

RÉPUBLIQUE ALGERIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITÉ SAAD DAHLAB - BLIDA 1 -

FACULTÉ DE MÉDECINE  
DÉPARTEMENT DE PHARMACIE

*THÈME*

ETUDES DES HUILES ESSENTIELLES DE  
DEUX ESPECES DE LAVANDE :  
LAVANDULA ANGUSTIFOLIA ET  
LAVANDULA STOECILAS

Thèse d'exercice de fin d'études

Présentée en vue de l'obtention du Diplôme de Docteur en Pharmacie

Session : juillet 2021.

Présentée par :

- BABOU Houria.
- FARAH Fatima.

Devant le jury :

- *Présidente* : Dr. BENEGUERGOURA.H Maitre de conférences en Chimie.
- *Examinatrice* : Dr. MELIANIS Maitre Assistante en Pharmacognosie.
- *Promotrice* : Dr. GUERFLB Maitre Assistante en Chimie Thérapeutique.

## *Remerciements*

*Nous remercions le bon DIEU de nous avoir donné la volonté et la patience qui nous ont permis de mener à bien ce travail.*

*Nous exprimons nos plus vifs remerciements à Dr GUERFI. B pour son encadrement scientifique, sa disponibilité, ses conseils pertinents. Merci de nous avoir guidées avec patience pour mener à bon terme ce travail.*

*Nous tenons à remercier Dr BENAZIZ chef du département de pharmacie faculté de médecine à l'université SAAD DAHLEB de Blida.*

*Nous adressons nos sincères remerciements aux membres du jury chargé d'examiner la soutenance de notre projet de fin d'étude.*

*Sans oublier Mr BOUTOUMI et Madame BOUCHAREB Djamilia pour l'excellent accueil, les précieux conseils avisés et leur aide durant toute la période du travail.*

## *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail à :*

*Mes très chers parents Kouider et MESSABIS Mazia*

*Aucun mot ne serait suffisant pour vous exprimer ma gratitude, mon amour et mon respect envers vous. C'est surtout grâce à vous qui ne vous lassiez jamais, vos sacrifices, votre soutien et votre courage qui ont fait de moi la personne que je suis aujourd'hui. Je vous remercie pour tous les sacrifices, l'amour que vous m'avez apporté depuis mon enfance et même jusqu'à présent, en espérant que vous puissiez trouver ici le témoignage de ma reconnaissance et de ma grande affection.*

*À mes chères sœurs Nacera et Meriem, Ikram*

*À mon frère Mohammed*

*Ma meilleure amie Selma, qui m'a beaucoup aidée et soutenue dans les moments difficiles et qui a été près de moi dans les moments de foudres ou de larmes, et que je remercie infiniment.*

*À mes chers parents: Kouider et Mazia*

*D'abord pour la sponsorship de*

*Mes études, pour leur amour immense et incontestable, leur soutien inébranlable, leur foi en moi, leur confiance dans mes choix, leur patience à tout égard... Pour tout le temps passé avec vous... Je suis consciente d'avoir des parents merveilleux en qui j'ai une confiance totale et un amour sans faille. Merci pour tout.*

*À mon frère: Mohammed*

*À mes sœurs: Nacera et Meriem et Ikram*

*À mes amis : Fatima, Selma*

*À toute ma famille Babou*

**BABOU Houria**

## *Dédicace*

*Je dédie le fruit de ce modeste travail comme un geste de gratitude  
A mes chers parents : mon père, qui a toujours sanctifié la science et glorifié  
chaque pas que je fais vers le succès, en me soutenant, et m'encourageant.*

*A ma mère, dont ses supplications ne m'ont jamais quitté... à la tendre  
poitrine, à celle qui m'a appris la patience, à ma tendre mère.*

*A mes chers frères :*

*Walid, qui est mon épine dorsale dans le vrai sens du terme. Aucun mot ne  
remplira son droit.*

*Hamid : mon soutien à tous égards, pourvu qu'il essuie mes larmes quand  
j'étais secoué.*

*SidAhmed : son objectif est un doctorat... voici un doctorat que je vous  
dédie.*

*Ibrahim : mon jumeau, on a partagé tout, et aujourd'hui tu partages avec  
moi ma joie... Nous différons dans nos spécialités, mais la réussite est notre  
objectif commun.*

*Ma petite fille, ma sœur cadette, Halima, que je la souhaite la réussite telle  
celle-ci et beaucoup plus...*

*Et toi ma binôme Houria qui a partagé ce travail avec moi, j'ai eu l'honneur  
de travailler avec toi, je te remercie pour chaque, moment et pour chaque  
étape que nous avons passés ensemble.*

*A mes amies proches sans exception : Haç'jer, Saida, Sarah.*

*Et les chères : Meriem, Imen, Aicha, Fatouma, Fatima, Aziza, Soumia ;  
Hanane, Naima.*

**FARAH Fatima**

## ***LISTE DES FIGURES***

<b>Figure 1:</b> Structure de l'isoprène .....	14
<b>Figure 2:</b> Sesquiterpènes rencontrés dans les huiles essentielles .....	16
<b>Figure 3:</b> Composés aromatiques rencontrés dans les huiles essentielles .....	17
<b>Figure4 :</b> Les grandes voies métaboliques et principales molécules-clés de la biosynthèse au sein de la cellule végétale des molécules retrouvées dans les huiles essentielles .....	20
<b>Figure5 :</b> Précurseur de la voie terpénique .....	20
<b>Figure 6:</b> Structure de l'acétyl Coenzyme A .....	21
<b>Figure 7:</b> Schéma de la Biosynthèse des terpènes par la voie de l'acide mévalonique .	23
<b>Figure 8:</b> Schéma de la Biosynthèse des terpènes par la voie du méthylérythritol phosphate .....	24
<b>Figure 9:</b> Biosynthèse des dérivés phénylpropaniques .....	25
<b>Figure10:</b> Schéma de montage de l'entraînement à la vapeur d'eau .....	33
<b>Figure11:</b> Schéma du dispositif de l'hydro-diffusion .....	34
<b>Figure12:</b> Schéma de montage de l'hydro-distillation .....	35
<b>Figure13:</b> Schéma du dispositif de l'expression à froid .....	36
<b>Figure14:</b> Photos du dispositif de l'enfleurage à froid .....	37
<b>Figure15:</b> Schéma démonstratif de la cavitation ultrasonore .....	39
<b>Figure16:</b> Schéma du procédé de l'extraction par <b>CO2</b> supercritique .....	40
<b>Figure17:</b> Schéma du procédé de la Turbo Hydro-distillation .....	41
<b>Figure18:</b> Extraction par solvant assistée par micro-ondes .....	43

<b>Figure19:</b> Schéma du procédé d'extraction par entrainement à l'air assisté par micro-ondes.....	44
<b>Figure20:</b> Hydrodistillation assistée par micro-ondes (HDMC).....	44
<b>Figure21:</b> Schéma de montage de l'extraction sans solvant assistée par micro-ondes (SFME).....	45
<b>Figure 22:</b> Mode d'action toxique du pulégone.....	70
<b>Figure23 :</b> schéma de cyme bipare et unipare scorpoïde.....	78
<b>Figure24:</b> Corolle de Lamiaceae :Rosmarinus.....	79
<b>Figure25:</b> " <i>Lavandula stoechas</i> ".....	80
<b>Figure26:</b> Répartition géographique de " <i>lavandula stoechas</i> ".....	81
<b>Figure27:</b> Feuilles de « <i>lavandula stoechas</i> ».....	82
<b>Figure28:</b> Fleures de lavande papillon.....	83
<b>Figure29 :</b> Corolle de " <i>lavandula stoechas</i> ".....	83
<b>Figure30:</b> " <i>Lavandula angustifolia</i> ".....	86
<b>Figure31:</b> Répartition géographique de " <i>Lavandula angustifolia</i> ".....	87
<b>Figure32:</b> Feuilles de " <i>Lavandula angustifolia</i> ".....	88
<b>Figure33:</b> Fleurs de lavande vraie ].....	88
<b>Figure34:</b> Localisation de Chréa.....	92
<b>Figure35:</b> Localisation géographique de Constantine.....	93
<b>Figure36:</b> Etapes de la méthode de double coloration.....	97
<b>Figure37:</b> A. Poudre de la lavande papillon.....	97
<b>Figure38:</b> Dispositif d'extraction des huiles essentielles par hydrodistillateur type Clevenger.....	99
<b>Figure39:</b> Réfractomètre d'Abbe.....	101

<b>Figure40:</b> Montage de titrage.....	103
<b>Figure41:</b> Titration de l'excès de KOH par du HCl. ....	104
<b>Figure42:</b> Observation d'une coupe transversale de la feuille de " <i>Lavandula stoechas</i> " au microscope optique (G10×10). ....	107
<b>Figure43:</b> Observation des poils tecteurs au niveau de la feuille de " <i>Lavandula stoechas</i> " au microscope optique (G×40). ....	107
<b>Figure44:</b> Observation des poils sécréteurs au niveau de la feuille de <i>lavandula stoechas</i> au microscope optique (G×40). ....	108
<b>Figure45:</b> Observation d'une coupe transversale de la feuille de " <i>lavandula angustifolia</i> " au microscope optique (G10×10). ....	108
<b>Figure46:</b> Observation des poils tecteurs et sécréteurs de la feuille de <i>lavandula angustifolia</i> au microscope optique (G×40). ....	109
<b>Figure47:</b> Observation de la poche sécrétrice de la lavande vraie au microscope optique (G×40). ....	109
<b>Figure48:</b> Observation des poils tecteurs et sécréteurs de la poudre de lavande papillon au microscope optique (G×40). ....	110
<b>Figure49:</b> Observation des poils tecteurs de la poudre de lavande vraie au microscope optique (G×40). ....	111
<b>Figure50:</b> Observation d'une poche sécrétrice de la poudre de la lavande vraie au microscope optique (G×40). ....	111
<b>Figure51:</b> Observation des poils tecteurs de poudre de la lavande vraie. ....	112
<b>Figure52:</b> A. Huile essentielle de la " <i>lavandula stoechas</i> ". B. Huile essentielle " <i>Lavandula angustifolia</i> ". ....	113

