

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche  
Scientifique  
Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou



Faculté des Sciences Biologiques et Agronomiques  
Département de Biochimie-Microbiologie

# MEMOIRE DE MASTER

**Spécialité** : Science alimentaire  
**Option** : Biochimie de la nutrition

## Thème

---

# Revue bibliographique sur les huiles essentielles

**Présenté par : DJERBAL Mounir**

**Devant le jury composé de :**

<b>Présidente :</b>	<b>Mme OULARBI-SENANI Nassima</b>	<b>M.C.A</b>
<b>Examinatrice :</b>	<b>Mme BEDOUHENE Samia</b>	<b>M.C.A</b>
<b>Promotrice :</b>	<b>Mme MESSAOUDI Djamila</b>	<b>M.C.B</b>

**2022/2023**

## Dédicaces

*JE DEDIE CE MEMOIRE :*

*En premier à ma famille*

*Mon Père,*

*Merci papa d'avoir été là pour moi, merci pour*

*L'éducation que tu m'as apportée pour ton soutien et ton amour.*

*Ma Mère,*

*Merci maman d'être toujours là pour me soutenir, pour les valeurs*

*que tu m'as transmises et ton amour merci pour toutes tes prières*

*A mes frères*

*Lynda et Saïd je suis fière d'être votre petit frère que dieu vous garde*

*pour moi*

*Puis à mes amis*

*Lyes Laradi, Saidi Djedid, Mounir Djefel, Kamal Djedid, Amar Djera,*

*Noureddine Djefel, Youva Djeroum, Mourad Djerbal, Amine hadji,*

*Mohamed ould Hedda, Liza et Sabrina.*

# Sommaire

Introduction .....	1
Chapitre I : généralités sur les huiles essentielles .....	2
I.1. Historique : .....	3
I.2. Définition : .....	3
I.3. Localisation et rôle physiologique pour la plante : .....	4
I.3.1. Localisation : .....	4
I.3.2. Rôle physiologique : .....	4
I.4. Les différentes utilisations des huiles essentielles : .....	5
I.4.1. Voie respiratoire : .....	5
I.4.2. Inhalation sèche : .....	5
I.4.3. Inhalation humide : .....	5
I.4.4. Diffusion dans l'atmosphère : .....	5
I.4.5. Aérosol : .....	5
I.4.6. Voie orale : .....	5
I.4.7. Voie cutanée : .....	6
I.4.8. Voie rectale : .....	6
I.4.9. Gargarisme : .....	6
I.5. Domaines d'utilisation des huiles essentielles : .....	6
I.5.1. Industrie agro-alimentaire : .....	6
I.5.2. Industrie parfumerie et cosmétique : .....	7
I.5.3. Industrie pharmaceutique : .....	7
I.6. Les principaux composants des huiles essentielles : .....	9
I.6.1. Les composés volatils des huiles essentielles : .....	9
I.6.2. Les chémotypes .....	11
I.7. Les facteurs influençant la composition : .....	12
I.8. Conservation des huiles essentielles : .....	12
I.9. Etiquetage : .....	13
I.10. Caractérisation des huiles essentielles : .....	13
I.10.1. Caractérisation organoleptique : .....	13
I.10.2. Caractérisation physique : .....	14
I.10.2.1. Pouvoir rotatoire : .....	14

I.10.2.2. Densité relative : .....	14
I.10.2.3. Indice de réfraction : .....	14
I.10.2.4. Dans l'eau : .....	14
I.10.2.5. Dans les huiles fixes : .....	14
I.10.2.6. Dans l'éthanol : .....	14
I.10.2.7. Dans les solvants organiques : .....	15
I.10.3. Caractérisation chimique Indice d'acide : .....	15
I.10.3.1. Indice de saponification : .....	15
I.11. La réglementation des huiles essentielles : .....	15
I.12. Situation économique des huiles essentielles : .....	16
Chapitre II : Techniques d'extractions des huiles essentielles .....	18
II.1. Les procédés d'extraction des huiles essentielles : .....	19
II.1.1. Extraction par hydrodistillation ; .....	20
II.1.2. Extraction par entraînement à la vapeur d'eau : .....	21
II.1.3. Hydro diffusion : .....	24
II.1.4. Expression à froid : .....	25
II.1.5. Extractions par les solvants et par les graisses : .....	26
II.1.6. Extraction au CO2 supercritique : .....	27
II.1.7. Extraction par micro-ondes : .....	27
II.2. Paramètres influençant l'extraction : .....	29
II.2.1. Matière végétale : .....	29
II.2.2. Nature et état du solide et du soluté : .....	30
II.2.3. Nature, concentration et volume du solvant : .....	30
II.2.4. Méthode, durée, température et pression : .....	30
Chapitre III : Les effets biologiques et leurs modes d'action .....	32
III.1. Activités pharmacologiques.....	33
III.2. Activité antifongique .....	34
III.3. Activité analgésique : .....	35
III.4. Activité antioxydante : .....	35
III.5. Activité calmante : .....	36
III.6. Activité stimulante : .....	36
III.7. Mode d'action antibactérien des huiles essentielles : .....	37
III.8. Méthodes d'étude de l'activité antimicrobienne des HEs : .....	39
III.9. Toxicité des huiles essentielles sur la santé : .....	40
Conclusion.....	42

Références Bibliographiques..... 43

Résumé

## Liste des figures

Figure 1 : Exemples de structures de monoterpènes .....	9
Figure 2 : Exemples de structures de composés dérivés du phénylpropane .....	9
Figure 3 : Exemples de structure de composés issus de la dégradation d'acides gras ou de terpènes.....	11
Figure 4 : montage d'extraction par Hydrodistillation. . . . .	22
Figure 5 : Extraction par entraînement à la vapeur d'eau .....	24
Figure 6: l'hydrodiffusion .....	25
Figure 7: Photos à gauche d'une Pelatrice et à droite d'une centrifugeuse séparatrice de l'essence de citrus des eaux résiduelles.....	25
Figure 8: Schéma d'une batterie d'extraction par solvant pour végétaux bruts .....	26
Figure 9: Technique d'extraction par micro-onde.....	28

## **Liste des tableaux**

<b>Tableau I :</b> Caractéristique physico-chimique de quelques huiles essentielles .....	15
<b>Tableau II :</b> Production mondiale des plus importantes huiles essentielles en 2008 ....	17
<b>TableauIII:</b> Paramètres mise en œuvre dans les opérations d'extraction. Techniques .	19
<b>Tableau IV:</b> Top 10 des intoxications par les huiles essentielles en France .....	41

## Liste des abréviations

J.C.	Jésus christ
HE	huiles essentielles
IE	l'Indice d'Ester
CCM	La chromatographie sur couche mince
CPG	La chromatographie en phase gazeuse
CEI	Communauté des États Indépendants, anciennement la Russie
MRSA	Methicillin-resistant <i>Staphylococcus aureus</i>
CLSI	Institut des normes cliniques et de laboratoire (Clinical and Laboratory Standards Institute)

### Introduction

Les huiles essentielles sont des extraits naturels précieux dérivés de plantes, de fleurs, de fruits et d'herbes aromatiques. Leur utilisation remonte à des milliers d'années, trouvant leurs premières traces dans les civilisations anciennes telles que l'Égypte, la Grèce et la Chine, où elles étaient utilisées à des fins médicinales, rituelles et cosmétiques. Ces extraits concentrés sont obtenus par distillation à la vapeur, pression à froid ou extraction chimique des parties odorantes des plantes, et ils possèdent une multitude de propriétés bénéfiques pour la santé, le bien-être et la beauté.

Les huiles essentielles sont appréciées pour leurs arômes exquis, mais elles sont également utilisées pour leurs nombreuses applications thérapeutiques. Parmi leurs avantages les plus couramment reconnus, on peut citer leur capacité à apaiser le stress, à favoriser le sommeil, à soulager les maux de tête et les douleurs musculaires, à améliorer la digestion, à stimuler le système immunitaire, à purifier l'air et à revitaliser la peau (Tisserand et Young, 2014).

De plus, les huiles essentielles sont largement utilisées dans l'aromathérapie, une discipline qui explore l'influence des odeurs sur le bien-être mental et émotionnel. Les applications des huiles essentielles vont bien au-delà du domaine de la santé et de la beauté, et elles sont devenues un complément précieux à de nombreuses pratiques holistiques et alternatives (Buchbauer, G. et al. 2010).

Il est important de noter que les huiles essentielles doivent être utilisées avec précaution, car elles sont extrêmement puissantes et concentrées. Les dilutions appropriées, les consultations avec des professionnels de la santé et la connaissance des contre-indications sont essentielles pour une utilisation sécuritaire et efficace.

Les huiles essentielles offrent un vaste champ d'exploration pour quiconque s'intéresse à la santé naturelle, à la relaxation, à la méditation ou à l'amélioration de la qualité de vie. Leur histoire riche et leur large éventail d'applications en font des alliées précieuses pour ceux qui cherchent à exploiter le pouvoir de la nature pour améliorer leur bien-être physique et mental (Ali et al. 2015).

---

---

# **Chapitre I : Généralités sur les huiles essentielles**

---

---

### I.1. Historique :

Pendant de nombreuses années, les individus ont cherché une méthode pour séparer les éléments huileux des substances aromatiques. Ils ont finalement réussi en exposant ces matières à la chaleur, provoquant ainsi la transformation des substances aromatiques en vapeur. Ensuite, il suffisait de collecter cette vapeur et de la refroidir pour la récupérer sous forme liquide. Cette technique, connue sous le nom de distillation, était vraisemblablement déjà maîtrisée par les Chinois et les Indiens il y a plus de 20 siècles avant J.C. Les Égyptiens et les Arabes ont également exploité les propriétés médicinales et aromatiques des plantes, les utilisant pour des pratiques telles que la conservation des momies, l'aromatisation des bains, la désinfection des plaies à l'aide d'onguents, la création de parfums et la production de boissons aromatiques (Möller, 2008).

Lors de leur expansion en Afrique du Nord et en Espagne, les Arabes ont transmis cette technique aux Espagnols, qui l'ont ensuite diffusée en Europe grâce à leurs possessions le long de la côte nord de la Méditerranée, notamment *via* le Royaume d'Aragon (Berthier, 1980; Möller, 2008).

### I.2. Définition :

Il s'agit de substances huileuses, fortement parfumées et aromatiques, extraites à partir de diverses parties de certaines plantes aromatiques. Ces extraits sont obtenus par diverses méthodes, notamment la distillation, l'enfleurage, l'expression, l'utilisation de solvants, ainsi que d'autres techniques (Belaiche, 1979 ; Valnet, 1984 ; Wichtel et Anthon, 1999).

Selon Bruneton (1999), les huiles essentielles, également appelées essences ou huiles volatiles, sont des produits généralement assez complexes, renfermant des composants volatils présents dans les plantes, qui peuvent subir des modifications plus ou moins importantes lors de leur préparation. La norme française AFNOR NF T75-006 donne la définition suivante de l'huile essentielle : il s'agit d'un produit obtenu à partir de matières premières végétales, soit par distillation à la vapeur, soit par des procédés mécaniques à partir de l'épicarpe des agrumes, et qui est séparé de la phase aqueuse par des procédés physiques (Garnero, 1996).

### I.3. Localisation et rôle physiologique pour la plante :

#### I.3.1. Localisation :

Les huiles essentielles sont générées à l'intérieur du protoplasme cellulaire des plantes aromatiques et représentent les produits issus du métabolisme secondaire (Dorosse sonate et al., 2002). La synthèse et l'accumulation de ces composés dans les organes sont liées à la présence de structures histologiques spécialisées, communément appelées cellules sécrétrices. Ces dernières sont rarement présentes de manière individuelle, mais sont généralement regroupées en poches (dans les familles de plantes Myrtaceae et Rutaceae), en canaux sécréteurs (chez les Apiaceae et les Composeae), ou en poils sécréteurs (dans la famille des Lamiacées). Ces cellules sont généralement situées en périphérie des organes extérieurs de la plante (Kaloustin et al., 2012).

Le choix de la partie spécifique de la plante utilisée pour extraire l'huile essentielle est crucial. Il dépend à la fois du rendement (par exemple, les fleurs de lavande contiennent beaucoup plus d'huile essentielle que les tiges) et de la composition chimique de la partie considérée, ce qui peut conduire à des applications spécifiques très intéressantes. Par exemple, dans le cas de l'oranger amer (*Citrus aurantium*, Rutaceae), l'épicarpe frais du fruit fournit l'essence de Curaçao utilisée pour la préparation de cocktails, les fleurs donnent l'huile de Néroli (eau de fleur d'oranger amer), tandis que les feuilles et les petits rameaux fournissent l'essence de petit grain de bigaradier. Du point de vue de la quantité, les teneurs en huiles essentielles dans les plantes qui en contiennent sont généralement très faibles, souvent inférieures à 1%. Les teneurs élevées, comme celles des boutons floraux du giroflier (15%), demeurent rares et exceptionnelles (Dorosso sonat ,2002 ; Kaloustin et al., 2012).

#### I.3.2. Rôle physiologique :

Le rôle biologique des huiles essentielles (HE) au sein de la plante demeure encore assez ambigu, bien que l'on puisse raisonnablement supposer qu'elles jouent un rôle écologique. Elles offrent, entre autres, une défense à la plante contre les menaces extérieures, possédant des propriétés qui peuvent attirer ou repousser divers prédateurs tels que les herbivores et les insectes. Leur parfum intervient également dans le processus de pollinisation des plantes. De plus, grâce à leurs propriétés antiseptiques, elles contribuent à la protection des cultures en limitant la multiplication des bactéries et des parasites du sol (Kaloustian et al., 2012).

### **I.4. Les différentes utilisations des huiles essentielles :**

Les huiles essentielles peuvent être utilisées de plusieurs façons :

#### **I.4.1. Voie respiratoire :**

La diffusion aérienne des huiles essentielles s'impose naturellement comme la méthode préférée, étant donné leur caractère volatil (Dasilva, 2010).

#### **I.4.2. Inhalation sèche :**

Elle implique l'application de quelques gouttes d'huiles essentielles directement sur un mouchoir, ce qui en fait une méthode pratique à utiliser pendant la journée (Dasilva, 2010).

#### **I.4.3. Inhalation humide :**

Préparez un inhalateur en combinant une cuillère à soupe d'alcool à 90° avec 5 à 6 gouttes d'huiles essentielles, puis ajoutez de l'eau chaude, veillez à ce qu'elle ne soit pas bouillante pour ne pas altérer les huiles essentielles. Inhalez les vapeurs d'eau chargées d'huiles essentielles pendant 5 à 10 minutes, deux fois par jour. Si vous n'avez pas d'inhalateur, un bol peut être utilisé, mais dans ce cas, assurez-vous de placer une serviette sur votre tête pour retenir les vapeurs et gardez les yeux fermés (Dasilva, 2010).

#### **I.4.4. Diffusion dans l'atmosphère :**

La dispersion dans l'air s'effectue en utilisant un diffuseur électrique pendant une période de 5 à 15 minutes, à raison de 5 à 6 fois par jour. Assurez-vous que le diffuseur est positionné de manière à éviter une diffusion directe vers le visage ou les yeux (Dasilva, 2010).

#### **I.4.5. Aérosol :**

Son utilisation est strictement limitée à une prescription médicale. Cette méthode se révèle particulièrement prometteuse pour le traitement des affections respiratoires, notamment la bronchite, la bronchiolite, la rhinite et la sinusite.

#### **I.4.6. Voie orale :**

Son utilité se révèle dans le traitement d'infections, qu'elles soient digestives, respiratoires, urinaires ou gynécologiques. Toutefois, il est essentiel de noter que l'ingestion directe des huiles essentielles est strictement déconseillée : elles doivent toujours être diluées, par exemple avec de l'huile végétale ou du miel. La voie sublinguale, qui permet une absorption rapide grâce à la vascularisation riche de la face inférieure de la langue, est particulièrement efficace. Elle s'avère idéale pour les affections au niveau de la gorge, comme les angines (Muther, 2015 ; Dasilva, 2010). À titre d'exemple, l'huile essentielle de thym à thuyanol, diluée dans du miel, peut être administrée par voie orale pour traiter une angine chez un enfant de plus de 7 ans (Muther, 2015).

