation des plantes médicinales Algériennes réputées pour leurs vertus thérapeutiques, nous nous sommes intéressés à l'extraction de l'huile essentielle par hydrodistillation de la plante *Teucrium polium* L. Le rendement obtenu est de $0,04\pm 0,01\%$. L'activité antioxydante de l'huile essentielle a été évaluée par le test de piégeage du radical libre DPPH. À travers les résultats des IC50 obtenus : $19,99\pm 2,41$ mg/mL pour l'huile essentielle et $0,013\pm 0,001$ mg/mL pour l'acide ascorbique, nous avons déduit que l'huile essentielle de la plante *Teucrium polium* L. récolté dans la région de Bouira possède un faible pouvoir antioxydant.

Mots clés : *Teucrium polium* L. ; Extraction ; Huile essentielle ; Activité antioxydante ; IC50.

Abstract : In the context of the exploitation of Algerian medicinal plants renowned for their therapeutic virtues, we are interested in the extraction of the essential oil by hydrodistillation of the plant *Teucrium polium* L. The obtained yield is $0.04\pm 0.01\%$. Antioxidant activity of the essential oil was evaluated by DPPH free radical scavenging test. Through the obtained results of the IC50 : $19,99\pm 2,41$ mg/mL for essential oil and 0.013 ± 0.001 mg/mL for ascorbic acid, we have deduced that the essential oil of the plant *Teucrium polium* L.harvested in Bouira region has a low antioxidant power.

Key words : *Teucrium polium* L. ; Extraction ; Essential oil ; Antioxidant activity ; IC50.

ملخص: في إطار تّمين النباتات الطبية الجزائرية المعروفة بفوائدها العلاجية، كنا مهتمين باستخلاص الزيت الأساسي عن طريق التقطير المائي لنبات الجعيدة. العائد الناتج هو $0.04\pm 0.01\%$. تم تقييم النشاط المضاد للأكسدة للزيت الأساسي من خلال اختبار إزالة الجذر الحر DPPH. من خلال نتائج IC50 المتحصل عليها : 19.99 ± 2.41 مغ/مل للزيت الأساسي و 0.001 ± 0.013 مغ/مل لحمض الأسكوربيك، لقد استنتجنا أن الزيت العطري لنبات الجعيدة الذي جمع في منطقة البويرة يمتلك قوة منخفضة من مضادات الأكسدة.

الكلمات المفتاحية: الجعيدة؛ استخلاص؛ زيت أساسي؛ مضاد للأكسدة؛ IC50.