## ***LISTE DES TABLEAUX***

<b>Tableau 1:</b> Classification des plantes médicinales selon leurs effets.....	5
<b>Tableau 2:</b> Monoterpènes acycliques et cycliques rencontrés dans les huiles essentielles.....	15
<b>Tableau 3 :</b> Différentes chémotypes d'huile essentielle de ty m.....	19
<b>Tableau 4:</b> Posologies indicatives de l'utilisation des huiles essentielles par voie orale. .....	27
<b>Tableau 5:</b> Posologie indicative des huiles essentielles pour une utilisation en diffusion .....	30
<b>Tableau 6:</b> Avantages et inconvénients de la voie olfactive.....	31
<b>Tableau 7:</b> Posologie indicative des huiles essentielles pour une application cutanée.	32
<b>Tableau 8:</b> Liste des huiles essentielles dont la délivrance au public est réservée aux pharmaciens .....	51
<b>Tableau 9:</b> Exemples des huiles essentielles pouvant être utilisées dans les produits cosmétiques .....	54
<b>Tableau 10:</b> Listes de certaines HE actives sur les champignons pathogènes .....	60
<b>Tableau 11:</b> Interactions médicamenteuses avec les huiles essentielles par VO .....	75
<b>Tableau 12:</b> Classification et systématique de « Lavandula stoechas » .....	80
<b>Tableau 13:</b> Classification et systématique de Lavandula angustifolia .....	85
<b>Tableau 14:</b> Composition chimique de l'huile essentielle de « Lavandula angustifolia » .....	89
<b>Tableau 15:</b> Coordonnées géographiques des régions de récolte.....	93
<b>Tableau 16:</b> Listes des réactifs utilisés dans la partie pratique.....	94
<b>Tableau 17:</b> Conditions opératoires liées à l'hydrodistillation : .....	100



<b>Tableau 18:</b> Rendement des extractions des huiles essentielles des deux étudiées.....	112
<b>Tableau 19:</b> Caractères organoleptiques des huiles essentielles de “ <i>Lavandula stoechas</i> ” et “ <i>Lavandula angustifolia</i> ”.....	113
<b>Tableau 20:</b> Densité relative de “ <i>Lavandula stoechas</i> ” et “ <i>Lavandula angustifolia</i> ”...	113
<b>Tableau 21:</b> Indice de réfraction des HEs des espèces étudiées.....	114
<b>Tableau 22:</b> Indices d’acide des HEs des espèces étudiées.....	114
<b>Tableau 23:</b> Indices de saponifications des HEs de “ <i>Lavandula stoechas</i> ” et “ <i>Lavandula angustifolia</i> ”.....	115
<b>Tableau 24:</b> Comparaison des caractères organoleptiques de nos huiles essentielles avec les normes.....	117
<b>Tableau 25:</b> Comparaison des densités relatives et des indices de réfraction de nos huiles essentielles avec les normes de la Pharmacopée Européenne 7ème édition.....	117
<b>Tableau 26:</b> Comparaison de l’indice d’acide, de saponification et de l’indice d’ester de nos HEs avec les normes de la pharmacopée Européenne 7ème édition .....	118

## ***LISTE DES ABREVIATIONS***

**AFNOR** : Agence française de normalisation

**ATP** : Adénosine triphosphate

**CCM**: Chromatographie sur Couche Mince

**CO<sub>2</sub>** : Dioxyde de carbone.

**CPG/SM**: Chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse

**CPG**: Chromatographie sur Couche Mince

**CYP1A2** :Cytochromes1A2

**CYP2B6** : Cytochromes 2B6

**CYP2C9** : Cytochromes2C9

**CYP2D6** : Cytochromes2D6

**CYP2E1** : Cytochromes2E1

**CYP3A4** : Cytochromes3A4

**EAMO** : L'entraînement à l'air assisté par micro-ondes.

**ESMO** : Extraction par solvant assistée par micro-ondes.

**ESSAM** : Extraction sans solvant assistée par micro-ondes.

**HDMO** : L'hydrodistillation assistée par micro-ondes.

**HECT** : Huile Essentielle Chémotypée

**HSV** : Herpes simplex virus

**HV** : Huile végétale

**I<sub>A</sub>**: Indice d'Acide

**I<sub>E</sub>**: Indice d'Ester

**IPDE5** : Inhibiteur de la phosphodiesterase type 5

**I<sub>S</sub>**: Indice de Saponification

**ITK** : Inhibiteur de Tyrosine Kinase.

**LH** : Hormone lutéinisante.

**MEP** : Méthylérythritol phosphate

**MVA** : Acide mévalonique

**NADPH** : Nicotine Adénine Dinucleotide Phosphate

**PAL**: Phénylalanineammonia-lyase

**PEP** : Phosphoénolpyruvate

**PM** : Poids moléculaire

**PPG** : Pyrophosphate de géranyle

**PPI2** : Pyrophosphate de diméthylallyle

**PPI3** : Pyrophosphate d'isopentén - 3yle

**SM** : Spectrométrie de masse

**SNC** : Système nerveux central

## **TABLE DES MATIERES**

REMERCIEMENTS.....	i
DEDICACE.....	ii
LISTE DES FIGURES.....	iv
LISTE DES TABLEAUX.....	vii
LISTE DES ABREVIATIONS.....	ix
INTRODUCTION.....	1
<b>ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE</b>	
<b>CHAPITRE I : PLANTES MEDICINALES</b> .....	3
I.1. INTRODUCTION .....	3
I.2. HISTORIQUE .....	3
I.3. DÉFINITION .....	4
I.4. CLASSIFICATION DES PLANTES MEDICINALES SELON LEURS EFFETS .....	5
<b>CHAPITRE II : LES HUILES ESSENTIELLES</b> .....	8
II.1. HISTORIQUE .....	8
II.2. DÉFINITION .....	9
II.3. ORIGINE, REPARTITION ET LOCALISATION DES HUILES ESSENTIELLES .....	10
II.4. FONCTION DES HUILES ESSENTIELLES .....	12
II.5. COMPOSITIONS CHIMIQUES DES HUILES ESSENTIELLES.....	13
II.5.1. TERPÈNES .....	14
II.5.2. COMPOSÉS AROMATIQUES .....	16
II.5.3. COMPOSÉS D'ORIGINES VARIÉS .....	18
II.5.4. CHÉMOTYPES .....	18
II.6. BIOSYNTHESE DES CONSTITUANTS DES HUILES ESSENTIELLES .....	19
II.6.1. VOIE DES TERPÉNOÏDES .....	20
II.6.2. VOIE DE PHENYLPROPANOÏDES.....	24

<b>II.7. PRINCIPALES VOIES D'ADMINISTRATION DES HUILES</b>	
ESSENTIELLES .....	26
<b>II.7.1.VOIE ORALE .....</b>	26
<b>II.7.2.VOIE RECTALE .....</b>	27
<b>II.7.3.VOIE VAGINALE .....</b>	28
<b>II.7.4.VOIE AURICULAIRE .....</b>	28
<b>II.7.5.VOIE OLFACTIVE .....</b>	29
<b>II.7.5.1. DIFFUSION ATMOSPHERIQUE .....</b>	29
<b>II.7.5.2. INHALATION .....</b>	30
<b>II.7.6.VOIE CUTANÉ .....</b>	31
<b>II.8. MÉTHODES D'EXTRACTION DES HUILES ESSENTIELLES .....</b>	32
<b>II.8.1.TECHNIQUES D'EXTRACTION CONVENTIONNELLES .....</b>	33
<b>II.8.1.1. ENTRAINEMENT A LA VAPEUR D'EAU .....</b>	33
<b>II.8.1.2. HYDRODIFFUSION .....</b>	33
<b>II.8.1.3. HYDRO-DISTILLATION .....</b>	34
<b>II.8.1.4. EXTARCTION PAR LES SOLVANTS ORGANIQUES .....</b>	35
<b>II.8.1.5. EXPRESSION A FROID .....</b>	36
<b>II.8.1.6. ENFLEURAGE .....</b>	36
<b>II.8.2. TECHNIQUES D'EXTRACTION INNOVANTES .....</b>	38
<b>II.8.2.1. EXTRACTION ASSISTEE PAR ULTRASONS .....</b>	38
<b>II.8.2.2. EXTARCTION PAR FLUIDE SUPERCREITIQUE .....</b>	39
<b>II.8.2.3. TURBO HYDRO-DISTILLATION : « THD » .....</b>	41
<b>II.8.2.4. EXTRACTION ASSISTEE PAR MICRO-ONDES .....</b>	42
<b>II.8.2.4.1. Extraction par solvant assistée par micro-ondes (ESMO) .....</b>	42
<b>II.8.2.4.2. Entrainement à l'air assisté par micro-ondes (EAMO) .....</b>	43
<b>II.8.2.4.3. Hydrodistillation assistée par micro-ondes (HDMO) .....</b>	44
<b>II.8.2.4.4. Extraction sans solvant assistée par micro-ondes (SFME) .....</b>	45
<b>II.9. CARACTÉRISATION DES HUILES ESSENTIELLES .....</b>	46
<b>II.9.1.CARACTÉRISATION ORGANOLEPTIQUE .....</b>	46
<b>II.9.2.CARACTÉRISATION PHYSIQUE .....</b>	46

II.9.3. CARACTÉRISATION CHIMIQUE .....	47
II.9.4. CARACTÉRISATION CHROMATOGRAPHIQUE .....	48
II.10. DOMAINES D'UTILISATIONS DES HUILES ESSENTIELLES .....	49
II.10.1. EN PHARMACIE .....	50
II.10.2. EN COSMETOLOGIE ET PARFUMERIE .....	53
II.10.3. DANS L'INDUSTRIE AGROALIMENTAIRE.....	54
II.10.4. DANS L'INDUSTRIÉ.....	55
II.11. CONSERVATION DES HUILES ESSENTIELLES .....	56
II.12. RÉGLEMENTATION .....	57
II.13. PROPRIÉTÉS PHARMACOLOGIQUES DES HUILES ESSENTIELLES .....	59
II.13.1. ACTIVITÉ ANTI-INFECTIEUSE.....	59
II.13.2. ACTIVITÉ ANTIPARASITAIRE, ANTI PROTOZOAIRE.....	61
II.13.3. ACTIVITÉ ANXIOLYTIQUES DES HUILES ESSENTIELLES .....	62
II.13.4. PROPRIÉTÉS ANTICANCEREUSES.....	62
II.13.5. ACTIVITÉ SPASMOLYTIQUE .....	63
II.13.6. HUILES ESSENTIELLES DANS LE TRAITEMENT DES HYPERLIPOPROTÉINÉMIES .....	64
II.13.7. ACTIVITÉ ANTALGIQUE, ANALGÉSIQUE .....	64
II.13.8. ACTIVITÉ CALMANTE ET RELAXANTE .....	65
II.13.9. COLIQUES INFANTILES SOIGNABLES PAR LES HUILES ESSENTIELLES .....	65
II.13.10. HUILES ESSENTIELLES DANS LE TRAITEMENT DES DYSPHAGIES ET D'ODINOPHAGIE .....	65
II.13.11. DYSMÉNORRHÉES ET TROUBLES MENSTRUELS.....	66
II.13.12. ACTIVITÉ ANTIHISTAMINIQUE .....	66
II.13.13. ACTIVITÉ CUTANÉE, CICATRISANTE .....	66
II.13.14. HUILE ESSENTIELLES ET TRACTUS RESPIRATOIRE .....	67
II.14. TOXICITE DES HUILES ESSENTIELLES.....	67
II.14.1. TOXICOCINÉTIQUE .....	67
II.14.2. EFFETS TOXIQUES ET INTOXICATIONS AUX HUILES ESSENTIELLES .....	67