### **I.4.7.Voie cutanée :**

Les huiles essentielles peuvent être utilisées de plusieurs manières : en application locale sous forme de friction (par exemple, l'huile essentielle d'Hélichryse italienne pour atténuer les ecchymoses), en compresse (comme l'huile essentielle de Géranium bourbon et d'arbre à thé pour les peaux grasses), en massage (en utilisant des huiles essentielles de camomille, de jasmin et de rose pour un effet relaxant), ou encore en ajoutant quelques gouttes dans un bain (comme l'huile essentielle de citronnelle ou de pamplemousse pour un bain énergisant) (Muther,2015).

### **I.4.8.Voie rectale :**

La voie rectale est la méthode préférée pour administrer des huiles essentielles aux enfants et aux nourrissons, en particulier en cas de pathologies aiguës. Elle s'avère également bénéfique chez les individus qui ne tolèrent pas l'ingestion par voie orale en raison de nausées, de vomissements ou d'ulcères. Cette méthode est mise en œuvre en utilisant des suppositoires. Par exemple, l'huile essentielle d'Eucalyptus globulus est administrée par cette voie pour ses propriétés antiseptiques (Muther, 2015 ; Dasilva, 2010).

### **I.4.9.Gargarisme :**

Cette méthode implique de mélanger 4 gouttes d'huiles essentielles avec un dispersant, puis de réaliser un gargarisme. Elle est recommandée pour soulager les inflammations des muqueuses buccales ou de la gorge. Par exemple, l'huile essentielle de Basilic est utilisée pour ses propriétés anti-infectieuses, tandis que l'huile essentielle de Lavande vraie est préconisée en cas d'aphtes ou de douleurs dentaires (Muther, 2015).

## **I.5. Domaines d'utilisation des huiles essentielles :**

Grâce à leurs nombreuses et variées propriétés, les plantes aromatiques et leurs essences sont utilisées dans une grande diversité de domaines, notamment l'alimentation, la pharmacie, la parfumerie et l'aromathérapie (Hellali, 2007).

### **I.5.1. Industrie agro-alimentaire :**

Les huiles essentielles sont employées dans l'industrie agro-alimentaire pour enrichir les saveurs des préparations culinaires. Divers secteurs alimentaires en font usage :

- Les produits laitiers intègrent de nombreux arômes de fruits.
- Les boissons non alcoolisées profitent des huiles essentielles d'agrumes, de menthe, entre autres.
- Les plats cuisinés intègrent les plantes aromatiques sous diverses formes, telles que les oléorésines et les huiles essentielles, ainsi que les formes fraîches, sèches ou surgelées.
- La charcuterie, les sauces, les vinaigres et les moutardes font appel à diverses

présentations de plantes aromatiques.

- Dans le domaine de la liquorerie, les huiles essentielles anisées, telles que le fenouil, l'anis et la badiane, sont largement utilisées.

Les huiles essentielles, caractérisées par leurs parfums et saveurs très agréables, offrent une alternative aux plantes entières, que ce soit la menthe, le citron, le thym, le basilic, et bien d'autres encore (Hamadou et Touki, 2012).

### **I.5.1.1. Intérêt agroalimentaire :**

Grâce à leurs propriétés antiseptiques et aromatiques, les huiles essentielles sont couramment utilisées dans la cuisine de tous les jours pour agrémenter les plats (comme l'ail, le thym, le laurier, etc.). Elles trouvent également une place de choix dans l'industrie des boissons, contribuant à la saveur des liqueurs anisées, telles que le kummel, ainsi que dans la confiserie, où elles enrichissent le goût des bonbons et du chocolat. De plus, grâce à leur capacité antioxydante, les huiles essentielles sont employées pour la conservation des aliments, empêchant la formation de moisissures, comme dans le cas de la conservation du smen, où le thym et le romarin jouent un rôle essentiel (Ouis.N, 2015).

### **I.5.2. Industrie parfumerie et cosmétique :**

Les propriétés odoriférantes des huiles essentielles confèrent à ces dernières une consommation importante en parfumerie et en cosmétique. Elles présentent environ 60% des matières premières de l'industrie des parfums synthétiques, des savons et des cosmétiques. A la cosmétologie et le secteur des produits d'hygiène on notera la présence d'huiles essentielles dans les préparations dermo pharmacologique (bais «calmant» ou «relaxant»), et leur emploi dans les rouges à lèvres, les shampoings, les dentifrices, se sont surtout les huiles essentielles de lavande, de citron, de citronnelle, qui est utilisées. On notera qu'il y a une possibilité d'adsorption percutanée des constituants terpéniques (Richard et Loo, 1992).

### **I.5.3. Industrie pharmaceutique :**

Les huiles essentielles jouent un rôle central dans une pratique de soins spécifique appelée aromathérapie. Elles revêtent une grande importance en pharmacie, où elles sont utilisées dans la formulation de préparations galéniques, ainsi que dans la création d'infusions à base de plantes (telles que la verveine, le thym, la menthe, la mélisse, les fleurs d'oranger, etc.). Cependant, il est essentiel de noter que la plupart des composants de ces huiles sont lipophiles, ce qui signifie qu'ils sont rapidement absorbés, que ce soit par voie respiratoire, par voie cutanée ou par voie digestive (Kesbi, 2001).

### **I.5.3.1. Intérêt thérapeutique :**

Les huiles essentielles exhibent diverses propriétés pharmacologiques qui agissent sur de nombreuses cibles au sein de l'organisme. Elles sont de plus en plus intégrées en pharmacie, que ce soit sous forme pure ou en tant que composants d'autres produits, que ce soit pour leurs qualités d'aromatisation (en tant qu'excipient) ou pour leur action en tant que principe actif. Parmi ces propriétés, on peut mentionner :

#### **I.5.3.1.1. Régulatrices du système nerveux :**

- Apaisantes, anti-anxiété : Les aldéhydes monoterpéniques, tels que les citrals présents, par exemple, dans les huiles essentielles de mélisse ou de verveine citronnée, contribuent à la relaxation et à l'amélioration du sommeil (Vélé, 2015).
- Analgésiques, soulageant la douleur : Parmi les huiles essentielles les plus reconnues pour leur action analgésique, on compte celles de gingembre, de giroflier, d'eucalyptus citronné et de lavande vraie (Mayer,2012).

#### **I.5.3.1.2. Drainantes respiratoires :**

- Favorisant l'expectoration : Les huiles essentielles riches en oxydes, telles que l'huile essentielle d'eucalyptus globulus, exercent une influence sur les glandes bronchiques ainsi que sur les cils présents dans la muqueuse bronchique (Mayer, 2012).
- Amincissantes : Les huiles essentielles contenant des cétones, à l'instar de la verbénone dans l'huile essentielle de romarin, agissent comme des agents mucolytiques en contribuant à la dissolution des sécrétions qui s'accumulent au niveau de la muqueuse (Mayer, 2012).

#### **I.5.3.1.3. Cicatrisantes :**

Les huiles essentielles réputées pour leurs propriétés cicatrisantes incluent celles issues du Ciste, de la lavande vraie, de l'Immortelle et de la Myrrhe. Il est fréquent d'employer un mélange de plusieurs de ces huiles essentielles cicatrisantes en association avec une huile essentielle végétale comme l'huile d'amande douce (Mayer,2012).

#### **I.5.3.1.4. Digestives :**

Certaines huiles essentielles, telles que celles issues du cumin ou du fenouil, ont un effet d'appétence et favorisent la digestion. D'autres, comme la menthe ou le carvi, stimulent les voies biliaires en agissant comme cholagogues et cholérétiques (Muther ,2015).

#### **I.5.3.1.5. Dermatologiques :**

Les huiles essentielles de lavande officinale et d'eucalyptus citronné sont efficaces pour soulager les démangeaisons provoquées par les piqûres d'insectes, d'ortie ou de méduse. De

plus, l'action lipolytique du citron et du lemon grass aide à combattre la cellulite en dissolvant les graisses (Muther, 2015).

### **I.5.3.1.6. Endocrino-régulatrices :**

Certaines huiles essentielles ont la propriété de réguler le fonctionnement de l'ensemble des glandes endocriniennes du corps. Par exemple, l'huile essentielle de myrrhe peut réduire une hyperthyroïdie en ralentissant l'activité de la thyroïde (Muther, 2015).

Divers problèmes de peau, tels que l'acné et les rides, à améliorer la santé des cheveux en luttant contre les pellicules, la fragilité, la perte d'éclat et la sécheresse, tout en aidant à traiter les problèmes liés à la silhouette, comme les vergetures et la cellulite. Les principes actifs contenus dans les huiles essentielles pénètrent rapidement la barrière cutanée, étant absorbés par la peau pour agir de manière douce et efficace (Evidence box, 2018).

## **I.6. Les principaux composants des huiles essentielles :**

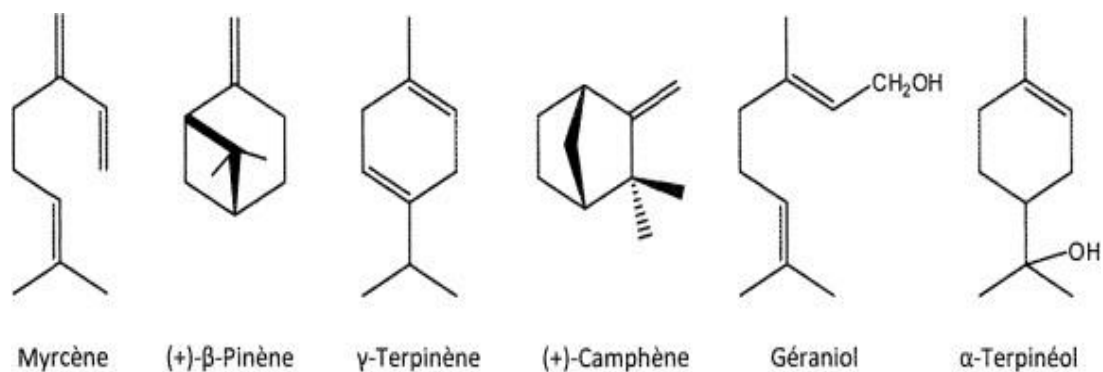
### **I.6.1. Les composés volatils des huiles essentielles :**

Les huiles essentielles sont des mélanges complexes pouvant comporter une diversité de plus de 300 composés distincts. Ces composés sont principalement des molécules volatiles qui appartiennent en grande majorité à la famille des terpènes. On y retrouve principalement les terpènes les plus volatils, c'est-à-dire ceux caractérisés par une masse moléculaire relativement légère. Cela inclut les monoterpènes, tels que le myrcène, le pinène, le  $\gamma$ -terpinène, etc., ainsi que les sesquiterpènes, parmi lesquels le  $\beta$ -caryophyllène, l' $\alpha$ -humulène, le  $\beta$ -bisabolène, etc. (Sell, 2006).

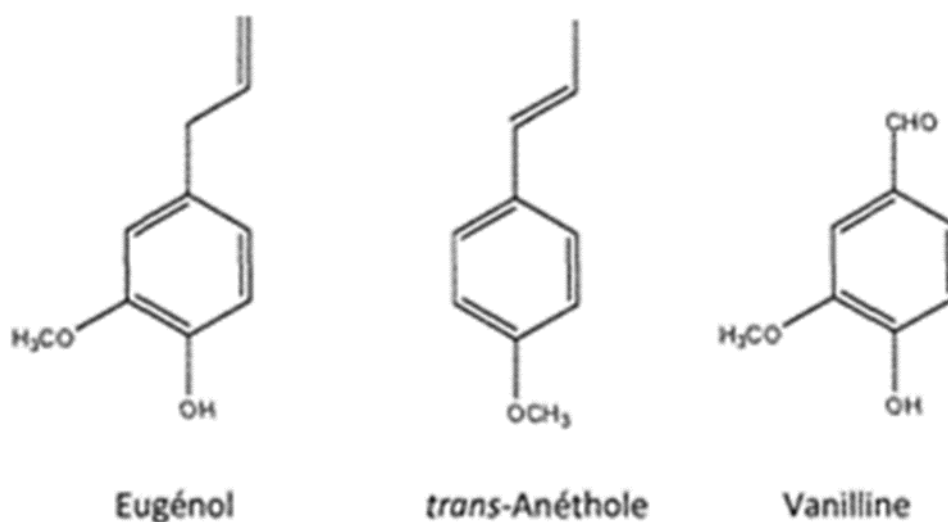
Il convient de rappeler que les terpènes résultent du regroupement de plusieurs unités "isopréniques" ( $C_5H_8$ ), soit deux unités pour les monoterpènes ( $C_{10}H_{16}$ ) et trois pour les sesquiterpènes ( $C_{15}H_{24}$ ). De manière exceptionnelle, quelques diterpènes ( $C_{20}H_{32}$ ) peuvent être présents dans les huiles essentielles (Vila et al., 2002). À ce jour, une quantité considérable de composés de la famille des terpènes a été identifiée dans les huiles essentielles, totalisant plusieurs milliers, comme l'ont révélé les travaux de (Modzelewska et al. En 2005).

La réactivité des cations intermédiaires formés au cours du processus biosynthétique des monoterpènes et sesquiterpènes explique la présence d'un grand nombre de dérivés de molécules fonctionnelles au sein des huiles essentielles. Cela inclut des alcools tels que le géraniol et l' $\alpha$ -bisabolol, des cétones comme la menthone et la p-vétivone, des aldéhydes comme le citronellal et le sinensal, des esters comprenant l'acétate d' $\alpha$ -terpinyle et l'acétate de cédryle, ainsi que des phénols tels que le thymol, entre autres (Figure 1)

Une autre catégorie de composés volatils que l'on rencontre fréquemment est celle des composés aromatiques dérivés du phénylpropane, comme illustré dans la Figure 2, tel que mentionné par Kurkin (2003). Cette classe comprend des composés odorants bien connus, tels que la vanilline, l'eugénol, l'anéthole, l'estragole, et bien d'autres encore. Ils sont plus fréquemment observés dans les huiles essentielles provenant des Apiaceae (persil, anis, fenouil, etc.) et caractérisent les huiles essentielles issues du clou de girofle, de la vanille, de la cannelle, du basilic, de l'estragon, et bien d'autres (Bruneton, 1999).

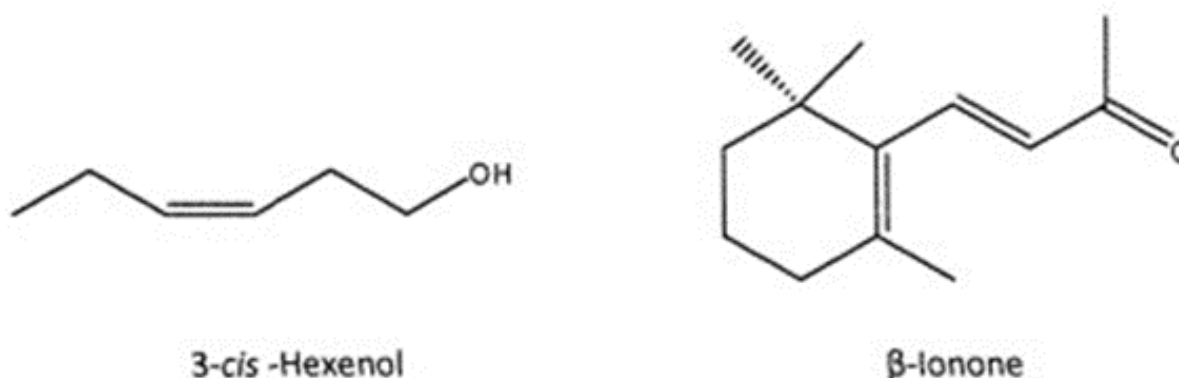


**Figure 8 : Exemples de structures de monoterpènes (Vila et al., 2002)**



**Figure 2 : Exemples de structures de phénylpropènes (Kurkin 2003).**

Enfin, il existe un nombre non négligeable de composés volatils issus de la dégradation de terpènes non volatils (c'est le cas par exemple des ionones qui proviennent de l'auto-oxydation des carotènes) et d'acides gras (les petites molécules odorantes, comme par exemple le (3Z) hexén-1-ol ou le décanal, qui sont obtenues à partir des acides linoléique et oléoléique) (figure 3) (Bruneton, 1999).



**Figure3 : Exemples de structure de composés issus de la dégradation d'acides gras ou de terpènes (Bruneton, 1999).**

#### **I.6.2. Les chémotypes :**

Au sein d'une même espèce végétale, la composition de l'huile essentielle peut varier, présentant ainsi des profils chimiques distincts, que l'on appelle des chémotypes. Un exemple remarquable de cette variation se trouve au sein de l'espèce sauvage *Thymus vulgaris*, particulièrement dans le sud de la France, où l'on peut identifier jusqu'à six chémotypes distincts pour cette seule espèce. Ces différences se manifestent au niveau du composé monoterpénique prédominant dans l'huile essentielle, qui peut être soit le géraniol, l'exterpinéol, le thuyanol-4, le linalol, le carvacrol ou le thymol (Thompson et al., 2003).

Ce polymorphisme chimique est également observé dans de nombreuses autres espèces, telles que *l'Origanum vulgare*, comme décrit par Mockute et al. (2001), ou encore la *Menthaspicata*, mentionnée par Edris et al. (2003). Il est essentiel de noter que des huiles essentielles de chémotypes différents non seulement présentent des propriétés variées, mais également des niveaux de toxicité considérablement divergents. Par conséquent, l'ignorance des chémotypes peut parfois conduire à des accidents graves.

Un exemple édifiant de cette réalité est l'absinthisme, une intoxication causée par la consommation d'absinthe. En l'occurrence, l'*Artemisia absinthium* récoltée en région parisienne contenait en majorité l'a-thujone, une molécule fortement neurotoxique, à hauteur de 45%, tandis que l'absinthe originaire des régions alpines, où cette boisson est traditionnellement produite, ne présentait qu'un taux de 3% d'a-thujone. Ainsi, l'alcool préparé avec cette dernière était sans danger pour la santé, comme expliqué par Franchomme et al.

(1990).

### I.7. Les facteurs influençant la composition :

De nombreux facteurs externes ont la capacité d'influer sur la composition chimique des huiles essentielles. Parmi ces facteurs environnementaux, la température, l'humidité atmosphérique, la durée d'ensoleillement et la nature du sol jouent un rôle prépondérant en provoquant des modifications chimiques. Par exemple, chez la *Menthapiperita*, des nuits froides favorisent la formation de menthol, tandis que des nuits tempérées favorisent la production de menthofuranne, comme le souligne Bruneton (1999).

De nombreuses études se sont penchées sur les variations de la composition chimique des huiles essentielles en fonction du cycle circadien et des saisons (Assad et al., 1997 ; Lopes et al., 1997). L'heure de la récolte et la période de l'année s'avèrent être des facteurs cruciaux à cet égard. À titre d'exemple, des recherches ont démontré que la composition de l'huile essentielle extraite des feuilles d'*Ocimum gratissimum* varie considérablement en fonction de l'heure de récolte (Vasconcelos et al., 1999).

Outre l'impact sur la composition, ces facteurs environnementaux peuvent également influencer la quantité d'huile essentielle produite. Par exemple, les agrumes, tels que les Citrus, présentent une teneur en huile essentielle plus élevée lorsque la température est élevée, conformément aux observations de Bruneton (1999). De même, les fleurs de *Chrysanthemum coronarium* montrent une augmentation de leur teneur en huile essentielle en réponse à l'application de fertilisants, comme indiqué dans les travaux d'Alvarez-Castellanos et al. (2003).

### I.8. Conservation des huiles essentielles :

En raison de la fragilité et de la susceptibilité à la chaleur, à l'oxygène et à la lumière des molécules constitutives des huiles essentielles (HE), il est vivement recommandé de prendre des précautions particulières lors de leur stockage. En effet, les conséquences de leur détérioration sont nombreuses et englobent des phénomènes tels que la photo-isomérisation, l'hydrolyse, l'oxydation, la peroxydation, la formation de cétones et d'alcools, pouvant altérer ou remettre en question l'innocuité de l'HE (agence française 2008).

Pour assurer une conservation optimale des huiles essentielles, plusieurs mesures sont à prendre en compte :

- L'utilisation de flacons en verre de couleur foncée (brun ou ambré), en aluminium ou en acier inoxydable, de petit volume, permet de minimiser l'exposition de l'HE à l'oxygène et à la lumière (Dorosso Sonate, 2002 ; Biotechnologie végétale, 2012).

- Les flacons doivent être munis de bouchons vissés et hermétiquement scellés pour

prévenir l'évaporation. L'ajout de petites billes en verre à la surface de l'HE réduit l'impact de l'oxydation due à l'air.

- Le stockage doit s'effectuer dans un endroit sec, préservé de toute humidité, frais et à l'abri de toute source de chaleur, y compris de la lumière, qu'elle soit naturelle ou artificielle. La durée de conservation d'une HE, dans le cas où les conditions de stockage adéquates sont respectées, est généralement d'environ 3 ans. Toutefois, il convient de noter que les essences d'agrumes font exception, ne pouvant être conservées que pendant une période de 6 mois (Courtial, 2005).

### **I.9. Etiquetage :**

Les données obligatoires à inclure sur l'étiquette des huiles essentielles comprennent les éléments suivants :

- La dénomination scientifique et courante de la plante.
- L'indication de la partie de la plante utilisée.
- L'indication de l'origine de la plante ou du lieu de production.
- La méthode d'obtention de l'huile essentielle.
- La mention de la variété et du chémotype, le cas échéant.
- Le numéro de lot, la date de production et la date de péremption.
- Les coordonnées du fournisseur, comprenant son nom, son adresse et son numéro de téléphone (Chabert, 2013).

### **I.10. Caractérisation des huiles essentielles :**

#### **I.10.1. Caractérisation organoleptique :**

Les huiles essentielles sont généralement liquides à température ambiante, bien que certaines, comme la myrrhe, puissent être occasionnellement visqueuses. De plus, quelques-unes de ces huiles peuvent cristalliser partiellement ou complètement à des températures plus basses. Par exemple, l'anis produit de l'anéthol, la menthe des champs du menthol, et le thym saturéoïde renferme du bornéol. Ces huiles essentielles sont caractérisées par leur volatilité et leur absence de texture grasse et onctueuse, les distinguant ainsi des huiles fixes (Kaloustian et Hadji Mingalo, 2012 ; Franchrom et al., 2001).

La plupart des huiles essentielles sont incolores ou de teinte jaune pâle immédiatement après leur préparation, à l'exception des huiles contenant des azulènes, comme celle de la camomille allemande, qui sont bleues. D'autres huiles, telles que l'essence d'absinthe, arborent une couleur verte, l'essence de girofle est plutôt brune, tandis que l'huile de wintergreen (Gaulthérie couchée) a une teinte rougeâtre. Du point de vue de l'odeur, elles sont

généralement agréables, aromatiques, tandis que leur saveur peut varier, allant de douce à piquante, caractéristique, fruitée, fraîche, etc. (Haddad et Hadji, 2016).

### **I.10.2. Caractérisation physique :**

#### **I.10.2.1. Pouvoir rotatoire :**

Cette caractéristique découle des molécules chirales, qui possèdent la capacité de dévier la direction d'un faisceau lumineux qui les traverse (Kaloustianet Hadji Mingalo, 2012). Cette déviation est évaluée au moyen d'un instrument appelé polarimètre, et il est courant de constater que la plupart des huiles essentielles sont optiquement actives.

#### **I.10.2.2. Densité relative :**

Est mesurée par deux appareils : le densimètre et le pycnomètre. La densité des HE est en général inférieure à celle de l'eau à l'exception des HEs de sassafras, de cannelle et de girofle (Brunton J 3ème édition. Paris

#### **I.10.2.3. Indice de réfraction :**

L'indice de réfraction, une grandeur sans unité, est une caractéristique d'un milieu qui décrit le comportement de la lumière à travers ce milieu. Pour le mesurer, l'instrument couramment utilisé est le réfractomètre d'Abbe. La détermination de l'indice de réfraction d'une huile essentielle sert principalement à vérifier sa conformité aux normes établies (Kaloustian et Hadji Mingalo, 2012). Il est à noter que les huiles essentielles présentent fréquemment un indice de réfraction élevé, généralement compris entre 1,45 et 1,56 (Courtial, 2005).

#### **I.10.2.4. Dans l'eau :**

En règle générale, les huiles essentielles sont naturellement peu solubles, voire insolubles, dans l'eau. Cependant, il convient de noter que certains de leurs composants montrent une plus grande solubilité que d'autres. Par exemple, la verbénone issue du romarin officinal ou le lavandulol de la lavande vraie sont relativement plus solubles. De plus, quelques huiles essentielles renferment des constituants particulièrement solubles, ce qui se traduit par la formation fréquente d'émulsions lors de la distillation des écorces de cannelle (Franchrom et al.,2001).

#### **I.10.2.5. Dans les huiles fixes :**

Elles sont totalement solubles dans les huiles grasses (Biotechnologie végétale, 2012).

#### **I.10.2.6. Dans l'éthanol :**

Une huile essentielle est qualifiée de miscible à "V volumes et plus" d'éthanol dont le titre alcalimétrique a été établi à 20°C lorsque le mélange de 1 volume d'huile essentielle avec V volumes d'éthanol est transparent et reste ainsi même après l'ajout progressif d'éthanol du

même titre jusqu'à atteindre un total de 20 volumes (Chouiteh, 2012).

### I.10.2.7. Dans les solvants organiques :

Les HE s'y solubilisent très bien (Franchrom et al., 2001).

### I.10.3. Caractérisation chimique Indice d'acide :

L'indice d'acide (IA) est le nombre de milligramme (mg) de potasse nécessaire pour neutraliser les acides libres contenus dans 1gramme (g) d'HE (Kaloustian et Hadji Mingalo, 2012).

#### I.10.3.1. Indice de saponification :

Il représente la quantité de milligrammes (mg) d'hydroxyde de potassium requise pour neutraliser les acides libres et saponifier les acides estérifiés contenus dans chaque gramme d'huile essentielle. En ce qui concerne l'Indice d'Ester (IE), il correspond à la quantité de milligrammes de potasse nécessaire pour saponifier les esters présents dans chaque gramme d'huile essentielle (Kaloustian et Hadji Mingalo, 2012).

**Tableau I :** Caractéristiques physico-chimiques de quelques huiles essentielles (Goudjil, 2016).

	<b>Laurus Nobilis</b>	<b>Faux Poivrier</b>	<b>Eucalyptus globulus</b>	<b>Norme AFNOR</b>
<b>Densité</b>	0.9669	0.9599	0.9407	Norme NFT75-111
<b>pH</b>	7	6	6	5-6.5
<b>Indice de Réfraction</b>	1.6749	1.6791	1.6841	Norme NFT75-112
<b>Indice d'acide</b>	1.22	0.98	1.39	Norme NFT60-2000

### I.11. La réglementation des huiles essentielles :

En fonction de sa composition et de la manière dont elle est présentée, une huile essentielle destinée au grand public peut être classée comme un médicament, un produit cosmétique, ou un aliment.

#### Réglementation algérienne :

Selon la définition du médicament énoncée dans l'article 170 de la loi n° 85-05 du 16 février 1985 relative à la protection et à la promotion de la santé, un médicament englobe toute substance ou composition affirmée comme ayant des propriétés curatives ou préventives envers les maladies humaines ou animales. De plus, il englobe tout produit destiné à être

administré à l'homme ou à l'animal dans le but d'établir un diagnostic médical ou de rétablir, corriger, ou modifier leurs fonctions organiques. Par conséquent, toute huile essentielle qui présente des allégations thérapeutiques sur son emballage sera classée comme un médicament. Le statut d'une huile essentielle est ainsi déterminé par son utilisation et son activité pharmacologique (loi 85-5 du 16 février 1985). Les produits pharmaceutiques à base d'huiles essentielles répondent à la définition des médicaments à base de plantes, et, en conséquence, ils doivent respecter les réglementations applicables aux médicaments et faire l'objet d'une demande d'autorisation de mise sur le marché. En vertu de l'article 171 de la loi n° 85-05, sont également assimilés à des médicaments : les produits d'hygiène et les produits cosmétiques qui contiennent des substances potentiellement nocives à des doses et concentrations supérieures à celles fixées par arrêté du ministre chargé de la santé. De plus, les produits diététiques ou destinés à l'alimentation animale qui renferment des substances non alimentaires ayant un impact sur la santé humaine sont également assimilés à des médicaments. Compte tenu de la présence fréquente d'huiles essentielles dans de nombreux produits cosmétiques, il est impératif de prendre en compte les risques potentiels que ces substances peuvent poser pour la santé des consommateurs (Kachetel et Sahmi, 2016).

### **I.12. Situation économique des huiles essentielles :**

La production mondiale d'huiles essentielles connaît une grande diversité de quantités. En effet, la production annuelle de certaines huiles essentielles dépasse largement les 35 000 tonnes, tandis que d'autres ne sont produites qu'en quantités beaucoup plus modestes, se comptant en quelques kilogrammes. En se basant sur des données d'estimation datant de 2004, des chiffres de production en tonnes pour certaines huiles essentielles sont présentés dans le tableau II. En parallèle, la valeur monétaire des différentes huiles essentielles connaît d'importantes fluctuations. Les prix varient de 1,80 \$ US par kilogramme pour l'huile d'orange à 120 000,00 \$ US par kilogramme pour l'huile d'iris. La valeur annuelle totale du marché mondial des huiles essentielles s'élève à plusieurs milliards de dollars US. La production d'huiles essentielles à partir de plantes sauvages ou cultivées est réalisable dans la plupart des régions du monde, à l'exception des zones les plus froides et des régions enneigées en permanence. Sur les environ 300 000 espèces végétales répertoriées, environ 10 % d'entre elles renferment des huiles essentielles et pourraient servir de bases pour leur production. Chaque continent abrite des florales spécifiques, parfois limitées à des zones géographiques particulières, telles que *Santalum album* en Inde et au Timor en Indonésie, *Pinus mugo* dans les Alpes européennes, ou *Abies sibirica* dans la CEI (Communauté des États Indépendants, anciennement la Russie). Pour de nombreux pays, principalement en Afrique et en Asie, la

production d'huiles essentielles constitue leur principale source d'exportation. Des pays comme l'Indonésie, le Sri Lanka, le Vietnam et même l'Inde affiche des chiffres d'exportation très élevés pour les huiles essentielles.

**Tableau II :** Production mondiale (2008) des plus importantes huiles essentielles (Lawrance,

<b>Huiles essentielles</b>	<b>Production en tonnes</b>	<b>Principaux pays producteurs</b>
Huile d'Orange	51 000	Etats-Unis, Brésil, Argentine
Huile de menthe des champs ( <i>Mentha arvensis</i> )	32 000	Inde, Chine, Argentine
Huile de citron	9200	Argentine, Italie, Australie
Huile d'Eucalyptus	4000	Chine, Inde, Australie, Afrique du sud
Huile de Menthe Poivrée	3300	Inde, Etats-Unis, Chine
Huile de Feuilles de Clous de Girofle	1800	Indonésie, Madagascar
Huile de citronnelle	1800	Chine Sri Lanka
Huile de Menthe Verte	1800	Etats-Unis, Chine
Huile de Cèdre	1650	Etats-Unis, Chine
Huile de Listée ( <i>Listea cubeba</i> )	1200	Chine
Huile de Patchouli	1200	Indonésie, Inde
Huile de Lavandin Grosso	1100	France
Huile d'Eucalyptus citronné ( <i>Corymbia citriodora</i> )	1000	Chine, Brésil, Inde, Vietnam

2009)

---

## **Chapitre II : Techniques d'extractions des huiles essentielles**

---

**II.1. Les procédés d'extraction des huiles essentielles :**

L'extraction des huiles essentielles est une étape cruciale pour obtenir ces substances naturelles aromatiques à partir de plantes. Plusieurs méthodes d'extraction sont couramment utilisées en fonction de la plante, de sa composition chimique et de la qualité de l'huile essentielle recherchée. Le tableau III présente quelques-unes des méthodes d'extraction les plus courantes.