II.14.2.1. Phototoxicité .....	67
II.14.2.2. Irritation cutanée .....	68
II.14.2.3. Actions vésicantes et nécrosantes .....	69
II.14.2.4. Néphrotoxicité .....	69
II.14.2.5. Hépatotoxicité .....	69
II.14.2.6. Neurotoxicité .....	70
II.14.2.7. Toxicité cardiovasculaire .....	71
II.14.2.8. Génotoxicité et carcinogénicité .....	72
II.14.2.9. Hématotoxicité .....	72
<b>II.15. PRÉCAUTIONS D'EMPLOI, CONTRE INDICATIONS</b>	
ET INTERACTIONS MEDICAMENTEUSES .....	72
II.15.1. PRÉCAUTIONS D'EMPLOI, CONTRE INDICATIONS .....	072
II.15.2. INTERACTIONS MEDICAMENTEUSES .....	074
<b>CHAPITRE III : GÉNÉRALITÉS SUR LA LAVANDE</b> .....	077
III.1. INTRODUCTION .....	077
III.2. ETUDES BOTANIQUE DES PLANTES ETUDIÉES : " <i>Lavandula stoechas</i> "	
et " <i>lavandula angustifolia</i> " .....	77
III.2.1. PRESENTATION DE LA FAMILLE DES LAMIACEAE .....	77
III.2.1.1. Généralité sur Lamiaceae .....	77
III.2.1.2. Description botanique de la famille des lamiaceae .....	77
III.2.2. Etude botanique du " <i>Lavandula stoechas</i> " .....	79
III.2.2.1. Classification .....	79
III.2.2.2. Nom et synonymes .....	80
III.2.2.3. Origine et répartition géographique .....	81
III.2.2.4. Description botanique .....	82
III.2.2.5. Huile essentielle de <i>Lavandula stoechas</i> .....	84
III.2.2.6. Usage et propriétés thérapeutiques .....	84
III.2.3. Etude botanique de « <i>lavandula angustifolia</i> » .....	85
III.2.3.1. Classification .....	85
III.2.3.2. Noms et synonymes .....	85

III.2.3.3. Origine et répartition géographique .....	86
III.2.3.4. Description botanique .....	87
III.2.3.5. Huile essentielle de lavandula angustifolia .....	89
III.3.2.6. Usage et propriétés thérapeutiques .....	90
<b>PARTIE EXPERIMENTALE</b>	
I. OBJECTIF .....	92
II. CADRE DE L'ÉTUDE .....	92
III. DESCRIPTION DES LIEUX DE PRÉLÈVEMENT DES ÉCHANTILLONS.....	92
IV. MATÉRIELS ET MÉTHODES .....	94
IV.1. MATÉRIELS .....	94
IV.1.1. Matériel végétal .....	94
IV.1.2. Réactifs .....	94
IV.1.3. Verrerie .....	95
IV.1.4. Appareillage .....	95
IV.1.5. Autres .....	95
IV.2. MÉTHODES.....	95
IV.2.1. ÉTUDE BOTANIQUE DES PLANTES ÉTUDIÉES ..	95
IV.2.1.1. Etude macroscopique .....	95
IV.2.1.2. Etude anatomique .....	96
IV.2.2. EXTRACTION DES HUILES ESSENTIELLES .....	98
IV.2.2.1. Choix de la méthode d'extraction .....	98
IV.2.2.2. Mode opératoire .....	98
IV.2.2.3. Calcul des Rendements .....	100
IV.2.3. CARACTÉRISATION DES HUILES ESSENTIELLES .....	100
IV.2.3.1. Caractérisation organoleptique.....	100
IV.2.3.2. Caractérisation physico-chimique .....	100
V. RÉSULTATS .....	106
V.1. Etude botanique des plantes étudiées .....	106
V.1.1. Etude macroscopique .....	106
V.1.2. Etude anatomique des plantes .....	106



V.1.2.1. Observation des coupes transversales des feuilles .....	106
V.1.2.2. Observation de la poudre de drogues .....	110
V.2. Rendement des extractions .....	112
V.3. Caractérisations des huiles essentielles .....	112
V.3.1. Caractérisation organoleptique .....	112
V.3.2. Caractérisation physico-chimique .....	113
VI. DISCUSSION .....	116
VI.1. Etude anatomique de la plante .....	116
VI.2. Rendement .....	116
VI.3. Caractères organoleptiques .....	117
VI.4. Caractérisation physico-chimique .....	117
VI.4.1. Caractères physiques .....	117
VI.4.2. Caractères chimiques .....	118
CONCLUSION .....	119
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....	I
ANNEXE .....	XIX



# ***INTRODUCTION***

## INTRODUCTION :

Depuis des milliers d'années l'humanité a utilisé diverses plantes trouvées dans son environnement, afin de traiter et soigner toutes sortes de maladies, ces plantes représentent un réservoir immense de composés potentiels attribués aux métabolites secondaires qui ont l'avantage d'être d'une grande diversité de structure chimique et ils possèdent un très large éventail d'activités biologiques. Cependant l'évaluation de ces activités demeure une tâche très intéressante qui peut faire l'intérêt de nombreuses études [66].

Par ailleurs, les plantes aromatiques et médicinales jouent un rôle économique considérable dans le secteur des industries de l'agroalimentaire, de la parfumerie, des cosmétiques...et de la pharmacie [2].

En effets, les plantes représentent une source inépuisable de remèdes traditionnels, et efficaces grâce aux principes actifs qu'elles contiennent : alcaloïdes, flavonoïdes, hétérosides, saponosides, vitamines et huiles essentielles...etc [2].

De nos jours, les huiles essentielles suscitent de plus en plus l'intérêt des chimistes, biologiste, médecins ... et pharmaciens en raison de leurs nombreux usages notamment dans le traitement de certaines maladies infectieuses pour lesquelles les antibiotiques de synthèses, deviennent de moins en moins actifs ou dans la préservation des aliments contre l'oxydation, comme alternatives aux produits chimiques de synthèses [2].

L'Algérie est connue par sa richesse en plantes aromatiques et médicinales, au regard de sa superficie et de sa diversité biochimique [66].

Dans le but de valoriser le patrimoine forestier Algérien et d'élaborer de nouveaux produits à haute valeur ajoutée, nous nous sommes intéressés aux deux espèces de la lavande : "*Lavandula stoechas*" et "*Lavandula angustifolia*".

La lavande sauvage ou encore lavande papillon, possède des propriétés cicatrisantes et régénératrices. Cette plante à parfum connaît un intérêt considérable pour la communauté scientifique, grâce à la découverte de ses nombreuses applications, pharmaceutiques. En particulier, celles liées au système nerveux centrale. Cependant et

malgré cet engouement suscité par les vertus thérapeutiques de "*Lavandula stoechas*", rares sont les travaux approfondis qui lui ont été consacrés.

La lavande officinale aussi connue sous le nom de lavande vraie est une plante réputée pour ses propriétés calmantes, antispasmodiques, antalgiques, hypotensives et antiagrégantes...etc.

Notre travail s'articule sur deux parties principales à savoir :

**Une partie bibliographique :** comprenant trois chapitres, où le premier donnera un bref aperçu sur les plantes médicinales, le second sera consacré à l'étude des huiles essentielles d'une manière générale, tandis que le troisième concernera la lavande et les propriétés de ses huiles essentielles.

**Une partie expérimentale :** quant à elle, comprendra une étude botanique des plantes étudiées, l'extraction et la caractérisation organoleptique, et physico-chimique de leurs huiles essentielles, ainsi qu'une présentation des différents résultats obtenus et leur discussion par rapport aux références issues d'une recherche bibliographique pour l'espèce "*lavandula stoechas*" et par rapport à la pharmacopée européenne pour "*lavandula angustifolia*".

***ETUDE***

***BIBLIOGRAPHIQUE***

## **CHAPITRE I : PLANTES MEDICINALES**

### **I.1. INTRODUCTION :**

Les plantes médicinales étaient et sont encore utilisées comme remèdes pour se soigner surtout dans les pays en voies de développements, des remèdes retrouvés dans la nature et pas chers et qui, avec le progrès de la chimie et de la pharmacologie, servent aujourd'hui à l'industrie pharmaceutique d'exemples pour la synthèse des médicaments non seulement lorsque les constituants des plantes sont utilisés directement comme agents thérapeutiques, mais aussi de sources pour l'invention de nouvelles molécules. Le nombre total de plantes utilisées par l'industrie pharmaceutique, cosmétique et agroalimentaire reste très difficile à estimer [184].

### **I.2. HISTORIQUE :**

L'utilisation des plantes pour se soigner date de la préhistoire et tous les peuples de tous les continents utilisent ce vieux remède. Malgré les efforts des chimistes, plus de 25% des médicaments prescrits dans les pays développés dérivent directement ou indirectement des plantes [119].

Depuis la nuit des temps et à travers les siècles, les traditions humaines apprécient les vertus apaisantes et analgésiques des plantes et ont su développer la connaissance et l'utilisation des plantes médicinales [127].

Les premiers qui ont été les fondateurs de science de la droguerie, la momification et la médecine sont les égyptiens, en 450 avant J.C, le temple d'Edfou développa une école de médecine et qui entretenait un jardin de plantes médicinales. On peut citer comme exemple parmi les plantes utilisées par les Egyptiens : le grenadier, le fenouil, l'érable et l'ail...etc [216].

En Chine, dès le 1er siècle, 250 plantes médicinales étaient cataloguées suivant leurs lieux de production, leur mode de préparation et leur action sur un organe précis. A cette époque en occident, le médecin grec Hippocrate avait déjà posé (au 1er siècle avant J.C) les grands principes curatifs de plus de 200 variétés de plantes actives sur la

beauté et la santé des femmes et dans les grandes épidémies, on faisait brûler de la Lavande, la Sarriette, le romarin et de l'hysope [214].

Au 1<sup>er</sup> siècle après. J-C., apparut le traité intitulé « *De materai medica* » écrit par Dioscoride, médecin et grand voyageur, dressant l'inventaire de 519 espèces de plantes et qui servira de référence dans la société romaine et arabe. Les arabes ont ainsi poursuivi les recherches sur les plantes médicinales en devenant les premiers à mettre au point la distillation des plantes, permettant d'en extraire l'huile essentielle, il y a de cela plus de mille ans [63].

### **1.3. DÉFINITION :**

#### **➤ Selon la Xème édition de la Pharmacopée française :**

Les plantes médicinales « sont des drogues végétales au sens de la Pharmacopée européenne dont au moins une partie possède des propriétés médicamenteuses ». Ces plantes médicinales peuvent également avoir des usages alimentaires, condimentaires ou hygiéniques.