**Table III.** Paramètres mise en œuvre dans les opérations d'extraction. Techniques (Peyron, 1992).

<b>Techniques</b>	<b>Propriétés</b>	<b>Produits fabriqués</b>
<b>Évaporation</b>	Volatilité	Résinoïdes, Concrètes Oléorésines
Déshydratation-Séchage		
Concentration de miscella (S/pres,atmouréduite)		
Concentration de jus de fruits		
<b>Distillation</b>		Isolats, déterpénés Huile empyreumatique
Rectification (S/pres.atm.ouréduite)		
Distillationsèche		
<b>Co-distillation</b>		Huiles essentielles Eaux aromatisées Alcoolats Distillats moléculaires
Avec eau(S/pres. atm. Ouensurpression)		
Hydrodistillation et à vapeur humide		
Vapeur sèche		
Avec un autre fluide (S/pres.atm.ouréduite)		
Alcool		
Polyols		
<b>Extraction liquide/solide</b>		Solubilité
Solvant conservé : Corps gras		
Alcool		
Solvant éliminé: Fluide liquide		
Fluide liquéfié (ou supercritique)		

<b>Extraction liquide/liquide</b>		
Discontinue		Essences déterpénées
Continue		
<b>Cristallisation</b> après concentration partielle et refroidissement		Menthol – Anéthol
<b>Broyage–tamisage</b>	Formes et taille des particules	Huiles essentielles d'agrumes
<b>Expression–Filtration</b>		
<b>Séparation au moyen de membranes</b>		
<b>Séparation chromatographique</b> <b>Décoloration</b>	Adsorption	Huiles essentiels Absolues

### **II.1.1. Extraction par hydrodistillation ;**

L'hydrodistillation est la méthode la plus simple et traditionnelle (Figure 5). Le matériau végétal est directement immergé dans un alambic rempli d'eau, chauffé à ébullition. Les vapeurs générées sont condensées dans un réfrigérant, et l'huile essentielle se sépare de l'hydrolat en raison de leur différence de densité, l'huile essentielle étant plus légère que l'eau, à quelques exceptions près (Franchomme et al., 1990 et Richard,1992).

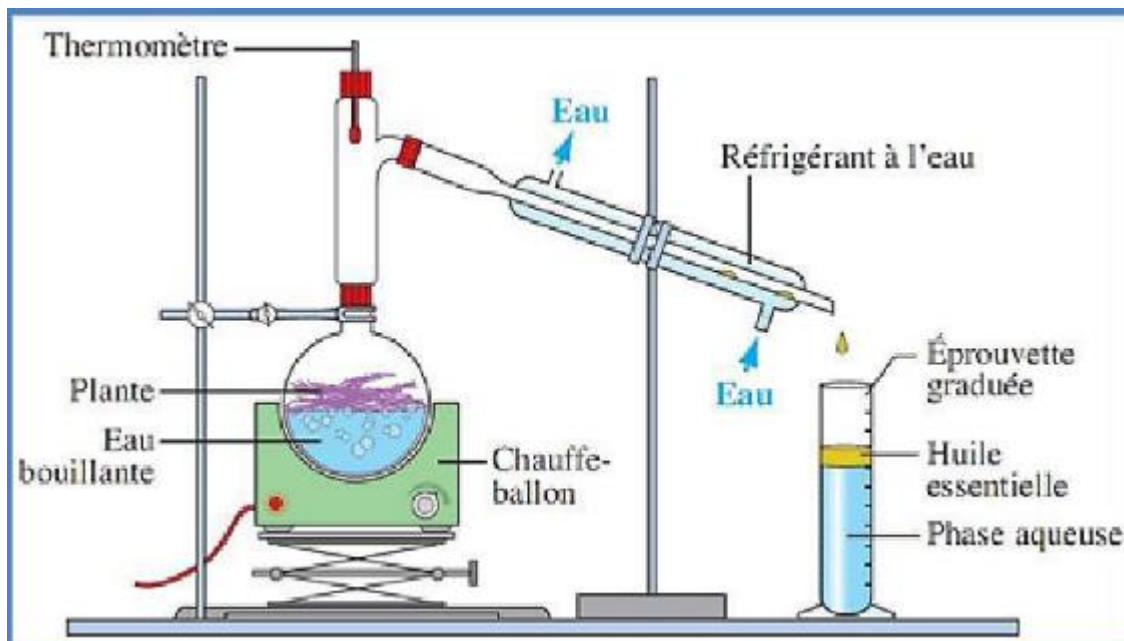
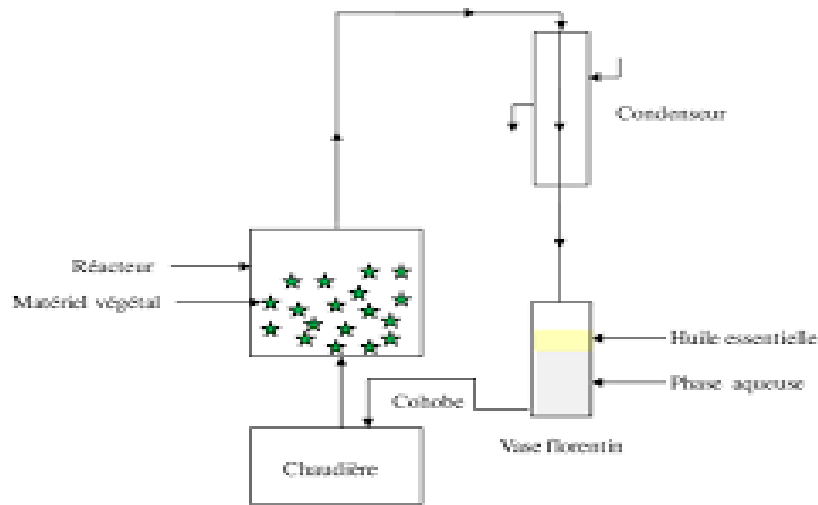


Figure 04 : montage d'extraction par Hydrodistillation (Piochon, 2008)

### II.1.2. Extraction par entraînement à la vapeur d'eau :

Contrairement à l'hydrodistillation, cette méthode maintient une séparation stricte entre l'eau et la matière végétale à traiter. Elle repose sur l'utilisation de vapeur d'eau générée par une chaudière, qui traverse la matière végétale positionnée au-dessus d'une grille. La vapeur altère la structure des cellules végétales, libérant ainsi les molécules volatiles pour créer un mélange "eau +huile essentielle". Ce mélange est ensuite acheminé vers un condenseur et un essencier avant d'être séparé en deux phases distinctes : une phase aqueuse et une phase organique, correspondant à l'huile essentielle (Figure 6). Cette absence de contact direct entre l'eau et la matière végétale, ainsi qu'entre l'eau et les molécules aromatiques, prévient certains phénomènes d'hydrolyse ou de dégradation qui pourraient altérer la qualité de l'huile (Carnesecchi et al.,2002).



**Figure 5 : Extraction par entraînement à la vapeur d'eau (Farhat, 2010)**

### II.1.3. Hydro diffusion :

Dans cette méthode, la vapeur d'eau est diffusée à travers la matière végétale, descendant du haut vers le bas (Figure 7). C'est à l'opposé des techniques de distillation conventionnelles, où le flux de vapeur circule de bas en haut à travers la biomasse végétale. Les avantages de cette approche se traduisent par une amélioration tant qualitative que quantitative de l'huile extraite, tout en permettant des économies significatives de temps, de vapeur et d'énergie (Carnesecchi et al., 2004).

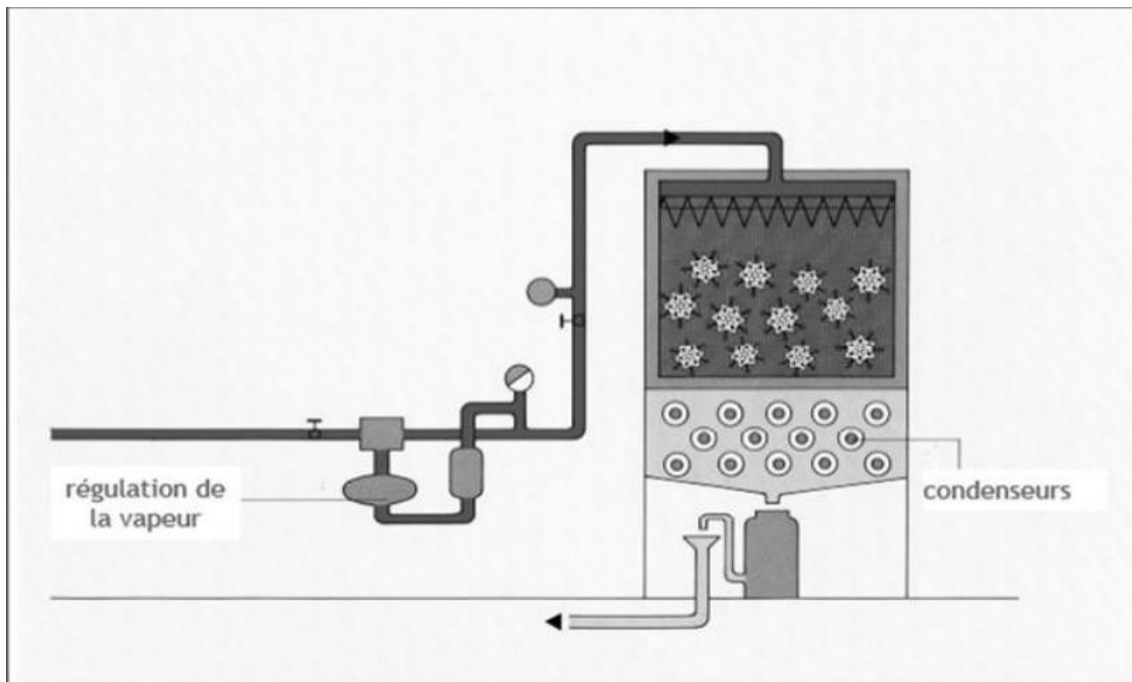


Figure 6 : L'hydrodiffusion (Smadja, 2009)

### II.1.4. Expression à froid :

Cette technique est principalement employée pour l'extraction des huiles essentielles à partir d'agrumes tels que les oranges, les citrons et les citrons verts. Elle consiste en une extraction mécanique des zestes des fruits afin d'obtenir l'huile essentielle. Elle est couramment utilisée pour la production d'huiles essentielles d'agrumes utilisées dans l'industrie de la parfumerie et de l'alimentation (Legault et al., 2003).



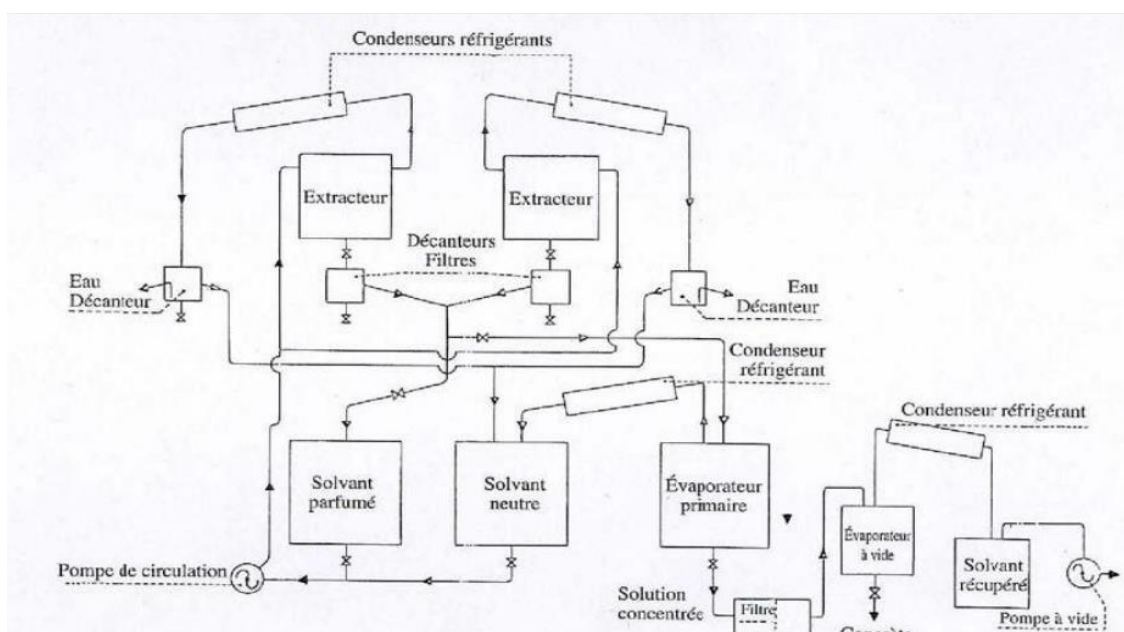
Figure 7 : Photos à gauche d'une Pelatrice et à droite d'une centrifugeuse séparatrice de l'essence de citrus des eaux résiduelles (Kimball, 1999 ; Dugo et Di Giacomo, 2002).

### II.1.5. Extractions par les solvants et par les graisses :

Certains procédés d'extraction ne produisent pas des huiles essentielles à proprement parler, mais plutôt des concrètes, qui sont des extraits de plantes obtenus en utilisant des solvants non aqueux. Ces solvants peuvent être des solvants couramment utilisés en chimie organique, tels que l'hexane et l'éther de pétrole, ou même des graisses, des huiles (pour absorber les composés volatils lipophiles), voire des gaz. Ces solvants ont un pouvoir d'extraction plus élevé que l'eau, ce qui signifie que les extraits contiennent non seulement des composés volatils, mais aussi de nombreux composés non volatils, tels que des cires, des pigments, des acides gras, et bien d'autres (Figure9) (Richard,1992 ; Robert, 2000).

Dans le cas des extraits obtenus à l'aide de corps gras, un lavage à l'éthanol est effectué pour éliminer ces composés indésirables. La solution alcoolique résultante est refroidie à -10 °C pour solidifier les cires végétales, qui sont ensuite séparées. Après distillation de l'alcool, le produit obtenu est appelé un "absolu", et sa composition se rapproche de celle d'une huile essentielle (Proust, 2006).

Cependant, il est important de noter que l'extraction à l'aide de solvants organiques peut poser des problèmes de toxicité dus aux solvants résiduels, ce qui est une considération importante, notamment lorsque l'extrait est destiné aux industries pharmaceutique et agro-alimentaire (Bruneton, 1999).



**Figure 8 :** Schéma d'une batterie d'extraction par solvant pour végétaux bruts (loi 85-5 du février 1985 relative à la protection et à la promotion de la santé)

### II.1.6. Extraction au CO<sub>2</sub> supercritique :

Cette technique d'extraction est remarquable en raison de l'utilisation d'un solvant particulier : le CO<sub>2</sub> supercritique. Au-delà de son point critique (P = 73,8 bars et T = 31,1 °C), le CO<sub>2</sub> acquiert des propriétés intermédiaires entre celles des liquides et celles des gaz, ce qui lui confère un excellent pouvoir d'extraction. De plus, ce pouvoir d'extraction est aisément ajustable en modifiant les conditions de température et de pression. Cette méthode offre de nombreux avantages. Premièrement, le CO<sub>2</sub> supercritique est un solvant idéal, étant naturel, chimiquement inerte, non inflammable, non toxique, sélectif, facilement accessible, et peu coûteux. En outre, il peut être éliminé de l'extrait sans laisser de résidus. Un autre atout majeur réside dans la qualité inégalée de l'extrait, car aucun réarrangement chimique ne se produit au cours du processus. Toutefois, il convient de noter que cette méthode nécessite un investissement considérable en raison du coût élevé de l'installation (Pellerin, 1991).

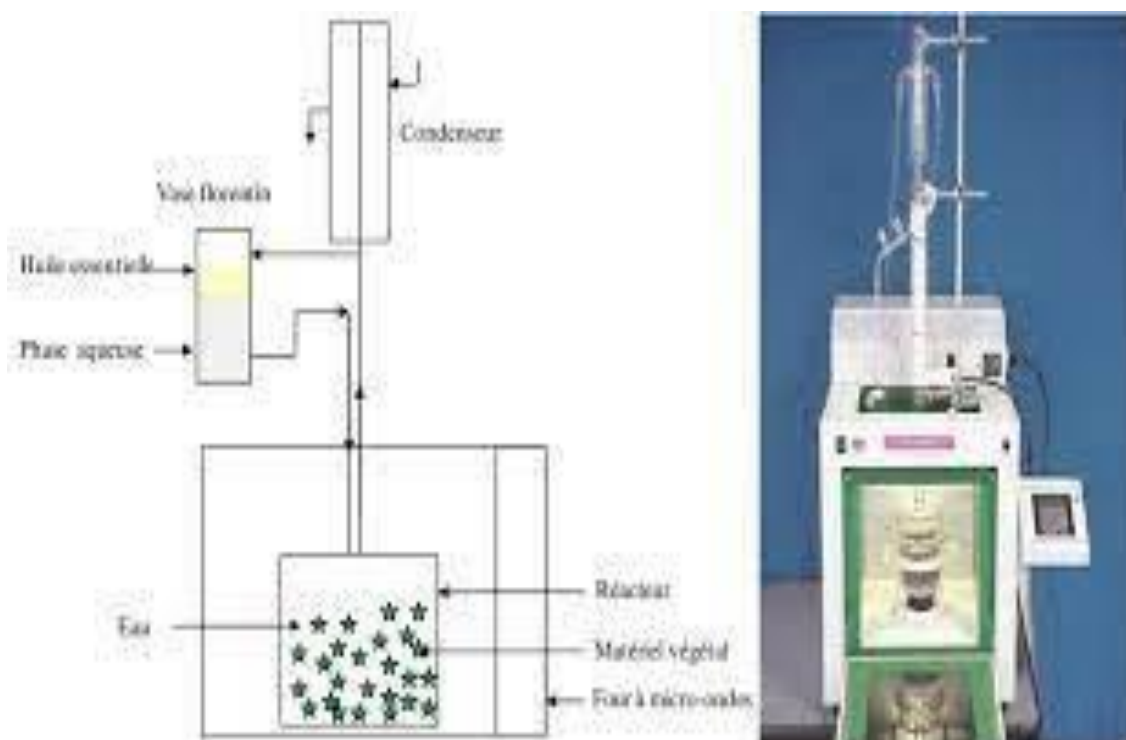
En ajustant les conditions de température et de pression, il est possible de rendre l'extraction plus sélective vis-à-vis des composés odorants, permettant ainsi d'obtenir des extraits dont la composition est similaire à celle des huiles essentielles, dépourvus de molécules non volatiles. Par exemple, pour extraire uniquement les principes volatils, les conditions idéales sont de maintenir la température en dessous de 60 °C et la pression en dessous de 60 bars (Figure 10) (Richard, 1992). Cette technique est aujourd'hui considérée comme très prometteuse, car elle génère des extraits volatils de très haute qualité, préservant ainsi pleinement l'authenticité de la plante d'origine.

### II.1.7. Extraction par micro-ondes :

Au début des années 1990, une méthode innovante a émergé, connue sous le nom d'hydrodistillation par micro-ondes sous vide. Cette technique chauffe la matière végétale à l'aide de micro-ondes à l'intérieur d'une enceinte hermétique soumise à une pression progressivement réduite. Les composés volatils sont entraînés par la vapeur d'eau générée à partir de l'eau naturellement présente dans la plante. Ils sont ensuite récupérés en utilisant des procédés conventionnels de condensation, de refroidissement et de séparation. Cette méthode offre des gains significatifs en termes de temps (division par 5 à 10 du temps d'extraction) et d'énergie (température plus basse). Pour illustrer, une extraction par micro-ondes (Figure 10) de deux kilogrammes de *Mentha piperita* permet d'obtenir environ 1% d'huile essentielle en seulement 15 minutes, tandis que deux heures d'hydrodistillation sont nécessaires pour atteindre un rendement similaire à partir de la même quantité de matière végétale (Mengalet

al., 1993). La composition de l'huile essentielle obtenue par ce procédé est souvent comparable à celle extraite *via* la méthode traditionnelle de l'entraînement à la vapeur. Toutefois, les huiles essentielles extraites par micro-ondes contiennent généralement une proportion plus élevée de composés oxygénés. Cette caractéristique découle de la faible quantité d'eau présente dans le système et de la rapidité du processus de chauffage. Par conséquent, les risques de dégradation thermique et hydrolytique des composés oxygénés sont réduits (Bendahou et al.,2007 ; Lucchesi et al.,2007). Cette technique présente de nombreux avantages : elle est respectueuse de l'environnement, elle permet des économies d'énergie et de temps, elle nécessite un investissement initial moins important, et elle réduit au minimum les risques de dégradation thermique et hydrolytique (Mengal et al., 1993 ; Lucchesi et al., 2004). L'extraction par micro-ondes fait actuellement l'objet de nombreuses recherches et continue de s'améliorer (Chemat et al., 2006 ; Flamini et al.,2007; Lucchesi et al.,2007).

En raison de la diversité et de la complexité des huiles essentielles, le processus d'extraction doit être soigneusement choisi. Il doit garantir que la méthode ne provoque pas de distinction entre les composés polaires et apolaires, ni ne déclenche des réactions biochimiques, des altérations thermiques, une oxydation, une réduction, une hydrolyse, un changement de pH ou une perte de composés volatils. Pour atteindre cet objectif, plusieurs paramètres et caractéristiques doivent être pris en considération (Fernandez et Cabrol-Bass,2007).



**Figure 9 :** Technique d'extraction par micro-onde (Chemat, 2011).

### II.2. Paramètres influençant l'extraction :

#### II.2.1. Matière végétale :

- **Sélection des plantes** : Il est essentiel de ne récolter que des plantes saines appartenant à l'espèce recherchée,
- **Méthode de cueillette** : Pour les fleurs, les feuilles, les bourgeons et les petites baies, il est recommandé de les détacher délicatement à la main. En ce qui concerne les tiges, les racines et les écorces, il est préférable d'utiliser un petit couteau ou un sécateur. Cette approche, plus respectueuse de l'environnement, permet d'obtenir des huiles essentielles de qualité supérieure,
- **Origine géographique** : La qualité de l'huile essentielle dépend en grande partie du sol et du climat de la région où la plante pousse. Une même plante récoltée dans une région peut avoir une essence différente de celle d'une autre région,
- **Stade de croissance** : La récolte doit être effectuée pendant le stade de croissance de la plante, lorsque la concentration en huiles essentielles est à son maximum. Cependant, ce moment optimal varie d'une plante à l'autre,
- **Moment de la journée** : La qualité de l'huile essentielle varie en fonction de l'heure à laquelle la plante est récoltée. La concentration en huiles essentielles est généralement la plus élevée à l'aube, lorsque la rosée est encore présente et retarde l'évaporation des huiles. En alternative, la récolte peut également se faire en fin d'après-midi ou en début de soirée, lorsque les plantes dégagent moins leur parfum,
- **Partie de la plante distillée** : Il est important de noter que différentes parties d'une même plante (fleurs, feuilles, tiges, écorce, racine, etc.) peuvent produire des huiles essentielles aux caractéristiques distinctes (Sallé, 2004 ; Möller, 2008).

### II.2.2. Nature et état du solide et du soluté :

La nature et l'état physique du soluté jouent un rôle crucial dans la détermination du processus de transfert de matière. Les solutés contenus dans ces substances peuvent être sous forme solide ou liquide, avec leur stabilité respective face à la chaleur et à l'environnement. Ces solutés sont répartis de manière variable dans la matrice solide. Lorsque le soluté est uniformément dispersé dans le solide, les couches superficielles se dissolvent, laissant derrière elles une structure solide poreuse. Le solvant doit alors pénétrer cette couche externe avant d'atteindre les zones internes contenant le soluté. Ce parcours du solvant devient progressivement plus complexe, ce qui se traduit par une réduction de la vitesse de dissolution à la surface (Leybros et al,1990). Lorsque la concentration du soluté dans le matériau solide est élevée, la structure poreuse peut être altérée par un processus de broyage, facilitant ainsi la dissolution ultérieure du soluté. Dans le cas de matières végétales, le soluté est souvent emprisonné à l'intérieur des cellules, d'où il est libéré par des mécanismes de dialyse ou de diffusion capillaire à travers les parois cellulaires. Il est important de noter que les résultats de diffusion expérimentaux montrent que la diffusivité d'une huile est d'environ  $10^{-9}$  m<sup>2</sup>/s dans le solvant libre, mais considérablement plus faible, à environ  $10^{-14}$  m<sup>2</sup>/s, dans les tissus cellulaires intacts (Leybros et Frémeaux,1990).

### II.2.3. Nature, concentration et volume du solvant :

La sélection des solvants joue un rôle critique dans le processus. Ces solvants doivent être d'une pureté élevée et présenter un point d'ébullition bas afin de permettre une élimination efficace tout en minimisant la perte de composés volatils. Ils ne doivent pas interférer avec la méthode d'analyse utilisée. De plus, ils doivent avoir la capacité d'extraire à la fois des composés polaires et apolaires, ou bien posséder une sélectivité appropriée. Le choix du solvant dépend de la nature de la matrice et des composés à étudier. Des facteurs tels que la polarité des composés, leurs températures d'ébullition, et leur miscibilité avec d'autres solvants sont des considérations essentielles à prendre en compte (Cicile,2002 ; Fernandez et Cabrol-Bass,2007).

### II.2.4. Méthode, durée, température et pression :

La réduction de la pression opérationnelle entraîne une diminution des températures auxquelles l'ébullition et la condensation se produisent. En revanche, une augmentation de la pression provoque une hausse de ces températures (Cicile, 2002).

L'élévation de la température favorise l'augmentation de la solubilité et de la diffusion

## **Chapitre II : Techniques d'extractions des huiles essentielles**

---

du soluté tout en réduisant la viscosité. Cependant, il est essentiel de contrôler cette élévation pour éviter les risques d'extractions indésirables et la détérioration thermique du soluté. La durée de l'extraction, qu'elle soit courte ou prolongée, dépend du procédé d'extraction employé et des objectifs spécifiques de l'opération, que ce soit pour recueillir l'ensemble des fractions "de tête" et "de queue" dans le cas de la distillation ou pour atteindre d'autres objectifs définis (Leybros et al ; 1990).

---

## **Chapitre III : Les effets biologiques et leurs modes d'action**

---

### III.1. Activités pharmacologiques

Ces dernières années, on a intensément exploré les propriétés antioxydantes des huiles essentielles. Le stress oxydatif, déclenché par des déséquilibres entre la production de radicaux libres et les enzymes antioxydantes, est lié à l'apparition de maladies graves telles que la maladie d'Alzheimer (Butterfield, 2002), l'artériosclérose et le cancer (Gardner, 1997). Une approche pour contrer le stress oxydatif, qui provoque des dommages aux cellules, est de rechercher des apports supplémentaires d'antioxydants dans l'alimentation, comme la vitamine C, l' $\alpha$ -tocophérol, le BHT, etc. (Béliveau, 2005). Les huiles essentielles de cannelle, de muscade, de clou de girofle, de basilic, de persil, d'origan et de thym sont connues pour renfermer des composés antioxydants puissants (Edris, 2007). Le thymol et le carvacrol se distinguent une fois de plus en tant que composés les plus actifs. Leur efficacité est attribuée à leur structure phénolique, car les composés de cette famille possèdent des propriétés oxydo-réductrices essentielles, intervenant dans la neutralisation des radicaux libres et la décomposition des peroxydes (Braga et al., 2006). Les alcools, éthers, cétones et aldéhydes monoterpéniques, notamment le linalol, le 1,8-cinéole, le géraniol/nérol, le citronellal, l'isomenthone, la menthone, ainsi que certains monoterpènes tels que l' $\alpha$ -terpinène, le  $\gamma$ -terpinène et l' $\alpha$ -terpinéol, contribuent également à l'activité antioxydante des huiles essentielles (Edris, 2007).

De plus, les huiles essentielles sont employées en milieu clinique pour traiter diverses affections inflammatoires, notamment les rhumatismes, les allergies et l'arthrite (Maruyama et al., 2005). Par exemple, plusieurs études ont révélé l'activité anti-inflammatoire de l'huile essentielle de *Melaleuca alternifolia* (Kohet et al., 2002 ; Caldefie-Chézet et al., 2004 ; Caldefie-Chézet et al., 2006), ainsi que de son composé principal, l' $\alpha$ -terpinéol (Hart et al., 2000). Ces composés agissent en réduisant la libération d'histamine ou en limitant la production de médiateurs de l'inflammation. Un autre exemple est l'huile essentielle de géranium (Maruyama et al., 2005), ainsi que le linalol et son acétate (Pena et al., 2002), qui ont démontré une activité anti-inflammatoire en réduisant les œdèmes provoqués par le carraghénane chez les souris. En conséquence, les huiles essentielles offrent une nouvelle perspective pour le traitement des maladies inflammatoires.

Ces dernières années, la polyvalence thérapeutique des huiles essentielles a suscité l'intérêt des chercheurs pour leur potentiel dans la lutte contre le cancer. Les huiles essentielles et leurs constituants volatils font aujourd'hui l'objet d'études approfondies en tant que sources potentielles de produits anticancéreux naturels (Edris, 2007). Les huiles

essentielles agissent dans la prévention et la suppression du cancer. On sait que certains aliments, comme l'ail ou le curcuma, renferment des agents anticancéreux reconnus pour leur capacité à prévenir le développement de cancers (Béliveau et al., 2006). Certains de ces aliments contiennent des composés volatils dont l'efficacité en tant qu'agents chimiopréventifs a été démontrée. Par exemple, l'huile essentielle d'ail est riche en composés sulfurés (Pyun et al., 2006), qui ont fait leurs preuves en tant que chimiopréventifs. Des exemples incluent le disulfure de diallyle et le trisulfure de diallyle, qui activent les enzymes chez les rats (Milner, 2001 ; Milner, 2006).

#### III.2. Activité antifongique

Le potentiel antifongique des sécrétions végétales a été le sujet de nombreuses études *in vitro*, et les recherches visant à démontrer ce pouvoir n'ont pas cessé, avec de nombreux chercheurs publiant leurs résultats chaque année. Voici un résumé de quelques-unes de ces études :

Selon Belghazi et al., (2002), l'huile essentielle de *Menthapulegium L.* présente un fort pouvoir antifongique contre deux champignons, *Penicillium* et *Mucor*. Ce dernier est responsable de la formation de moisissures blanches à sporanges foncés sur des surfaces humides, y compris le pain, et peut entraîner des avortements infectieux chez les bovins. La quantité minimale d'huile essentielle nécessaire pour inhiber la croissance fongique a été déterminée à 20 $\mu$ l.

Un an plus tard, Chebli et al. (2003) ont réalisé des tests *in vitro* pour réévaluer l'activité antifongique de l'huile essentielle de sept plantes de la famille des Lamiacées contre *Botrytis cinerea* (moisissure noble), un agent phytopathogène causant des dommages considérables aux fruits, légumes et plantes ornementales, aussi bien avant qu'après la récolte. L'huile essentielle de menthe et la pulégone ont montré une activité antifongique modeste, avec une CL50 (concentration létale pour 50 % des organismes) de 233,5 ppm, par rapport à *Origanum compactum* et *Thymus glandulosus*, qui présentaient des CL50 de 35,1 et 79,2 ppm, respectivement.

La même année, des recherches ont été portées sur l'activité antifongique et antibactérienne de huit plantes aromatiques contre deux champignons, *Botrytis cinerea* et *Fusarium solani* var. *coeruleum*, responsables de la pourriture des tubercules de pomme de terre, ainsi que la bactérie *Clavibacter michiganensis*, à l'origine du chancre bactérien chez la tomate. Les plantes étudiées étaient *Origanum vulgare*, *Thymus capitatus*, *Origanum tictamnus*, *Origanum majorana*, *Lavandula angustifolia*, *Rosemarinus officinalis*, *Salvia fruticosa* et

*Mentha pulegium*. Les quatre premières plantes ont complètement inhibé la croissance des micro-organismes à des concentrations comprises entre 85 et 300µg/ml, tandis que les quatre dernières n'ont affecté la croissance microbienne qu'à des concentrations supérieures à 1000µg/ml. (DafereraD et al.,2003)

#### **III.3. Activité analgésique :**

Plusieurs huiles essentielles ont des propriétés analgésiques et peuvent aider à soulager la douleur. Par exemple, l'huile essentielle de menthe poivrée est souvent utilisée pour soulager les maux de tête et les douleurs musculaires (Göbel et al 1994).

#### **III.4. Activité antioxydante :**

Les huiles essentielles sont riches en composés antioxydants, qui aident à neutraliser les radicaux libres dans le corps et à prévenir les dommages cellulaires. Par exemple, l'huile essentielle de romarin est riche en antioxydants (yu et al 2002).

##### Huile essentielle de romarin :

Le romarin est connu pour son fort pouvoir antioxydant dû à sa teneur élevée en composés phénoliques, tels que l'acide rosmarinique et les flavonoïdes.

Mécanisme d'action : Les composés antioxydants du romarin agissent en neutralisant les radicaux libres dans le corps, aidant ainsi à prévenir les dommages cellulaires (Abascal et al 2003).

##### Huile essentielle de thym :

Le thym est une autre huile essentielle qui possède des propriétés antioxydantes importantes en raison de sa teneur élevée en composés phénoliques, tels que le thymol et le carvacrol.