#### **➤ Selon l'organisation mondiale de la santé :**

Une plante médicinale est une plante ou un de ses organes qui contient des substances qui peuvent être employées pour un but thérapeutique ou qui sont des précurseurs pour la synthèse d'autres drogues utiles et dont ces propriétés thérapeutiques sont prouvées scientifiquement ou de manière empirique par l'emploi en médecine traditionnelle [90].

Une plante médicinale est une plante qui contient un ou plusieurs principes actifs, capable de prévenir, soulager ou guérir des maladies. Celles inscrites à la pharmacopée sont considérées comme des médicaments. Leur vente est exclusivement réservée aux pharmaciens et aux herboristes, et qui correspondent souvent aux plantes aromatiques utilisées dans les préparations culinaires. Entre 20 000 et 25 000 plantes sont utilisées dans la pharmacopée humaine. 75% des médicaments ont une origine végétale et 25% d'entre eux contiennent au moins une plante médicinale qui contient un ou plusieurs te ou une molécule active d'origine végétale [99].

Les plantes médicinales sont des drogues végétales au sens de la Pharmacopée européenne (1433) dont au moins une partie possède des propriétés médicamenteuses (Agence Nationale de Sécurité du Médicament Mis à jour 2015). La plupart des espèces végétales qui poussent dans le monde entier possèdent des vertus thérapeutiques, car elles contiennent des principes actifs qui agissent directement sur l'organisme [54].

Les plantes médicinales sont impliquées dans différents secteurs sous formes de principes actifs, des huiles, des extraits, des solutions aqueuses ou organiques ou même telles qu'elles sont [133]. Elle contient au niveau de ses organes, un ou plusieurs principes actifs utilisables à des fins thérapeutiques. En fait il s'agit d'une plante qui est utilisée pour prévenir, soigner ou soulager divers maux [65].

#### **1.4. Classification des plantes médicinales selon leurs effets :**

La nature chimique des substances actives détermine leur effet sur le corps humain. Où elles sont présentées par leurs propriétés préventives ou curatives. Une plante n'a pas toujours un effet unique : son spectre parfois plus ou moins large, ce qui signifie qu'une même plante peut traiter plusieurs pathologies. Inversement, la combinaison de plusieurs plantes renforce l'effet thérapeutique. On les réparties en groupes (Tableau 1).

**Tableau 1:** Classification des plantes médicinales selon leurs effets [45].

<b>Groupe</b>	<b>Effets thérapeutique</b>	<b>Caractères</b>
Amara (amères) Amara pura Amara aromatica Amara adstringentia Amara mucillaginosa	Influence sur la fonction gastrique	Drogues végétales
Adtiphlogistica	Substances agissant sur l'épiderme ou sur les muqueuses	Drogues astringente
Carminativa	Influence vulnéraire ; réduisant les inflammations et accélère le renouvellement des tissus lésés	Drogues
Diaphoreitica	Facilitant la transpiration excessive	
Diuretica	Plantes favorisant la sécrétion d'urine	



Expectorantia mucilaginoso	Facilite l'expectoration	Contient des substances végétales mucilagineuses
Antitussica	Calment les excès de toux	Plantes expectorantes
Cholagoga	Substance pouvant soit favorise la production de la bile dans les cellules hépatiques : soit pour aider à son élimination des vois biliaires et de vésicule	
Laxantia	Les laxatifs accélèrent l'évacuation intestinale	
Carditonica	Accélèrent le rythme cardiaque et également des effets secondaires sur l'élimination de l'eau	Ce groupe comporte des glucosides végétaux à action cardiotonique
Antiasthmatica	Opposition aux spasmes bronchiques accompagnants l'asthme	Plantes contenant des substances s'opposants aux spasmes.
Nervina et sedativa	En cas de névroses, modification du comportement du système nerveux centrale	Substances calmantes. leur action est beaucoup plus douce que les remèdes chimiques
Antisclerotica	Exercent une action sur l'ensemble des altérations dégénératives du système circulatoire	
Hypotensiva	Agissant sur l'hypertension artérielle	
Anthelminthica (vermifuge)	Efficacité contre les vers intestinaux	
Aromatica	Plantes servants à corriger le goût ou l'odeur des remèdes avec des effets partiellement antiseptique	
Obstipantia	Servant à ralentir le péristaltisme excessif	
Gynecologica	Certain de ces substances agissent sur l'utérus surtout au moment de la grossesse	

Venina	Plantes vénéneuses : c'est souvent la dose qui est décisive.  Les substances actives de certaines plantes sont des poisons violant l'organisme humain	Substances toxiques  Alcaloïdes ; glucosides
--------	---	--

## CHAPITRE II : LES HUILES ESSENTIELLES

### II.1. HISTORIQUE :

Il y a 40 000 ans, certaines civilisations Aborigènes utilisaient déjà les feuilles de "*Melaleuca alternifolia*" dont l'huile essentielle est couramment utilisée de nos jours [41].

4500 ans avant Jésus-Christ, c'est au tour des Egyptiens d'utiliser les huiles essentielles. C'est cette civilisation qui est aujourd'hui considérée comme la créatrice de celles-ci. Un peu plus tard, vers l'année 4000 avant Jésus-Christ, l'utilisation des huiles essentielles arrive au Moyen-Orient avec pour rôle de soigner l'esprit avant la rencontre avec les dieux et de préparer une renaissance. On les utilisait également pour soigner les problèmes cutanés tels que les démangeaisons et les boutons [211].

Vers 3500 avant notre ère, fût découvert pour la première fois le procédé d'extraction des huiles essentielles à partir de plantes infusées. Puis, les Perses seraient quant à eux les « inventeurs » de la distillation (1000 ans avant notre ère) [41].

Vers l'an 300 avant Jésus-Christ, c'est Alexandre le Grand qui importera les huiles essentielles en Grèce. A cette même époque, de nombreux ouvrages ont été rédigés : Des aphorismes par Hippocrate répertoriant 230 plantes ; Histoire des plantes par Théophraste expliquant les différentes utilisations des plantes médicinales [81].

Après la naissance de Jésus-Christ, à l'époque du Moyen-âge, c'est Paracelse, médecin Suisse jouant un rôle considérable dans l'histoire de la médecine, qui réimplante le pouvoir des huiles essentielles.

C'est lors de la renaissance moyen-orientale qu'Avicenne produisit la première huile essentielle pure de "*Rosa centifolia*" avec l'invention du serpentín permettant le refroidissement rapide de la vapeur aromatique [211].

Le nom « aromaterii » donné aux apothicaires vers le XVème siècle donne une idée de la place occupée par les plantes aromatiques et leurs extraits dans la médecine à cette époque [41].

Une grande avancée dans le monde de l'aromathérapie a lieu le 25 juillet 1910 lorsqu'un certain prénommé René-Maurice Gattefossé se brûle à la tête et sur les bras lors de la réalisation d'une expérience dans son laboratoire, il plonge alors ses mains dans un seau rempli d'huile essentielle de Lavande vraie et ressent alors un soulagement immédiat et

une cicatrisation rapide apparaît. C'est à partir de cette expérience qu'il s'intéresse de plus en plus aux propriétés des huiles essentielles d'un point de vue thérapeutique. Son premier ouvrage, intitulé Aromathérapie, paraît en 1931, dans lequel il décrit les relations structures-activité de chaque huile essentielle [81].

Ensuite, un prénommé Jean Valnet découvre les propriétés anti-infectieuses des huiles essentielles lors de la guerre d'Indochine, il publie un ouvrage en 1964 Aromathérapie : traitement des maladies par les essences des plantes qui explique la posologie de chaque huile essentielle pour tels ou tels types d'affections. Si René-Maurice Gattefossé est considéré comme le père de l'aromathérapie moderne, c'est aussi grâce aux différents travaux de Jean Valnet que cette pratique est aussi populaire à l'heure d'aujourd'hui [81].

De nos jours, l'aromathérapie est maintenant une pratique développée dans le monde entier [211].

## **II.2. DÉFINITION :**

### **➤ Selon l'Agence Nationale des médicaments et des produits de Santé (l'ANSM) :**

« Produit odorant, généralement de composition complexe, obtenu à partir d'une matière première végétale botaniquement définie, soit par entraînement par la vapeur d'eau, soit par distillation sèche, ou par un procédé mécanique approprié sans chauffage. L'huile essentielle est le plus souvent séparée de la phase aqueuse par un procédé physique n'entraînant pas de changement significatif de sa composition. » [87].

### **➤ Selon la Pharmacopée française VIIIème édition (1965) :**

« Produit de composition généralement assez complexe renfermant les principes volatils contenus dans les végétaux, plus ou moins modifiés au cours de la préparation » [177].

### **➤ Selon l'Agence Française de Normalisation NF T 75-006(1998) :**

« Produit obtenu à partir d'une matière première végétale, soit par entraînement à la vapeur, soit par des procédés mécaniques à partir de l'épicarpe des citrus, soit par distillation sèche. L'huile essentielle est ensuite séparée de la phase aqueuse par des procédés physiques pour les deux premiers modes d'obtention : elle peut subir des

traitements physiques n'entraînant pas de changement significatif de sa composition (par exemple, redistillation, aération...) » [86].

Les huiles essentielles, appelées aussi essences, sont des mélanges de substances aromatiques produites par plusieurs plantes et présentes sous forme de très petites gouttelettes dans les différents organes de plante : les feuilles, la peau des fruits, la résine, les branches, les bois. Elles sont présentes en petites quantités par rapport à la masse végétale : Elles sont odorantes et très volatiles, c'est-à-dire s'évaporent rapidement dans l'air [96].

Les huiles essentielles sont des substances volatiles et odorantes obtenues des végétaux par entraînement à la vapeur d'eau ; Elles se forment dans un grand nombre de plantes comme produits du métabolisme secondaire [85] ; Elles sont des mélanges liquides très complexes. Elles ont des propriétés et des modes d'utilisation particuliers et ont donné naissance à une nouvelle branche de la phytothérapie : l'aromathérapie [95].

Les huiles essentielles, appelées communément essences végétales, sont des mélanges variables et complexes de substances volatiles aromatiques contenant principalement des terpénoïdes (principalement des mono- et sesquiterpènes bien que des diterpènes puissent être également présents), et des dérivés des acides gras (hydrocarbures aliphatiques de faible PM, linéaires, ou ramifiés, saturés ou insaturés, acides, alcools, aldéhydes, esters, lactones). Exceptionnellement, des composés azotés, soufrés et phénoliques (dérivant de la voie de synthèse des phénylpropanoïdes) peuvent être également présents [152].

### **II.3. ORIGINE, REPARTITION ET LOCALISATION DES HUILES**

#### **ESSENTIELLES :**

Les huiles volatiles peuvent être considérées comme des résidus du métabolisme végétal. Suite à la photosynthèse au niveau des chloroplastes, l'énergie produite (sous forme de glucides, NADPH et d'ATP) contribue au développement de la plante et indirectement à la biosynthèse de multiples composés secondaires parmi elles les huiles essentielles [168].

Les huiles essentielles sont largement répandues dans le règne végétal et n'existent quasiment que chez les végétaux supérieurs, il y a environ 500 000 plantes sur terre ; 10 000 d'entre elles, possèdent des propriétés médicinales [29].

Elles peuvent être stockées dans tous les organes du végétal : les fleurs (bergamotier, tubéreuse), aussi dans les feuilles (citronnelle, eucalyptus...), d'une façon moins habituelle

dans les écorces (cannelier), les bois (bois de rose...), les racines (vétiver), les rhizomes (gingembre), les fruits (anis, badiane) et les graines (muscade).

Si tous les organes d'une même espèce peuvent contenir une huile essentielle, la composition de cette huile se diffère selon la localisation, par exemple dans le cas d'oranger amer (« *C. aurantium L. subsp. aurantium* », Rutacées), le « ZESTE », c'est à dire le péricarpe frais du fruit donne l'huile essentielle d'orange amère ou ce qu'on appelle « essence de Curaçao », par contre la fleur fournit « l'essence de Néroli » et l'hydro distillation de la feuille, des petites fruits et des ramilles conduit à « l'essence de petit grain bigaradier ». Ces trois huiles essentielles ont une composition différente [15].

A l'exception des racines, tout l'appareil aérien (tige, pétiole, feuilles et fleurs) des plantes médicinales et aromatiques présentent des formations glandulaires très développées, mais il ressort que la plus grande densité du système glandulaire est relevée sur le limbe foliaire, donc on doit noter que les huiles essentielles sont élaborées au sein du cytoplasme de certaines cellules ; Elles s'en séparent par synérèse, sous forme de petites gouttelettes qui confluent ensuite en plages plus ou moins étendues, par la suite ces gouttelettes sont accumulées sous la cuticule dans les poils glandulaires sécréteurs situés au niveau des deux épidermes de la feuille et sur les tiges pendant la longue période allant de l'épanouissement des feuilles hors du bourgeon au stade de feuilles adultes. Donc la cuticule joue un rôle important dans le stockage des huiles essentielles [176].

Chez les ombellifères, la racine, la tige et les feuilles sont parcourues par des canaux sécréteurs qui contiennent un mélange d'essence et de résine. Ces canaux expliquent l'odeur forte qui se dégage des ombellifères lors qu'on les écrase [47].

Les canaux sécréteurs sont des poches sécrétrices très allongées. Ils sont protégés par une assise de tissus de soutien grâce à une coupe transversale, le canal ressemble à une poche sécrétrice de faible diamètre entourée de 2 assises de cellules [155].

La morphologie des formations glandulaires permet de distinguer différents types d'éléments sécréteurs :

- Des cellules sécrétrices, incluses dans l'épiderme ou à l'extrémité des poils. ;
- Des poches sécrétrices, formées par des cellules qui se sont modifiées ;
- Des canaux sécréteurs, obtenus par l'allongement des poches sécrétrices ;

- Des poils sécréteurs [8].

#### **II.4. FONCTION DES HUILES ESSENTIELLES :**

L'essence n'a pas un rôle unique pour la plante, si ce n'est celui de la protéger avant tout des multiples agressions subies au quotidien que ce soit le rayonnement solaire, la chaleur, les prédateurs ou encore les maladies car la plante ne peut pas se déplacer pour fuir ou se mettre à l'abri. C'est pourquoi il n'est pas rare de voir une plante cultivée souffrir de maladies qui épargnent son homologue sauvage, car l'utilisation de produits phytosanitaires la prive de ses défenses naturelles [42] [36].

Les molécules formant l'essence des plantes aromatiques sont des métabolites secondaires. Par opposition aux métabolites primaires, ils ne sont pas directement impliqués dans les processus de croissance, de développement ou de reproduction d'une cellule ou d'un organisme. Comme ces métabolites sont facultatifs, ils ne sont pas retrouvés dans tous les végétaux, mais n'en sont pas moins importants pour autant. Ils jouent de nombreux rôles, de signaux chimiques ou de protection mécanique [42] [31] [169].

##### **➤ Rôles de signaux chimiques :**

L'essence peut servir à la plante de signal chimique à bien des niveaux :

- Pour attirer les insectes pollinisateurs, la plante émet un parfum lorsque les fleurs sont à maturité. Ainsi, le parfum si particulier à chaque plante n'a pas pour but premier de satisfaire notre nez, mais cela explique que les molécules qui la composent soient qualifiées « d'aromatiques ».
- Pour repousser les insectes nuisibles et les prédateurs. Les feuilles de certaines espèces de Pélargoniums produisent un exsudat collant qui dissuade les prédateurs de les manger. Certains arbres produisent une résine collante pour se protéger des insectes xylophages qui creusent des galeries et se nourrissent du bois.
- Pour se défendre contre les germes phytopathogènes (champignons, bactéries, virus), que ce soit à titre préventif ou curatif.
- Pour déclencher un processus biologique tel que le murissement (cas de la banane verte qui murit grâce à la libération d'hexane) [24] [31] [153].

➤ **Rôles de protection mécanique :**

Ce rôle est plus important chez les végétaux qui exsudent des oléorésines :

- Pour former une barrière contre la déshydratation, dans le cas des oléorésines qui exsudent au niveau des tiges des Cistes (*Cistus*) ou Rhododendrons (*Rhododendron*).
- Pour faire office de pansement au niveau des fissures sur les écorces d'Encens "*Boswellia sacra*" ou de Myrrhe "*Commiphora myrrha*".
- Pour contribuer à l'équilibre thermique des plantes du désert, comme l'Encens et le Myrrhe. L'évaporation de l'essence avec la chaleur « rafraichit » la plante et forme un nuage protecteur vis-à-vis des rayons du soleil.

De façon générale, les terpénoïdes jouent un rôle fondamental dans les interactions entre les organismes vivants, permettant par exemple à une plante d'attirer les pollinisateurs, ou les prédateurs ou les parasitoïdes des herbivores venant l'attaquer [124] [195]. C'est en particulier ce dernier rôle qui donne toute son importance à une stratégie bio inspirée de recherche de composés antifongiques, antibactériens ou bio insecticides parmi les métabolites secondaires, et en particulier les huiles essentielles [121].

Les huiles essentielles sont considérées comme une ressource énergétique, facilitant certaines réactions chimiques. D'autre part, elles jouent un rôle dans la conservation d'humidité nécessaire à la vie des plantes exposées à des climats désertiques [8].

**II.5. COMPOSITION CHIMIQUES DES HUILES ESSENTIELLES :**

La composition chimique des huiles essentielles est très complexe d'un double point de vue, à la fois par le nombre élevé de constituants présents et surtout par la diversité considérable de leurs structures. Elle peut varier selon l'organe, l'origine géographique et botanique, la localisation des sites producteurs, les facteurs climatiques, la nature de sol, les pratiques culturelles, le procédé et les conditions d'extraction ainsi que la conservation (séchage et stockage) [185].

Les huiles essentielles sont constituées principalement de deux groupes de composés odorants distincts selon la voie métabolique empruntée ou utilisée. Il s'agit des terpénoïdes (mono et sesquiterpènes), prépondérants dans la plupart des essences et des composés aromatiques dérivés du phénylpropanoïdes [197].



### II.5.1. TERPÉNES :

Les composés terpéniques à poids moléculaire faible constituent généralement la majorité des composés volatils des huiles essentielles. Ces constituants proviennent de l'isoprène répondant à la formule générale  $(C_5H_8)_n$  (Figure 1), ils sont également nommés isoprénoïdes ou terpénoïdes. Le terme « terpénoïde » définit l'ensemble des terpènes oxygénés et non oxygénés, alors que le terme « terpène » ne tient pas compte de la présence d'oxygène [5].

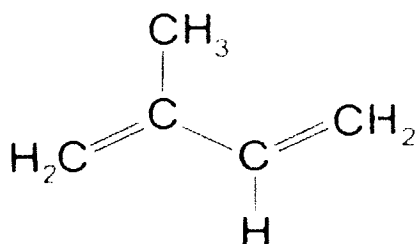


Figure 1: Structure de l'isoprène [50].

Ces terpènes résultent de la condensation de deux ou plusieurs unités isopréniques. Malgré que de structures très diverses, ils ont un caractère commun : ils peuvent être virtuellement déconnectés en unités isopréniques [89].

Les unités terpéniques se lient entre elles le plus souvent par des liaisons dites régulières de types « tête-queue » [76] ; comme ils peuvent se lier par des liaisons dites irrégulières de types artémésyl, santoliny, lavandulyl et chrysanthémyle [179].

Les terpènes sont de structures très diverses. Ils peuvent être acyclique (géraniol, linalol, citronellol...), monocycliques (menthol, terpinéol, thymol...) ou bicycliques (bornéol, fenchol...) et contiennent la plupart des fonctions chimiques des matières organiques : alcools, aldéhyde, et cétone.

Les terpènes sont classés selon le nombre d'unités isopréniques en hémis- $(C_5)$ , mono $(C_{10})$  ; sesqui- $(C_{15})$  ; di- $(C_{20})$  ; tri- $(C_{30})$  ; tétra- $(C_{40})$  terpènes et polyterpènes.

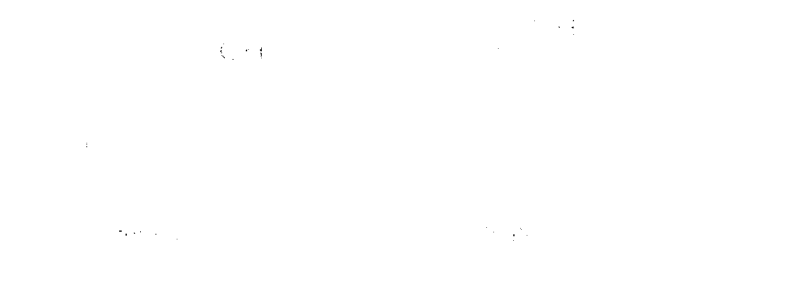
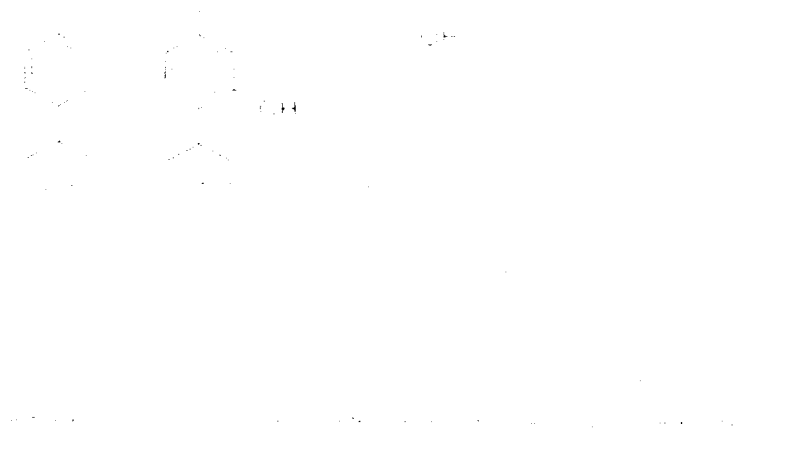


#### A. Monoterpènes :

Les hydrocarbures monoterpéniques ont un suffixe en « -ène ». Ce sont des structures à 10 carbones qui peuvent être acycliques (myrcène, ocimènes), monocycliques ( $\alpha$  et  $\gamma$ -terpinène,  $p$ -cimène) ou bicycliques (pinènes, sabinène, camphène) [30].