Mécanisme d'action : Le thym agit en piégeant les radicaux libres et en inhibant les enzymes responsables du stress oxydatif dans le corps (Chizzola R 2003).

##### Huile essentielle de citron :

L'huile essentielle de citron est riche en composés antioxydants tels que le limonène, qui lui confèrent de puissantes propriétés antioxydantes.

Mécanisme d'action : Le limonène, présent dans l'huile essentielle de citron, agit en neutralisant les radicaux libres et en protégeant les cellules contre les dommages oxydatifs (Ozkan et al 2010).

##### Huile essentielle de cannelle :

La cannelle contient des composés antioxydants tels que les polyphénols et les flavonoïdes, qui contribuent à son activité antioxydante.

Mécanisme d'action : Les composés antioxydants de la cannelle agissent en neutralisant les radicaux libres et en inhibant les processus de peroxydation lipidique (Gulcin et al 2012).

#### Huile essentielle de clou de girofle :

Le clou de girofle est riche en composés phénoliques tels que l'eugénol, qui possèdent des activités antioxydantes significatives.

Mécanisme d'action : L'eugénol agit en neutralisant les radicaux libres et en protégeant les cellules contre les dommages oxydatifs ( Parejo et al 2001).

#### **III.5. Activité calmante :**

Les huiles essentielles sont largement utilisées pour leurs propriétés calmantes et relaxantes. Leurs effets apaisants sur le système nerveux peuvent aider à réduire le stress, l'anxiété et favoriser la relaxation. Voici quelques huiles essentielles connues pour leurs activités calmantes, ainsi que des détails sur leurs mécanismes d'action :

#### Huile essentielle de lavande :

La lavande est peut-être l'huile essentielle la plus célèbre pour ses propriétés calmantes. Elle est souvent utilisée pour favoriser la relaxation et aider à induire le sommeil.

Mécanisme d'action : La lavande agit en stimulant les récepteurs GABA dans le cerveau, ce qui a un effet relaxant et calmant (koulivand et al 2013).

#### Huile essentielle de camomille :

La camomille est reconnue pour ses propriétés apaisantes et anti-stress. Elle est souvent utilisée pour soulager l'anxiété et favoriser le sommeil.

Mécanisme d'action : Les composés de la camomille, tels que l'alpha-bisabolol et l'apigénine, agissent sur les récepteurs GABA et ont des effets relaxants (Amsterdam, J et al 2009).

#### Huile essentielle de bergamote :

La bergamote est utilisée pour son parfum relaxant et rafraîchissant. Elle peut aider à réduire l'anxiété et à améliorer l'humeur.

Mécanisme d'action : La bergamote contient des composés tels que le limonène et le linalol, qui ont des effets relaxants sur le système nerveux (Saiyudthong, S et al 2011).

#### Huile essentielle de bois de santal :

Le bois de santal est utilisé depuis longtemps en aromathérapie pour ses propriétés relaxantes et méditatives. Il est souvent utilisé pour calmer l'esprit et favoriser la méditation.

Mécanisme d'action : Le bois de santal contient des composés tels que le santalol, qui ont des effets apaisants sur le système nerveux (Xu, P et al 2015).

#### Huile essentielle de patchouli :

Le patchouli est souvent utilisé en aromathérapie pour ses propriétés relaxantes et réconfortantes. Il peut aider à calmer l'esprit et à réduire le stress.

Mécanisme d'action : Le patchouli agit en stimulant la libération de sérotonine et de dopamine, ce qui peut améliorer l'humeur et réduire l'anxiété (Zanomi, P 2002).

Ces huiles essentielles peuvent être utilisées de différentes manières, notamment par inhalation, diffusion dans l'air, dilution dans des huiles de support pour massage, ou ajout dans un bain relaxant. Il est important de noter que les effets des huiles essentielles peuvent varier d'une personne à l'autre, et il est toujours recommandé de les utiliser avec précaution et en respectant les doses recommandées.

#### **III.6. Activité stimulante :**

Certaines huiles essentielles ont des effets stimulants sur le système nerveux, aidant à augmenter la vigilance et l'énergie. Par exemple, l'huile essentielle d'agrumes est souvent utilisée pour son effet revigorant

Il convient de noter que les effets stimulants des huiles essentielles peuvent varier en fonction de plusieurs facteurs, notamment la composition chimique de l'huile, la méthode d'administration et la sensibilité individuelle. Assurez-vous de toujours utiliser les huiles essentielles de manière sûre et consultez un professionnel de la santé si nécessaire, surtout si vous avez des problèmes de santé sous-jacents (Komiya et al 2006)

#### **III.7. Mode d'action antibactérien des huiles essentielles :**

Les huiles essentielles possèdent une diversité d'actions, largement liée à leur affinité pour les lipides membranaires, en raison de leur caractère hydrophobe. Bien que des recherches approfondies n'aient pas encore élucidé en détail leur mode d'action sur les microorganismes, on peut généralement observer que les huiles essentielles perturbent la multiplication, la sporulation et la synthèse de toxines chez les bactéries. En ce qui concerne les levures, elles influent sur la biomasse et la production de pseudomycélium. En ce qui concerne les moisissures, elles freinent la germination des spores, entravent le développement du mycélium et inhibent la production de toxines (Piochon,2008).

L'action des huiles essentielles semble s'exercer de diverses manières sur les microorganismes (Dorman et Deans, 2000) :

#### **Altération de la membrane cellulaire**

Les huiles essentielles interfèrent avec la bicouche lipidique de la membrane cellulaire, augmentant sa perméabilité et causant la fuite de composants cellulaires essentiels.

#### **Perturbation des systèmes enzymatiques**

Les huiles essentielles perturbent les systèmes enzymatiques, y compris ceux impliqués dans la production d'énergie cellulaire et la synthèse des composants structurels.

#### **Dommages ou inactivation du matériel génétique :**

Les huiles essentielles sont capables d'endommager ou d'inactiver le matériel génétique des micro-organismes.

L'effet des huiles essentielles repose sur l'insertion sélective de leurs composants dans les lipides de la membrane cytoplasmique, perturbant ainsi son fonctionnement. Cette perturbation entraîne la fuite d'électrolytes et une réduction des niveaux de sucres et d'acides aminés (Hulin et al.,1998). Un exemple concret illustrant l'effet des huiles essentielles est l'action de l'huile essentielle de *Thymus eriocalyx* sur *Aspergillus niger*. L'examen au microscope électronique a révélé que le mycélium était détruit, la membrane plasmique altérée, les mitochondries endommagées, entraînant une dégradation du cytoplasme cellulaire et une distorsion de la membrane nucléaire. Ces constatations s'expliquent par l'interférence des composants de l'huile essentielle avec les enzymes responsables des réactions de synthèse de la membrane plasmique (Inouye et al.,1998).

L'efficacité antimicrobienne des huiles essentielles dépend en grande partie de leur composition chimique, en particulier de leurs principaux constituants. Une étude portant sur 13 huiles essentielles d'origine africaine a démontré une corrélation étroite entre la composition chimique de ces huiles et leur activité contre six microorganismes testés, notamment *Staphylococcus aureus* et *Escherichia coli*. Les huiles essentielles présentant une faible activité étaient riches en composés hydrocarbonés, tandis que celles ayant une activité significative étaient riches en composés oxygénés (Rsooli et al.,2005).

Les terpènes, présents dans certaines huiles essentielles, influent sur la membrane bactérienne en raison de leur lipophilie et de la puissance de leurs groupes fonctionnels. Leur action semble se concentrer sur la bicouche lipidique de la membrane cytoplasmique cellulaire, ce qui perturbe la régulation osmotique (Chalchat, 1997).

Les cellules traitées avec des terpènes ont montré une perte rapide de potassium, la lyse

des sphéroblastes des levures, une altération sévère de la membrane cellulaire et une solubilisation de la membrane, tel que constaté au microscope électronique. Cet effet découle de la nature biochimique des terpènes testés, qui agissent vraisemblablement comme des solvants de la membrane cellulaire (Tepe et al ;2005).

Les alcools, tels que le carvacrol et le thymol, qui constituent les principaux éléments de l'huile essentielle d'origan, rendent la membrane cellulaire bactérienne perméable, contribuant ainsi à leur action bactéricide (Pine- Vaz et al.,2004).

Par ailleurs, les aldéhydes, comme le formaldéhyde et le glutaraldéhyde, exercent un effet significatif sur les bactéries en raison de leur forte électronégativité. Les aldéhydes conjugués à une double liaison carbone-carbone créent une électronégativité élevée, expliquant ainsi leur action. Ces composés électronégatifs interfèrent dans les processus biologiques, notamment le transfert d'électrons, et réagissent avec les composants riches en azote, comme les protéines et les acides nucléiques, entraînant une inhibition de la croissance bactérienne (Rai et al ,2003).

#### **III.8. Méthodes d'étude de l'activité antimicrobienne des HEs :**

L'évaluation de l'activité antimicrobienne des huiles essentielles implique généralement l'application de méthodes conventionnelles similaires à celles utilisées pour les antibiotiques. Ces méthodes comprennent la technique de diffusion sur gélose (à l'aide de disques en papier ou de puits) et la méthode de dilution (dilution dans un milieu liquide ou en gélose). Toutefois, l'évaluation de cette activité pour les huiles essentielles présente des défis spécifiques dus à leur volatilité, à leur insolubilité dans l'eau et à leur complexité. En conséquence, des adaptations sont nécessaires pour ces deux méthodes, qui ont été initialement conçues pour des antimicrobiens solubles dans l'eau (Kalemba et Kunicka,2003).

Les microorganismes testés proviennent généralement de collections de cultures pures reconnues à l'échelle internationale (Miladinović et al., 2013), bien qu'ils puissent également être des isolats provenant de divers environnements tels que cliniques ou alimentaires (Bag et Chattopadhyay, 2015 ; Lahmar et al.,2016).

Les cultures microbiennes sont développées dans un milieu liquide, dans des conditions physiques optimales spécifiques à chaque espèce. Il est essentiel que ces microorganismes atteignent une phase de croissance adéquate, et le nombre de cellules dans les inoculums doit être normalisé selon les normes du Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI) pour le

test (généralement, entre  $10^6$  et  $10^8$  CFU/ml). La croissance peut être évaluée soit visuellement, soit à l'aide d'instruments comme la turbidimétrie (Kalemba et Kunicka, 2003). Les expériences sont généralement répétées à plusieurs reprises (généralement trois fois).

Les cultures contenant les huiles essentielles sont systématiquement accompagnées de témoins négatifs, dans lesquels les huiles sont remplacées par de l'eau ou un solvant. Des témoins positifs contenant un antibiotique standard sont également utilisés pour évaluer la sensibilité des souches testées. Le temps d'incubation varie généralement de 18 à 24 heures pour les bactéries (Chebaibi et al., 2015 ; ElAtki et al., 2019 ; Oliveira et al., 2019 ; Katarzyna et al., 2020).

#### III.9. Toxicité des huiles essentielles sur la santé :

Les huiles essentielles ne sont pas des substances sans danger, bien qu'elles soient d'origine naturelle. Comme pour tous les produits naturels, il est crucial de se rappeler que "naturel" ne signifie pas nécessairement "inoffensif pour l'organisme". Cette notion revêt une importance capitale, en particulier étant donné que l'utilisation des huiles essentielles est de plus en plus courante avec l'avènement de nouvelles pratiques thérapeutiques, telles que l'aromathérapie (Smith et al., 2000).

Certaines huiles essentielles présentent des risques lorsqu'elles entrent en contact avec la peau, en raison de leur capacité à provoquer des irritations (notamment les huiles riches en thymol ou en carvacrol), des réactions allergiques (principalement les huiles riches en cinnamaldéhyde (Smith et al., 2000), ou à être photosensibilisantes (comme les huiles d'agrumes contenant des furocoumarines (Naganuma et al., 1985). Par ailleurs, certaines huiles essentielles ont des effets neurotoxiques, notamment celles contenant des cétones telles que l'*α*-thujone, qui se révèlent particulièrement nocives pour les tissus nerveux (Franchomme et al., 1990).

Il existe également des huiles essentielles dont certains composés peuvent potentiellement favoriser le développement de cancers (Homburger et al., 1968). C'est le cas notamment des dérivés d'allylbenzènes ou de propénylbenzènes, tels que le safrôle (présent dans le saffran), l'estragole (présent dans l'estragon), le  $\beta$ -asarone (présent dans la calamus) et le méthyl-eugénol. Des études ont démontré l'activité hépatocarcinogène de ces composés chez les rongeurs (Wiseman et al., 1987). Par exemple, le safrôle et l'estragole sont métabolisés par les microsomes du foie des rats et des souris en dérivés hydroxylés, puis en esters sulfuriques électrophiles capables d'interagir avec les acides nucléiques et les protéines

### Chapitre III : Les effets biologiques et leurs modes d'action

(Kim et al., 1999). Il convient toutefois de noter que ces résultats sont controversés, en partie en raison des différences dans le processus de métabolisation de ces composés chez les humains. Par exemple, chez l'être humain, le safrole est métabolisé en dihydroxysafrole et trihydroxysafrole, des substances non cancérogènes (Franchomme et al., 1990). De plus, l'impact dépend fortement de la dose administrée lors des expériences, et il est souvent bien en deçà de la quantité qu'une personne pourrait ingérer au cours d'une journée (Guba, 2001).

**Tableau IV :** Top 10 des intoxications par les huiles essentielles en France (CAPTV France, 2011)

CLASSEMENT	HUILEESSENTIELLE	DOSSIERS	
1	Lavande (sans précision)	275	243
8	Lavandin		32
3	<b>Eucalyptus globuleux</b>	138	<b>70</b>
6	<b>Eucalyptus citronné</b>		<b>38</b>
9	<b>Eucalyptus radié</b>		<b>30</b>
2	Citronnelle	132	78
7	Citron		33
10	Bigarade		21
4	Arbre à thé		64
5	Menthe poivrée		48

## **Conclusion**

En conclusion, cette revue bibliographique a révélé la richesse et la diversité des applications des huiles essentielles, tant dans le domaine de la santé que dans d'autres secteurs tels que la cosmétique et l'agroalimentaire. Les recherches examinées ont mis en lumière les multiples propriétés thérapeutiques de ces composés naturels, ainsi que leurs mécanismes d'action prometteurs.

Cependant, pour exploiter pleinement le potentiel des huiles essentielles, plusieurs avenues de recherche restent à explorer. Tout d'abord, des études approfondies sont nécessaires pour mieux comprendre les interactions entre les composés actifs des huiles essentielles et leur impact sur la santé humaine. De plus, des recherches sur les techniques d'extraction et de purification visant à améliorer la qualité et l'efficacité des huiles essentielles sont essentielles pour garantir leur sécurité et leur efficacité.

Par ailleurs, il est impératif d'explorer davantage les applications potentielles des huiles essentielles dans des domaines émergents tels que la médecine intégrative et la thérapie complémentaire, où elles pourraient jouer un rôle important en tant qu'agents thérapeutiques naturels.

Enfin, une attention particulière devrait être accordée au développement de directives et de réglementations visant à encadrer l'utilisation des huiles essentielles, en veillant à ce qu'elles soient utilisées de manière sûre et éthique.

Dans l'ensemble, cette revue met en évidence l'importance de poursuivre les recherches dans ce domaine passionnant afin de tirer pleinement parti des avantages des huiles essentielles tout en garantissant leur utilisation responsable et leur intégration judicieuse dans les pratiques de santé et de bien-être.