Ces composés contiennent deux unités de l'isoprène. Ils sont largement distribués dans la nature, en particulier dans les huiles essentielles. Ils sont importants dans l'industrie des parfums [49].

A titre indicatif, quelques structures de monoterpènes sont représentées sur le tableau suivant :

**Tableau 2:** Monoterpènes acycliques et cycliques rencontrés dans les huiles essentielles [72].

Structures acycliques	 <p>Chemical structures of acyclic monoterpenes: geraniol, linalool, and nerol.</p>
Structures monocycliques	 <p>Chemical structures of monocyclic monoterpenes: alpha-pinene, beta-pinene, alpha-terpinene, and gamma-terpinene.</p>
Structures bicycliques	 <p>Chemical structures of bicyclic monoterpenes: alpha-bisabolene, alpha-bisabolol, and alpha-bisabolone.</p>
Structures tricycliques	 <p>Chemical structures of tricyclic monoterpenes: alpha-caryophyllene and beta-caryophyllene.</p>

## B. Sesquiterpènes :

Ce sont des monoterpènes ayant subi l'addition d'une autre unité terpène, ils peuvent être cycliques ou acycliques en fonction des voies enzymatiques activées lors de leur synthèse [64].

Les sesquiterpènes sont généralement présents en petites quantités. La plupart présentent des isomères et il est fréquent que l'un des deux soit plus abondant dans la nature, voire que leur odeur et leurs activités diffèrent [31] [39] [153].

Citons le  $\beta$ -Caryophyllène, très courant dans de nombreuses huiles essentielles dont la plus riche est celle des Copahiers (*Copaifera spp.*), et son isomère l'humulène (autrefois appelé  $\alpha$ -Caryophyllène), moins abondant. On retrouve par exemple un mélange de ces deux isomères dans le Myrte (*Myrtus communis*) [31][39].

A titre indicatif, quelques structures de sesquiterpènes sont représentés sur la figure :

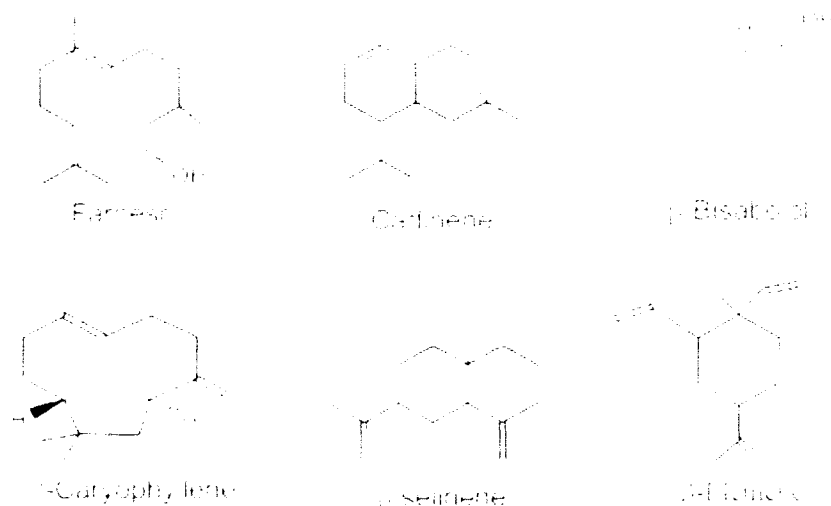


Figure 2: Sesquiterpènes rencontrés dans les huiles essentielles [18].

## II.5.2. COMPOSÉS AROMATIQUES :

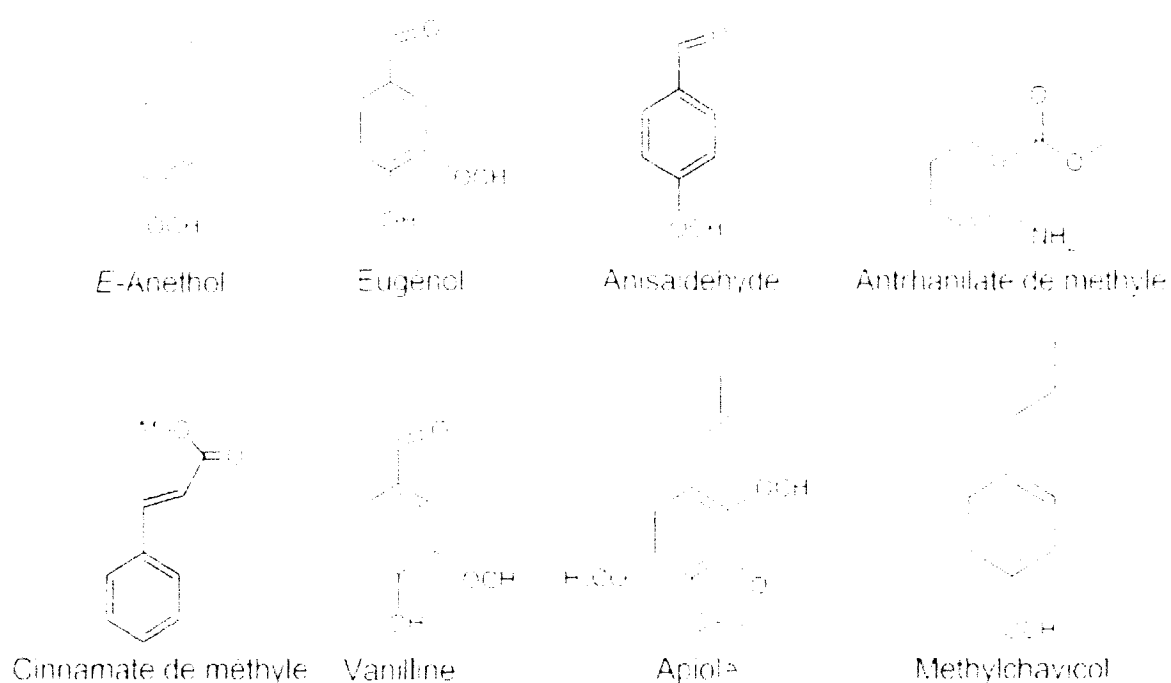
Les composés aromatiques dérivant du phénylpropane ( $C_6-C_3$ ) sont moins fréquents que les terpènes dans les huiles essentielles et eux aussi peuvent contenir différentes fonctions. Ce sont très souvent des allyles et des propénylphénols [18].

Cette classe comporte des composés odorants bien connus comme la vanilline, l'eugénol, l'anéthole, l'estragole et bien d'autres. Ils sont davantage fréquents dans les huiles essentielles d'Apiaceae (persil, anis, fenouil, etc.) et sont caractéristiques de celles du clou de girofle, de la vanille, de la cannelle, du basilic, de l'estragon, etc[55].

Ils se distinguent entre eux par :

- Le nombre et la position des groupements hydroxyle et méthoxy ;
  - La position de la double liaison de la chaîne latérale, allylique ou propénylique ;
  - Le degré d'oxydation de la chaîne aliphatique (alcools, aldéhyde, cétone ou acide...)
- [18].

On peut illustrer quelques exemples des composés aromatiques rencontrés dans les huiles essentielles sur la figure 3 :



**Figure 3:** Composés aromatiques rencontrés dans les huiles essentielles [18].

### II.5.3. COMPOSÉS D'ORIGINE VARIÉS :

Les composés d'origine variée de faible masse moléculaire, entraînés lors de l'hydro distillation, sont des hydrocarbures aliphatiques à chaîne linéaire ou ramifiée porteurs de différentes fonctions. On peut citer :

- Les acides en C3 et C10 ;
- Les aldéhydes comme l'octanal et le décanal de Citrus ;
- Les alcools comme le oct -1- én-3-ol de l'essence de la lavande ;
- Les esters acycliques présents surtout dans les fruits : acétate de butyle (la pomme) ; acétate d'isoamyle (banane) ;
- L'heptane et la paraffine dans l'essence de camomille ;
- Les composés azotés ou sulfurés comme l'isosulfocyanate ;
- Les composés issus de la dégradation des terpènes comme les ionones [18].

### II.5.4. CHÉMOTYPES :

Les composés chimiques présents dans une huile essentielle ne sont pas constants. Deux plantes identiques, morphologiquement et caryologiquement, peuvent produire des essences différentes. Ces différences de composition peuvent être extrêmement importantes et changer les propriétés de l'huile essentielle du tout au tout. De ce fait, il est primordial pour le thérapeute de respecter cette notion [40].

Par exemple, le romarin "*Rosmarinus officinalis L.*" produit trois huiles essentielles différentes selon qu'il est récolté au Maroc : eucalyptole (1,8 cinéole) dominant, à action expectorante ; en Provence : camphre (bornéone) dominant à action décontractante musculaire (selon les doses) ; ou en Corse : verbénone dominante, à action hépatostimulante [27].

A l'intérieur d'un même chémotype, on peut trouver les « sub-chémotypes » issus des variations chimiques saisonnières dans la composition des essences de certaines plantes. Par exemple, un thym vulgaire "*Thymus vulgaris L.*" possède une fragrance plus douce en

hiver, car le géraniol est remplacé en bonne partie par son ester, l'acétate de géranyle (quatre fois moins anti- infectieux) [27].

Le tableau ci-dessous prend l'exemple de l'HE de thym et de ses différents chémotypes.

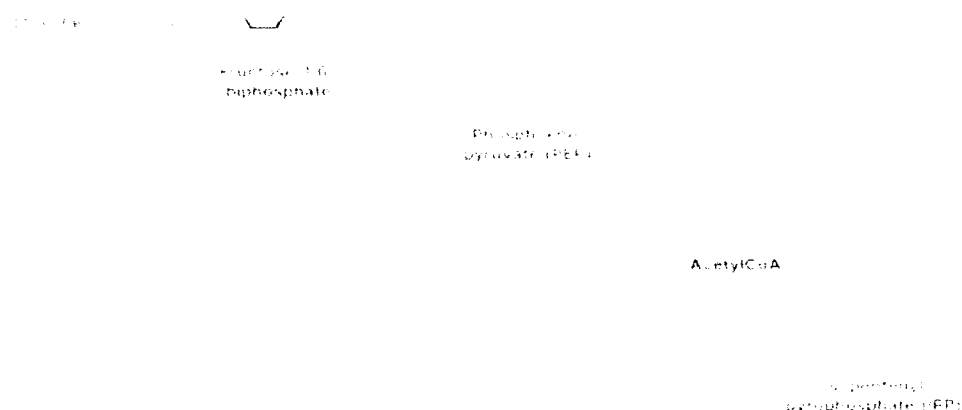
**Tableau 3** : Différentes chémotypes d'huile essentielle de tym [64].

Espèce végétale	Chémotype	Composition approximative de l'HE
Thym vulgaire " <i>Thymus vulgaris</i> L. "	CT carvacrol	28% carvacrol, thymol...
	CT géraniol	Géraniol (majeur), acétate de géranyle (faible)...
	CT linalol	70% linalol, 10 % acétate linalyle...
	CT paracymène	Paracymène (majeur), thymol (faible)...
	CT Thujanol	40%Thujanol, 10% terpinène-4-ol...
	CT thymol	40% thymol, 20% paracymène, carvacrol (faible)...

## II.6. BIOSYNTHESE DES CONSTITUANTS DES HUILES ESSENTIELLES :

La biosynthèse des constituants des huiles essentielles au sein du végétal emprunte deux voies : la voie des phénylpropanoïdes située plus en amont, et la voie des terpénoïdes qui est la plus importante.

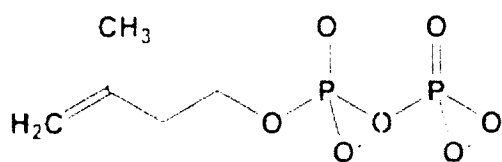
La figure 4 représente les grandes voies métaboliques de biosynthèse des constituants des huiles essentielles.



**Figure 4** : Les grandes voies métaboliques et principales molécules-clés de la biosynthèse au sein de la cellule végétale des molécules retrouvées dans les huiles essentielles [56].

### II.6.1. VOIE DES TERPÉNOÏDES :

L'unité de base de la biosynthèse des terpènes est l'isopentényl - diphosphate (pyrophosphate d'isopentén - 3yle) : **PPI3** et son isomère le diméthylallyl - diphosphate (pyrophosphate de diméthylallyle) : **PPI2**. (Figure 5)



Pyrophosphate d'isopentényle (IPP)

**Figure 5** : Précurseur de la voie terpénique.

Deux voies de biosynthèse conduisent à ces unités de base à 5 atomes de carbones :

- La voie de l'acide mévalonique (**MVA**) ;
- La voie du méthylérythritol phosphate (**MEP**).

La première est la voie du mévalonate. Elle prend son origine au niveau de l'acétyl coenzyme A ( $\text{CH}_3 \text{CO} \text{S} \text{Co} \text{A}$ ) (Figure 6), produit de la glycolyse (catabolisme des sucres).

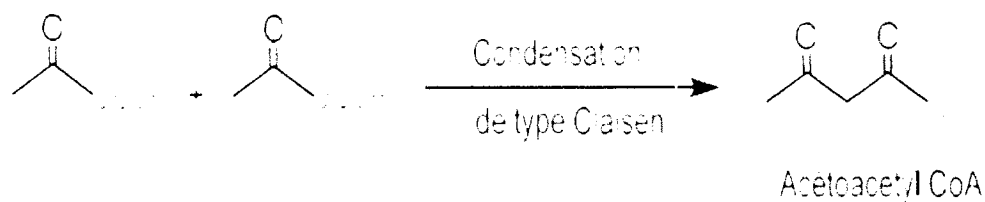


Figure 6: Structure de l'acétyl Coenzyme A [18].

L'étude du mécanisme réactionnel régissant la biosynthèse des terpènes, a montré l'existence de plusieurs étapes :

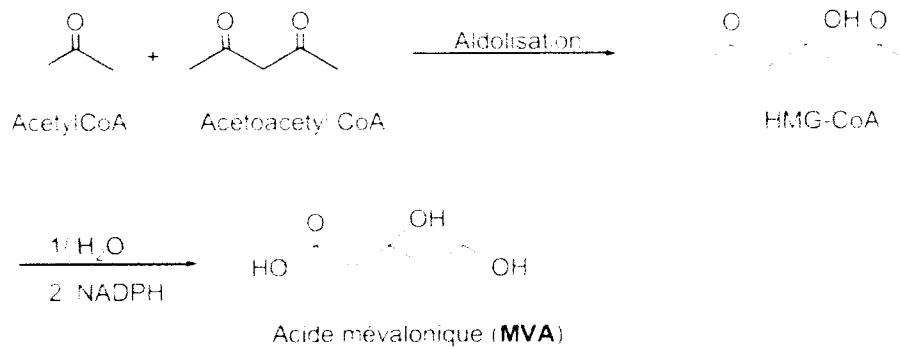
La première étape débute par la condensation de trois unités d'acétyl CoA, et passe par un composé en C6 (le mévalonate) et conduit au **PPI3**.

Pour cette voie principale, la première étape est une condensation de type Claisen entre deux molécules d'acétyl CoA pour conduire à l'acétoacétyl CoA.

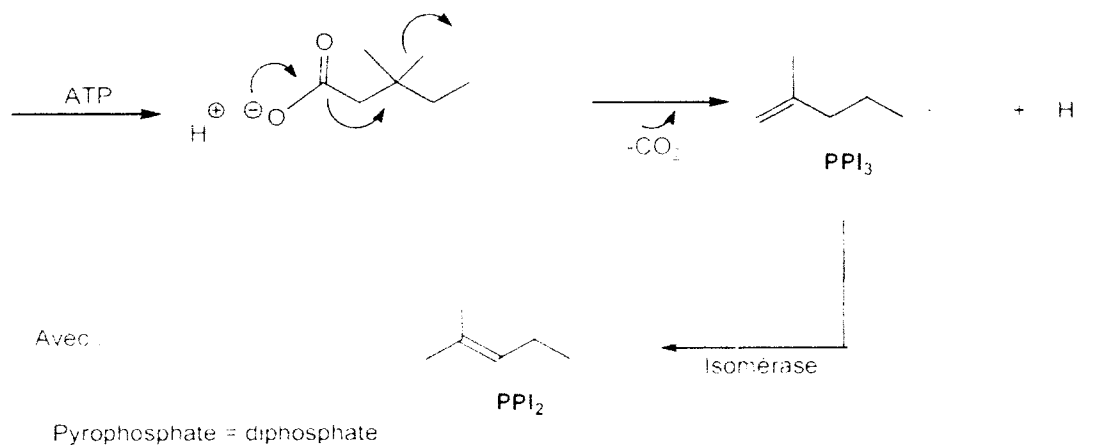


La deuxième étape est une réaction d'addition entre une troisième molécule d'acétylCoA et . Après hydrolyse et réduction par Nicotine Adénine Dinucléotide phosphate (NADPH), l'acide mévalonique (**MVA**) se forme :

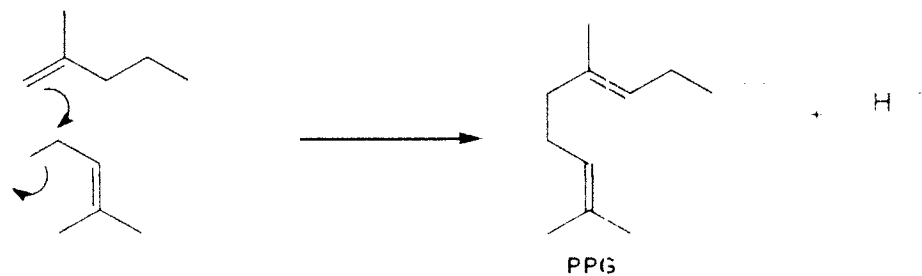




Après pyrophosphorylation par l'Adénosine triphosphate (ATP), la déshydratation et la décarboxylation de l'acide mévalonique (MVA) par une élimination concertée, permettent d'aboutir aux deux intermédiaires en C5, bio – précurseurs des terpènes : le pyrophosphate d'isopentén -3- yle (PPI3) en équilibre, par simple transfert de proton, avec le pyrophosphate de diméthylallyle (PPI2).



Les deux intermédiaires en C5 réagissent entre eux pour donner le pyrophosphate de géranyle (PPG) point de départ de tous les monoterpénoïdes :



La condensation suivant le même principe d'une autre unité de **PPI3** sur le pyrophosphate de géranyle donne le pyrophosphate de farnésyle, précurseur de tous les sesquiterpènes. Selon ce processus les diterpènes, triterpènes, tétraterpènes sont obtenus.

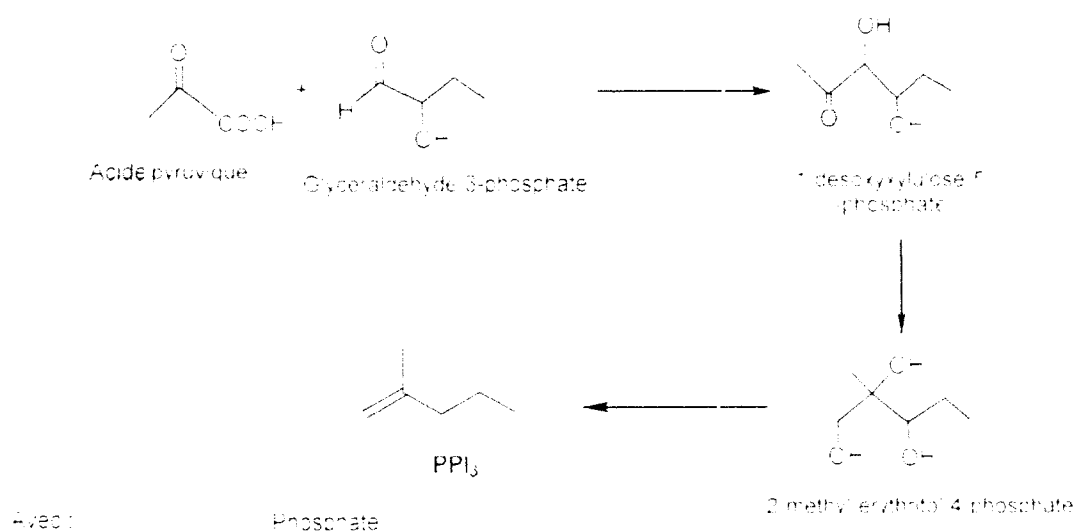
La figure 7 montre les différentes étapes de la biosynthèse des terpénoïdes.