## Références Bibliographiques

- Agence Française de la Sécurité Sanitaire des Produits de Santé. Recommandations relatives aux critères de qualité des huiles essentielles : Contribution pour l'évaluation de la sécurité des produits cosmétiques contenant des huiles essentielles [En ligne]. Mai (2008) ; Consulté le 12 Déc (2016). Disponible sur le site : <http://www.afssaps.sante.fr>
- Abascal, K., & Yarnell, E. (2003). Using rosemary, a traditional antirheumatic remedy, to improve rheumatoid arthritis symptoms. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 9(6), 739-750
- Ahmad, H.; Tijerina, M.T.; Tobola, A.S. (1997). Preferential over expression of a class MU glutathione S-transferase subunit in mouse liver by myristicin. *Biochem. Biophys. Res. Comm.* 236, 825-828
- Ali, B., Al-Wabel, N. A., Shams, S., Ahamad, A., Khan, S. A., & Anwar, F. (2015). Essential oils used in aromatherapy: A systemic review. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 5(8), 601-611
- Amsterdam, J. D., Li, Y., Soeller, I., Rockwell, K., Mao, J. J., Shults, J. (2009). A randomized, double-blind, placebo-controlled trial of oral *Matricaria recutita* (chamomile) extract therapy for generalized anxiety disorder. *Journal of Clinical Psychopharmacology*, 29(4), 378-382.
- Alvaez-Castellanos, P.P.; Pascual-Viialobos, M.J. (2003). Effect of fertilizer on yield and composition of flowerhead essential oil of *Chrysanthemum caronarium* (Asteraceae) cultivated in Spain. *Ind. Crops Prod.* 17, 77-81.
- Assad, Y.O.H. ; Torto, B. ; HassanaH, A. ; Njagi, P.G.N. ; Bashir, N.H.H. ; Mahamat, H. 1997. Seasonal variation in the essential oil composition of *Commiphora quadricincta* and its effect on the maturation of immature adults of the desert locust, *Schistocerca gregaria*. *Phytochemistry* 44, 833-8-
- Bag, A. et Chattopadhyay, RR. (2015). Evaluation of Synergistic Antibacterial and Antioxidant Efficacy of Essential Oils of Spices and Herbs in Combination. *PLoS One*, 10(7): e0131321 .41
- Belaiche P. (1979) - *Traité de phytothérapie et d'aromathérapie*. Tome 1 :

- l'aromatogramme. Éd. Maloine. Paris.
- Belghazi L., Lahlou N., Alaoui Ismaili M., Aboussaouira T., Habati N., TantaouiIraki A., Talbi M., Blaghen M., Fellat. Zarrook K., (2002), Extraction et analyse par chromatographie en phase gazeuse de l'huile essentielle de la Menthe pouliot test antifongique, Biochimie et santé
  - Béliveau, R.; Gingras, D. 2005. Les aliments contre le cancer. Édition du Trécarré. Outremont. 213
  - Bendahou, M.; Muselli, A.; Grignon-Dubois, M.; Benyoucef, M.; Desjobert, J.M.; Bernardini, J.F.; Costa, J. (2007). Antimicrobial activity and chemical composition of *Origanum glandulosum* Desf. essential oil and extract obtained by microwave extraction: Comparison with hydrodistillation. *Food Chem.* 106,132-139.
  - BERTHIER A., (1980) : Epices-aromates leurs huiles essentielles et oléorésines. Parfums, cosmétiques, arômes n°34- août/septembre (1980) ; pp 39-44.
  - Biotechnologie végétale. Les huiles essentielles [en ligne] (2012). [Consulté en Janvier 2018]. Disponible sur [http : mira biotéchnologievégétale.blogspot.com](http://mira.biotéchnologievégétale.blogspot.com)
  - Braga, P.C; Dal Sasso M.; Culici M.; GaSastri L; Marceca MX ; Guffanti E.E.; (2006). Antioxidant potential of thymol determined by chemiluminescence inhibition in human neutrophils and cell-free systems. *Pharmacology* 76, 61-68.
  - Bruneton, J. (1999). Pharmacognosie. Phytochimie des plantes médicinales. 2eme édition. Technique et Documentation Lavoisier. Paris. 915 p
  - Brunton J. Pharmacognosie photochimie plantes médicinales 3ème édition. Paris
  - Buchbauer, G., Jirovetz, L., Jäger, W., & Dietrich, H. (Eds.). (2010). Handbook of Essential Oils: Science, Technology, and Applications. CRC Press
  - Burt, S. (2004). Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods - a review. *Int. J. Food Microbiol.* 94, 223-253.
  - Butterfield D.; Lauderback, C. (2002). Lipid peroxidation and protein oxidation in Alzheimer's disease brain: potential causes and consequences involving amyloid beta-peptide associated free radical oxidative stress. *Free Radie. Biol. Med.* 32,1050-1060.

- Calcabrini, A.; Stringaro, A.; Toccaceli, L.; Meschini, S.; Marra, M.; Colone, M.; Salvatore, G.; Mondeilo, F.; Arancia, G.; Molinari, A. (2004). Terpinen-4-ol, the main component of *Melaleuca alternifolia* (tea tree) oil inhibits the in vitro growth of human melanoma cells. *J. invest. Dermatol.* 122, 349-360
- Caldefie-Chézet, F.; Guerry, M.; Chalchat, J.C.; Fusillier, C; Vasson, M.P.; Guillot, J. (2004). Antiinflammatory effects of *Malaleuca alternifolia* essential oil on human polymorphonuclear neutrophils and monocytes. *Free Radical Res.* 38, 805-811.
- Caldefie-Chézet, F. ; Fusillier, C ; Jarde, T. ; Laroye H. ; Damez, M. ; Vasson, M.P. (2006). Potential antiinflammatory effects of *Malaleuca alternifolia* essential oil on human peripheral blood leukocytes. *Phytother. Res.* 20, 364-370
- Carnesecchi, S. ; Bras-Gonçalves, R. ; Bradaia, A. ; Zeisel, M. ; Gossé, F. ; Poupon, M.F. ; Raul, F. (2004). Geraniol, a component of plant essential oils, modulates DNA synthesis and potentiates 5- fluorouracil efficacy on human colon tumor xenografts. *Cancer Lett.* 215, 53-59.
- Carnesecchi, S. ; LangSey, K. ; Exinger, F. ; Gossé, F. ; Raul, F. (2002). Geraniol, a component of plant essential oils, sensitizes human colonie cancer cells to 5- fluorouracil treatment. *J. Pharm. Exp. Ther.* 301, 625-630.
- Carson, C.F.; Cookson, B.D.; Farrelly, H.D.; Riley, T.V. (1995). Susceptibility of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* to the essential oil of *Melaleuca alternifolia*. *J. Antimicrob. Chemother.* 35, 421-424.
- Cavalieri, E. ; Mariotto, S. ; Fabrizi, C ; Carcereri de Prati, A. ; Gottardo, R. ; Leone, S. ; Berra, L.V. ; Lauro, G.M. ; Ciampa, Â.R. ; Suzuki, H. (2004). A-Bisabolol, a nontoxic natural compound, strongly induces apoptosis in glioma cells. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 315, 589-594.
- Chabert G. myrtacées et aromathérapie [thèse]. Faculté de pharmacie de Grenoble, Université Joseph Fourier, (2013).
- Chalchat J.K., Carry L. P., Menut C., Lamaty G., Malhuret R. and Chopineau J. (1997) – Correlation between chemical composition and antimicrobial activity. VI. Activity of some African essential oils. *J. Essent. Oil Res.*, 9: 67-75

- Chan, C.H.; Loudon, K.W. (1998). Activity of tea tree oil on methicillin resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA). *J. Hosp. Infect.* 39, 244-245
- Chizzola, R. (2003). Regular monoterpenes and sesquiterpenes (Essential oils) as repellents against fleas, ticks and mosquitos. In *International Symposium on Medicinal and Aromatic Plants* (Vol. 624, pp. 159-172).
- SALLE J-L., (2004) : Les huiles essentielles, synthèse d'aromathérapie. Editions Frison-Roche, 2ème édition. 220 p.
- MÖLLER K., (2008) : La distillation à l'alambic, un art à la portée de tous. Editorial UNICO. 152 P.
- CICILE J.-C., (2002) : Distillation. Absorption Etude pratique. *Techniques de l'ingénieur J 2610* pp 1-20.
- LEYBROS J. et FREMEAUX P., (1990) : Extraction solide-liquide, aspect théorique. *Techniques de l'ingénieur J 2780* pp 7-8.
- LAWRENCE B.M., (2009) (: A preliminary report on the world production of some selected essential oils and countries. *Perfumer&Flavorist*. Vol. 34, January (2009), pp: 38-47.
- Chebaibi, A., Marouf, Z., Rhazi-Filali, F., Fahim, M. et Ed-Dra, A. (2015). Évaluation du pouvoir antimicrobien des huiles essentielles de sept plantes médicinales récoltées au Maroc. *Phytotherapie*.14(6) : 355-362
- Chouiteh O. composition chimique et activité antibactérienne des huiles essentielles des feuilles de *Glycyrrhizaglabra* [thèse] Oran : Université d'Oran (2012).
- Chemat, F. ; Lucchesi, M.E. ; Smadja, J. ; Favretto, L ; Colnaghi, G. ; Visinoni, F. (2006). Microwave accelerated steam distillation of essential oil from lavender: A rapid, clean and environmentally friendly approach. *Anal. Chim. Acta* 555,157-160.
- CHEMAT F. (2011). *Eco-Extraction du végétal*. Ed, Dunod, Paris.322p.
- Courtial S. précis d'aromathérapie vétérinaire à l'usage des pharmaciens d'officine [thèse]. Université de Nante, faculté de pharmacie. (2005)

- Cowan M. M., (1999), plant products as antimicrobial agent, clinical microbiology reviews, 12 (4), 564-582
- Cox, S.D., C.M. Mann, et al., (2000), The mode of antimicrobial of the essential oils of *Melaleuca alternifolia* tea tree oil, Journal of applied microbiology, 88-1,170-175).
- Daferera D.J., Zioga B.N., Polissiou M.G., (2003), The effectiveness of plant essential oils on the growth of *Botrytis cinerea*, *Fusarium* sp. And *Clavibacter michiganensis*», Vol.22, Group protection
- Dasilva F. Utilisation des huiles essentielles en infectiologie ORL [thèse]. Université Henricare-Nancy, (2010)
- De L', M. (n.d.). REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE.
- De Sousa, A.; Alviano, A.; Blank, A.; Alves, P.; Alviano, C; Gattass, C. (2004). *Melisa officinalis* L essential oil: antitumoral and antioxidant activities. J. Pharm. Pharmacol. 56, 677-681.
- Dorosso Sonate J. Composition chimique des huiles essentielles extraites de plantes aromatiques de la zone soudanienne du Burkina Faso : valorisation. Université Ouagadougou. (2002)
- Dorman H.J.D, and Deans H.J.D. (2000) - Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. Journal of Applied Microbiology. 88 (2) 308–316,
- Dryden, M.S.; Daiily, S.; Crouch, M. (2004). A randomized controlled trial of tea tree topical preparations versus a standard topical regimen for the clearance of MRSA colonization. J. Hosp. Infect. 58, 86-87.
- Edris, A.E.; Shalaby, A.; Fadel, H. 2003. Evaluation of a chemotype of spearmint (*Mentha spicata* L) growing in Siwa Oasis, Egypt. Eur. Food Technol. 218, 74-78.
- Edris, A.E. (2007). Pharmaceutical and therapeutic potentials of essential oils and their individual volatile constituents: A review. Phytother. Res. 21, 308-323
- El Atki, Y., Aouam, I., El Kamari, F., Taroq, A., Nayme, K., Timinouni, M.,

- Lyoussi, B. et Abdellaoui, A. (2019). Antibacterial activity of cinnamon essential oils and their synergistic potential with antibiotics. *J Adv PharmTechnol Res.*10 :63-67.
- Fabian, D.; Sabol, M.; Domaracké, K.; Bujnéková, D. 2006. Essential oils - their antimicrobial activity against *Escherichia coli* and effect on intestinal cell viability. *Toxicol. in vitro* 20, 1435-1445.
  - Farhat, A. (2010). Vapo-diffusion assistée par micro-ondes : conception, optimisation et application. Thèse de Doctorat en Sciences (option : Sciences des Procédés, Sciences des Aliments), Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse (France) & Ecole Nationale d'Ingénieurs de Gabès (Tunisie)
  - Flamini, G. ; Tebano, M. ; Cioni, P.L; Ceccarini, L ; Ricci, A.S. ; Longo, I. 2007. Comparison between the conventional method of extraction of essential oil of *Laurus nobilis* L and a novel method which uses microwaves applied in situ, without resorting to an oven. *J. Chromatogr. A* 1143, 36-40.
  - Flaxman, D.; Griffiths, P. (2005). Is tea tree oil effective at eradicating MRSA colonization? A review. *Br. J. Community Nurs.* 10,123-126
  - Franchomme P, Jollois R, Pénoël D. L'aromathérapie exactement : encyclopédie de l'utilisation des extraits aromatiques. Paris : Edition Roger Jollois. (2001)
  - Franchomme, P. ; Pénoël, D. (1990). L'aromathérapie exactement. Encyclopédie de l'utilisation thérapeutique des huiles essentielles. Roger Jollois éditeur. Limoges. 445 p
  - Franchomme, P. ; Pénoël, D. (1990). L'aromathérapie exactement. Encyclopédie de l'utilisation thérapeutique des huiles essentielles. Roger Jollois éditeur. Limoges. 445 p
  - Franchomme, P. ; Pénoël, D. (1990). L'aromathérapie exactement. Encyclopédie de l'utilisation thérapeutique des huiles essentielles. Roger Jollois éditeur. Limoges. 445 p
  - Gardner, P. (1997). Superoxide-driven a conitase FE-S center cycling. *Bioscience Rep.* 17, 33-42
  - Garner J. (1996) - Huiles essentielles. Dossier : K345. Base documentaire :

- Constantes physico-chimiques. vol. papier n° : K2.
- GOUDJIL Mohamed Bilal. Composition chimique, activité antimicrobienne et antioxydant de trois plantes aromatiques. Thèse de Doctorat. UNIVERSITE KASDI MERBAH – OUARGLA.2016. P54
  - Göbel, H., Schmidt, G., & Dworschak, M. (1994). Essential plant oils and headache mechanisms. *Phytomedicine*, 1(2), 182-183.
  - Guba, R. (2001). Toxicity myths - essential oils and their carcinogenic potential. *Int. J. Aromather.* 11, 76-83
  - Gülçin, İ., Elmastaş, M., & Aboul-Enein, H. Y. (2012). Antioxidant activity of clove oil—A powerful antioxidant source. *Arabian Journal of Chemistry*, 5(4), 489-499
  - Haddad D, Hadji D. Contribution à l'étude des huiles essentielles de *Myrtuscommunis* L. [thèse]. Université Mouloud Mammeri. Tizi ouzou, (2016)
  - Hamadou et Touki, (2017). Extraction, Caractérisation des huiles essentielles des épices : Girofle, Poivre Noir. Université KasbiMerbah (Ouargla).
  - Hart, P.H.; Brand, C; Carson, CF.; Riley, T.V.; Prager, R.H.; Finlay-Jones, J.J. (2000). Terpinen-4-ol, the main component of the essential oil of *Malaleuca altemifolia* (tea tree oil), suppresses inflammatory mediator production by activated human monocytes. *Inflamm. Res.* 49, 619- 626
  - Hellali Naima, (2007). Evaluation de quelques modes d'extraction en fonction de la composition chimique dans la plante *Cymbopogon Schoenanthus* (L.) de la région de Illizi Université KasbiMerbah (Ouargla).
  - [https://www.vaucanson.org/php5/Accueil/attachments/article/743/Distillation\\_four\\_solaire.pdf](https://www.vaucanson.org/php5/Accueil/attachments/article/743/Distillation_four_solaire.pdf)
  - Homburger, F.; Boger, E. (1968). The carcinogenicity of essential oils, flavors and spices: A review. *Cancer Res.* 28, 2372-2374
  - Hulin V., Mathol A.G., Mafart P. et Dufosse L., (1998), Les propriétés antimicrobiennes des huiles essentielles et composés d'arôme, Vol.18, science des aliments, pp 563-582

- Hulin V., Mathot A.G., Mafart P. et Dufossé L. (1998) - Les propriétés antimicrobiennes des huiles essentielles et composés d'arômes. Sciences des aliments, 18 : 563-582
- Inouye S., Tsuruoka., Watanabe M., Takeo K., Akao M., Nishiyama Y. and Yamaguchi H. (1998) - Inhibitory effect of essential oils on apical growth of *Aspergillus fumigatus* by vapour contact. Mycoses. 43 (1): 17–23.
- Jammaledine M. Extraction et caractérisation de la composition des huiles essentielles de *Juniperus phoenicea* et *Juniperus oxycedrus* du Moyen Atlas [Mémoire]. Université sidi mohammed ben abdellah. Fès, (2010).
- J. Smadja, Les Huiles Essentielles, Thèse doctorat, Université de La Réunion, France, (2009).
- Kachetel L, Sahmi A. ÉTUDE DE L'ACTIVITÉ ANTIMICROBIENNE DE L'HUILE ESSENTIELLE EXTRAITE DES FRUITS DE *Coriandrum sativum* L. [Mémoire]. Université UMMTO, (2016)
- Kalembe, D.; Kunicka, A. (2003). Antibacterial and antifungal properties of essential oils. *Curr. Med. Chem.* 10, 813-829
- . Kalembe, D. et Kunicka, A. (2003). Antibacterial and antifungal properties of essential oils. *Current Medicinal Chemistry*. 10 : 813-829.
- Kalembe, D. et Kunicka, A. (2003). Antibacterial and antifungal properties of essential oils. *Current Medicinal Chemistry*. 10 : 813-829.
- Kaloustian J, Hadji-Minaglo F. La connaissance des huiles essentielles : qualilogie et aromathérapie. Paris. Edition Springer. (2012)
- Katarzyna, L., Majcher, M., Czaczyk, W.J.K. et Komosa, M. (2020). Comparative Evaluation of *Piper nigrum*, *Rosmarinus officinalis*, *Cymbopogon citratus* and *Juniperus communis* L. Essential Oils of Different Origin as Functional Antimicrobials in Foods. *Foods*.9 : 141.
- KesbiAmrane, (2001). Etude des propriétés physico chimique et évaluation l'activité biologique des huiles essentielles D'eucalyptus Globuls Dans la région de (ouargla). Université KasbiMerbah (Ouargla).

- KIMBALL D.A., 1999: Citrus processing: A complete guide. Second edition, Aspen Publication inc. 435 p.
- Kim, S.G.; Liem, A.; Stewart, B.C.; Miller, J.A. (1999). New studies on trans-anethole oxide and trans-asarone oxide. *Carcinogenesis*. 20,1303-1307
- Koh, K.J.; Pearce, A.L.; Marshman, G.; Finlay-Jones, J.J.; Hart, P.H. (2002). Tea tree oil reduces histamine-induced skin inflammation, *Br. J. Dermatol.* 147,1212-1217
- Kurkin, V.A. (2003). Phenylpropanoids from medicinal plants. Distribution, classification, structural analysis and biological activity. *Chem. Nat. Compd.* 39,123-153.
- Koulivand, P. H., Khaleghi Ghadiri, M., & Gorji, A. (2013). Lavender and the nervous system. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2013, 681304.
- Komiya, M., Takeuchi, T., & Harada, E. (2006). Lemon oil vapor causes an anti-stress effect via modulating the 5-HT and DA activities in mice. *Behavioural Brain Research*, 172(2), 240-249
- Lahmar, A., Bedoui, A., Mokdad-Bzeouich, I., Dhaouifi, Z., Kalboussi, Z., Cheraif, I., Ghedira, K. et Chekir-Ghedira, L. (2016). Reversal of resistance in bacteria underlies synergistic effect of essential oils with conventional antibiotics. *MicrobialPathogenesis*: 1-10
- Lee, B.K. ; Kim, J.H. ; Jung, J.W. ; Choi, J.W. ; Han, E.S. ; Lee, S.H. ; Ko, K.H. ; Ryu, J.H. (2005). Myristicin-induced neurotoxicity in human neuroblastoma MSK-N-SH cells. *Toxicol. Lett.* 157, 49-56.
- Legault, J.; Dahl, W.; Debiton, E.; Pichette, A.; Madelmont, J.C. (2003). Antitumor activity of balsam fir oil: Production of reactive oxygen species induced by a-humulene as possible mechanism of action. *Planta Med.* 69, 402-407.
- Li, Y. ; Li, M. ; Wang, L. ; Jiang, Z. ; Li, W. ; Li, H. 2004. Induction of apoptosis of cultured hepatocarcinoma cell by essential oil of *Artemisia annul* L. *Sichuan Da ueXue Bao Yi Xue Ban* (article en chinois). 35, 337-339 (Résumé en anglais disponible sur [www.pubmed.org](http://www.pubmed.org)).

- Loi 85-5 du 16 février 1985 relative à la protection et à la promotion de la santé.
- Lopes, N.P.; Kato, M.J.; Aguiar Andrade, H, Soares Maia, J.G.; Yoshida, M. (1997). Orcadian and seasonal variation in the essential oil from *Virolasurinamensis* leaves, *Phytochemistry* 46, 689-693
- Lucchesi, M.E.; Chemat, F.; Smadja, J. (2004). Solvent free microwave extraction of essential oil from aromatic herbs: Comparison with conventional hydro-distillation. *J. Chromatogr. A* 1043, 323-327.
- Lucchesi, M.E.; Smadja, J.; Bradshaw, S.; Louw, W.; Chemat, F. 2007. Solvent free microwave extraction of *Elletaria cardamomum* L: A multivariate study of a new technique for the extraction of essential oil. *J. Food Engineer.* 79,1079-1086
- Maruyama, N.; Sekimoto, N.; Ishibashi, H. (2005). Suppression of neutrophil accumulation in mice by cutaneous application of geranium essential oil. *J. inflamm,* 2,1-11.
- MAURIANNE Piochon, Etudes des huiles essentielles D'espèces végétales de la flore laurentienne composition chimique, activités pharmacologique et Hémisynthèse, mémoire, (2008).
- Mayer F. utilisation thérapeutique des huiles essentielles. Etude de cas en maison de retraite. [Thèse] Université de Lorraine, (2012)
- MC. Martini, M. Seiller, Actifs et additifs en cosmétologie. Procédés d'extraction des huiles essentielles, Editions Tec & Doc, Editions médicales internationales, Paris, (1999), p 563.
- Mengel, P.; Beh, D.; Bellido, G.M.; Monpon, B. (1993). VHMD : extraction d'huile essentielle par micro-ondes. *Parfums Cosmétiques Arômes* 114, 66-67
- Miladinović, D.L., Budimir, S.I., Ljiljana, C.M., Branislava D.K., Vojislav M. Ć., Vesna, P.S-J. et Olga, G.C. (2013). Antibacterial Activity of *Thymus pulegioides* Essential Oil and its Synergistic Potential with Antibiotics: A Chemometric Approach. *RPMPEssentialOils III and Phytopharmacology*, 38 : 102-136
- Milner, J.Â. (2001). A historical perspective on garlic and cancer. Recent advances on the nutritional effects associated with the use of garlic as a supplement. *J. Nutr.* 131, 1027- 1031.

- Milner, J.Â. (2006). Preclinical perspectives on garlic and cancer. Significance of garlic and its constituents in cancer and cardiovascular disease. *J. Nutr.* 136, 827-831.
- MÖLLER K., (2008) : La distillation à l'alambic, un art à la portée de tous. Editorial UNICO. 152 P.
- Modzelewska, A. ; Sur, S. ; Kumar, K.S. ; Khan, S.R. (2005). Sesquiterpenes: Natural products that decrease cancer growth. *Curr. Med.Chem. -Anti-cancer Agents* 5,477-499
- Mockute, D.; Bernotiene, G.; Judzentiene, A. (2001). The essential oil of *Origanum vulgare* L. ssp. *vulgare* growing wild in Vilnius district (Lithuania). *Phytochemistry* 57, 65-69
- Muther L. Utilisation des huiles essentielles chez l'enfant [thèse]. Faculté de pharmacie de Clermont Ferrand, (2015)
- Naganuma, M.; Hirose, S.; Nakayama, Y.; Nakajima, K.; Someya, T. 1985. A study of the phototoxicity of lemon oil. *Arch. Dermatol. Res.* 278, 31-36.
- Oliveira, J.B., Teixeira, M.A., de Paiva, L.F., de Oliveira, R.F., dos AnjosMendonc, A.R. et de Brito, M.J.A. (2019). *Microbial Drug Resistance*. Vol 00, n° (00).
- Ouis N. Etude chimique et biologique des huiles essentielles de coriandre, de fenouil et de persil [thèse]. Université d'Oran, (2015)
- Ozkan, G., Sagdic, O., Baydar, N. G., & Baydar, H. (2010). Antioxidant and antibacterial activities of *Rosa damascena* flower extracts. *Food Science and Technology International*, 16(4), 375-385.
- Paena, A.T. ; D'Aquila, P.S. ; Panin, F. ; Pippia, P. ; Moretti, M.D.L. (2002). Anti-inflammatory activity of linalool and linalyl acetate constituents of essential oils. *Phytomedicine* 9, 721-726.
- Parejo, I., Viladomat, F., Bastida, J., Schmeda-Hirschmann, G., Burillo, J., Codina, C., & Viladomat, F. (2001). Comparison between the radical scavenging activity and antioxidant activity of six distilled and nondistilled Mediterranean herbs and aromatic plants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(6), 2472-2476.

- Pellerin, P. (1991). Supercritical fluid extraction of natural raw materials for the flavour and perfume industry. *Perfum. Flavor.* 16,4, 37-39.
- Pauli, A. (2001). Antimicrobial properties of essential oil constituents. *Int. J. Aromather.* 11, 126- 133
- PEYRON L., (1992) : Techniques classiques actuelles de fabrication des matières premières naturelles aromatiques. Chapitre 10, pp 217 – 238. Cité In : Les arômes alimentaires. Coordinateurs RICHARD H. et MULTON J.-L. Ed. Tec & Doc-Lavoisier et Apria. 438 p.
- Pina-Vaz C., Rodrigues A.G., Pinto E., Costa-de-Oliveira S., Tavares C., Salgueiro L, Cavaleiro C., Gonçalves M.J. and Martinez-de-Oliveira J. (2004) - Antifungal activity of Thymus oils and their major compounds. *J. Acad. Dermatol. Venereol.* 18: 73–78
- Proust, B. (2006). *Petite Géométrie des Parfums.* Éditions du Seuil. Paris. 126 p.
- Piochon, M., Étude des huiles essentielles d'espèces végétales de la flore laurentienne : composition chimique, activités pharmacologiques et héli-synthèse. (2008) : ProQuest.
- Pyun, M.S.; Shin, S. (2006). Antifungal effects of the volatile oils from *Asium* plants against *Trichophyton* species and synergism of the oils with ketoconazole. *Phytomedicine* 13, 394- 400
- Rai M.K., Acharya D. and Wadegaonkar P. (2003) - plant derived-antimycotics: potential of Asteraceous plants, In : plant-derived antimycotics : Current Trends and Future prospects, Haworth press, N-York, London, Oxford. 165-185.
- Rasooli I., Rezaei B. and Allameh A. (2005) - Growth inhibition and morphological alterations of *Aspergillus niger* by essential oils from *Thymus eriocalyx* and *Thymus x-porlock*. *Food Control.* 16 (10), 859-866.
- RICHARD H. et LOO A. (1992), Nature, Origine et Propriétés des Epices et des Aromates Bruts : in RICHARD H., Aromates & épices, Tec. & Doc. Lavoisier, Paris, p. 17-69 et p. 213238
- Richard, H. (1992). *Épices et Aromates.* Technologie et Documentation Lavoisier. Paris. 339 p

- Robert, G. (2000). *Les Sens du Parfum*. Osman EroyllsMultimedia. Paris. 224 p
- Saiyudthong, S., & Marsden, C. A. (2011). Acute effects of bergamot oil on anxiety-related behaviour and corticosterone level in rats. *Phytotherapy Research*, 25(6), 858-862
- Sell, C.S. (2006). *The Chemistry of Fragrance. From Perfumer to Consumer*. 2nd edition. The Royal Society of Chemistry. Cambridge. 329 p
- Smith, C.K. ; Moore, C.A. ; Alahi, E.N. ; Smart, Â.T. ; Hotchkiss, S.A. (2000). Human skin absorption and metabolism of the contact allergens, cinnamic aldehyde and cinnamic alcohol. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 168,189-99
- Srivastava, J. K., Shankar, E., & Gupta, S. (2010). Chamomile: A herbal medicine of the past with bright future. *Molecular Medicine Reports*, 3(6), 895-901
- Sylvestre, M. ; Pichette, A. ; Lavoie, S. ; Longtin, A. ; Legault, J. (2007). Composition and cytotoxic activity of the leaf essential oil of *Comptonia peregrina*: L *Phytother. Res.* 6, 536-54
- Sylvestre, M.; Legault, J.; Dufour, D.; Pichette, A. (2005). Chemical composition and anticancer activity of leaf essential oil of *Myrica gale* L *Phytomedicine* 12, 299-304.
- Tepe B., Daferera D., Sokmen A., Sokmen M., and Polissiou M. (2005) - Antimicrobial and antioxidant activities of the essential oil and various extracts of *Salvia tomentosa* Miller (Lamiaceae). *Food Chemistry*. 90: 333–340.
- Thompson, J.D.; Chalchat, J.C.; Michet, A.; Linhart, Y.B.; Ehlers, B. (2003). Qualitative and quantitative variation in monoterpene co-occurrence and composition in the essential oil of *Thymus vulgaris* chemotypes. *J. Chem. Ecol.* 29, 859-880
- Tisserand, R., & Young, R. (2014). "Essential Oil Safety: A Guide for Health Care Professionals" (2nd ed.). Churchill Livingstone.
- Vasconcelos Silva, M.G.; Craveiro, A.A.; Abreu Matos, F.J.; Machado, M.I.L.; Alencar, J.W. (1999). Chemical variation during daytime of constituents of the essential oil of *Ocimum gratissimum*. *Fitoterapia* 70, 32-34.

- -Velé H. Valorisation officinale des huiles essentielles autorisées dans les phytomédicaments [thèse]. Université Angers, (2015).
- vila, R.; Mundina, M.; Tomi, F.; FurSan, R.; Zacchino, S.; Casanova, J.; Canigüeral, S. 2002. Composition and antifungal activity of the essential oil of *Solidago chilensis*. *Planta med.* 68, 164-167
- Wenqtang, G.; Shufen, L.; Ruixiang, Y.; Shaokun, T.; Can, Q. (2007). Comparison of essential oils of clove buds extracted with supercritical carbon dioxide and other three traditional extraction methods. *Food chem.* 1001,1558-1564
- Wiseman, R.W.; Miller, E.C.; Liem, A. (1987). Structure-activity studies of the hepatocarcinogenicities of alkenylbenzene derivatives related to estragole and safrole on administration to preweanling male C57BL/6J x C3H/HeJ FI mice. *Cancer Res.* 47, 2275- 2283.
- Wu, C.C. ; Sheen L.Y. ; Chen, H.W.; Kuo, W.W.; Tsai, S.J.; Lii, C.K. (2002). Differential effects of garlic oil and its three major organosulfur components on the hepatic detoxification system in rats. *J. Agric. Food Chem.* 50, 378-383
- Xu, P., Wang, K., Lu, C., Dong, L., Gao, L., Yan, M., & A. (2015). Anxiolytic-like effects of trans- $\alpha$ -santalol in a pharmacological model of anxiety in mice. *Neuroscience Letters*, 597, 27-31
- Yu, L., Haley, S., Perret, J., Harris, M., & Wilson, J. (2002). Antioxidant properties of hard winter wheat extracts. *Food Chemistry*, 78(4), 457-461.
- Zanolli, P., & Avallone, R. (2002). Pharmacognostic and pharmacological profile of *Pogostemon cablin* Benth. *Journal of Ethnopharmacology*, 79(2), 189-198
- Zheng, G.; Kenny, P.; Lam, L. (1992). Inhibition of benzo[a]-pyrene-induced tumorigenesis by myristicin, a volatile aroma constituent of parsley leaf oil. *Carcinogenesis* 13,1921-1923

## Résumé

Les huiles essentielles, extraits aromatiques de plantes, sont obtenues par divers procédés d'extraction, notamment la distillation à la vapeur d'eau et la pression mécanique. Elles contiennent une variété de composés chimiques, tels que des terpènes, des esters et des alcools, qui leur confèrent des propriétés biologiques diverses. Ces huiles essentielles présentent des activités biologiques remarquables, notamment des propriétés antimicrobiennes, anti-inflammatoires et relaxantes. Leur utilisation en aromathérapie, cosmétique et médecine alternative est répandue, bien que la prudence soit de mise en raison de leur concentration élevée. La recherche continue à explorer leurs applications potentielles dans le domaine de la santé et du bien-être.

## Abstract

Essential oils, aromatic plant extracts, are obtained through various extraction methods, including steam distillation and mechanical pressing. They contain a range of chemical compounds, such as terpenes, esters, and alcohols, which give them diverse biological properties. Essential oils exhibit remarkable biological activities, including antimicrobial, anti-inflammatory, and relaxing properties. They are widely used in aromatherapy, cosmetics, and alternative medicine, although caution is necessary due to their high concentration. Ongoing research continues to explore their potential applications in health and well-being.