**Figure 7:** Schéma de la Biosynthèse des terpènes par la voie de l'acide mévalonique [18].

La seconde voie, voie du méthylérythritol phosphate (**MEP**) ou encore nommée voie non mévalonique, est spécifique aux végétaux et se fait au niveau des plastes. Cette voie commence par la condensation d'une unité pyruvate (**C3**) avec une unité de glycérylaldéhyde 3- phosphate (**C3**) et conduit au méthylérythritol phosphate, un composé intermédiaire en **C5**.

Plusieurs étapes enzymatiques conduisent ensuite à la synthèse de **PPI3**. Cette voie n'a été mise en évidence qu'à la fin des années 90, mais elle s'est rapidement avérée être la voie majoritaire pour la biosynthèse de la grande partie des terpènes [18].



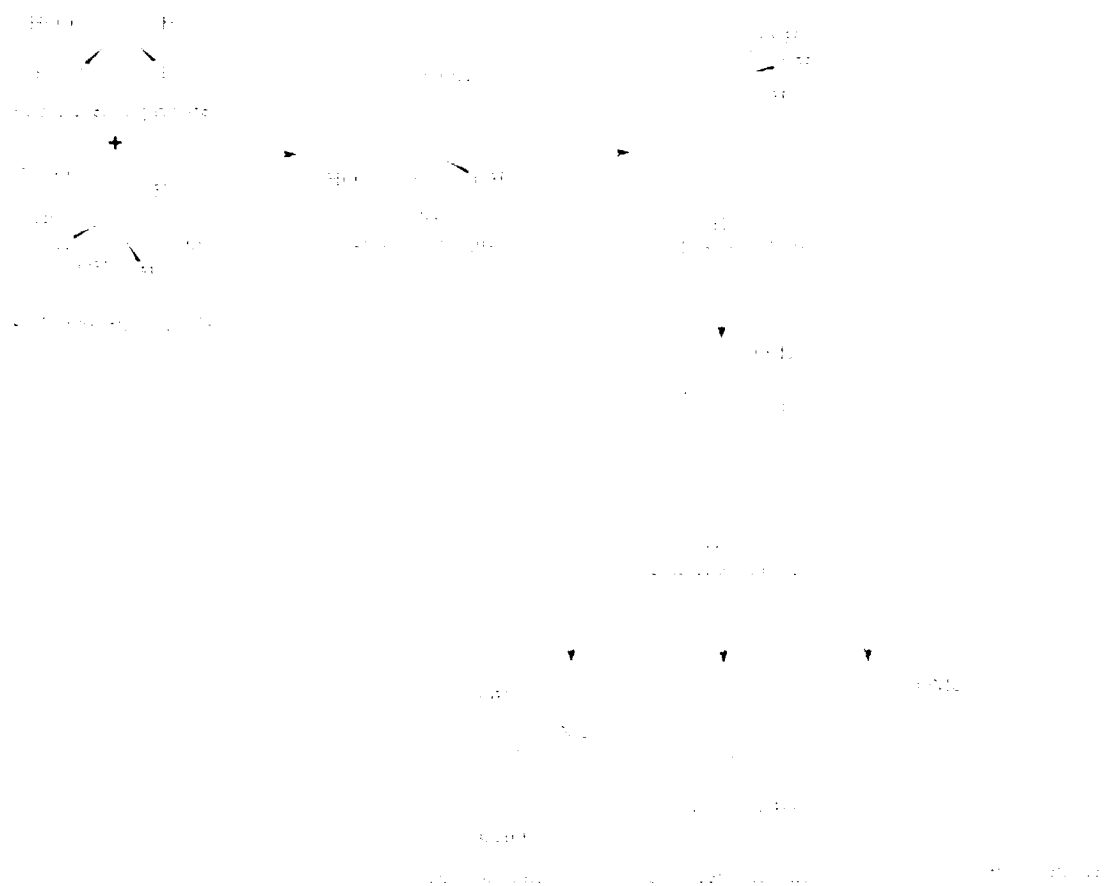
**Figure 8:** Schéma de la Biosynthèse des terpènes par la voie du méthylérythritol phosphate[18].

## II.6.2. VOIE DE PHENYLPROPANOÏDES :

Les phénylpropanoïdes sont des composés volatiles issus de la voie de biosynthèse de l'acide shikimique. Cette voie que l'on retrouve chez microorganismes et les plantes est totalement absente dans le règne animal. Elle aboutit à plusieurs familles de composés (lignanes, tannoïdes, coumarines...) dont seulement une cinquantaine se retrouve dans les huiles essentielles [192].

Ces composés sont bien moins fréquents que les terpènes et se retrouvent généralement en plus petite quantité dans les huiles essentielles. Il existe cependant des exceptions, comme l'eugénol qui compte pour 70 à 90% de la composition de l'huile essentielle de clou de girofle "*Syzygium aromaticum L.*". Beaucoup de ces composés sont réputés pour avoir une certaine importance pour les propriétés organoleptiques de l'huile essentielle mais également pour son usage thérapeutique ; Citons l'acide salicylique, l'acide éinnamique et l'acide Benzoïque, ou encore l'eugénol et ses dérivés [167]. De plus, certaines familles botaniques sont reconnues pour contenir plus de phénylpropanoïdes que les autres, ce sont les Apiaceae, Lamiaceae, Myrtaceae, Pipéraceae ou encore Rutaceae. La technique employée pour l'extraction de l'huile essentielle semble également avoir une influence de la concentration finale de ces composés dans l'huile [192].

La biosynthèse de ces composés a été bien moins étudiée que celle des terpènes. La formation de l'acide shikimique (Figure 9), intermédiaire donnant son nom à cette voie de biosynthèse, débute par le couplage du  $\epsilon$ (PEP) et du D-érythrose-4-phosphate. Le composé heptacarboné ainsi formé devient l'acide déhydroquinique après cyclisation. Celui-ci donne l'acide shikimique après une déshydratation et une réduction NADPH-dépendantes. C'est à partir de l'acide shikimique que se forment les acides aminés aromatiques (dits essentiels) que sont le tryptophane, la tyrosine mais surtout la phénylalanine dont sont issus les phénylpropanoïdes. La phénylalanine est transformée par la phénylalanineammonia-lyase (PAL) en acide cinnamique qui donnera à son tour et au terme de diverses réactions plusieurs groupes de composés que sont les coumarines, les lignanes, les flavonoïdes, les tannoïdes, etc., ainsi que les phénylpropanoïdes [24] [38] [116].



**Figure 9:** Biosynthèse des dérivés phénylpropaniques [38].

## II.7. PRINCIPALES VOIES D'ADMINISTRATION DES HUILES

### ESSENTIELLES :

#### II.7.1. VOIE ORALE :

La voie orale est assez bien acceptée par le patient malgré le goût des huiles essentielles, à cause de sa facilité d'emploi. En fonction des situations, on peut soit avaler les HE, soit les poser sur la langue (dans le but qu'elles atteignent le système digestif) ou sous la langue (pour qu'elles traversent vite les papilles de la langue et passent rapidement dans la circulation sanguine) [30].

#### ❖ Différentes formes des huiles essentielles utilisées dans la voie orale :

- Comprimé neutre : C'est une forme facile pour l'utilisation des huiles essentielles. En général on dépose 1 à 2 gouttes d'HE sur le comprimé qui les absorbent rapidement.
- Gélules : La ou les huiles essentielles sont préalablement adsorbées sur un support inerte comme la silice, puis mis en gélules. Cette forme permet de limiter le contact avec le goût prononcé des HE. Ces gélules peuvent être gastro-résistantes (par trempage dans une solution acétonique d'acétophtalate de cellulose) ce qui peut être intéressant si la personne présente une gastrite ou un ulcère. Ces gélules sont délivrées sur prescription médicale par un pharmacien.
- Gouttes buvables : C'est un mélange d'HE, dans de l'alcool à 90° sans dépasser 10% d'huile essentielle.
- Miel ou incorporé dans une cuillère à café d'huile d'olive. Cela permet un passage rapide par les capillaires sanguins si le mélange est posé sous la langue.
- Sucre ou la mie de pain pour un passage dans les voies digestives.
- Hydrolats ou eaux florales : Beaucoup moins riche en molécules aromatiques, leur utilisation est intéressante chez les enfants [70].

On peut résumer les posologies usuelles des huiles essentielles par la voie orale dans le tableau suivant :

**Tableau 4:** Posologies indicatives de l'utilisation des huiles essentielles par voie orale [23].

<i>Catégorie des patients</i>	<i>Posologies</i>
Adulte (>40 kilos)	1 à 2 gouttes, 3×/jour
Enfant de 12 à 18 ans	1 goutte, 3×/jour
Enfant de 6 à 12 ans	1 goutte, 2×/jour

### **II.7.2. VOIE RECTALE :**

Il est formellement interdit d'injecter des huiles essentielles pures dans le rectum. Deux formes galéniques sont les plus souvent utilisées : les suppositoires et les solutions (nous ne parlerons pas de cette forme). L'administration de suppositoires permet une absorption efficace et rapide des huiles essentielles du fait de la grande perméabilité des veines du rectum. C'est une voie de choix pour les pathologies infectieuses de l'arbre pulmonaire. L'absorption des huiles essentielles a lieu au niveau des veines hémorroïdaires supérieures qui aboutissent à la veine cave inférieure. De ce fait l'étape de premier passage hépatique est court-circuitée et l'élimination alvéolo-bronchique est maximale [41].

Cette voie présente une très bonne tolérance, elle est très pratique d'utilisation et est donc particulièrement recommandée pour les enfants et les nourrissons, lors de pathologies aiguës. Elle est également très utile pour les personnes qui ne peuvent pas absorber d'huile essentielle par voie orale (intolérance aux odeurs, fragilité de la muqueuse digestive...). Les HEs sont néanmoins irritantes pour la muqueuse rectale, elles doivent être dispersées parfaitement sous une forme suppositoire ou diluées avec une huile végétale. Les formules de suppositoires sont établies par le médecin aromathérapeute et réalisées par un pharmacien. Il ne s'agit pas d'automédication. Cette voie ne peut pas être utilisée avec des huiles allergisantes ou rubéfiantes (dont l'application cutanée provoque des rougeurs) [30].

Les huiles essentielles sont retenues pour ce soin, elles sont douces pour les muqueuses et sont administrées à des doses par suppositoire de 35 à 50 mg pour le nourrisson de moins d'un an, de 50 à 75 mg pour le bébé de moins de 30 mois, de 75 à 150 mg pour le grand enfant et l'adulte. La posologie est de 2 à 4 suppositoires par jour [27].

Les huiles essentielles doivent être diluées au 1/10 avant d'être incorporées dans un excipient pour suppositoire. Il ne faut pas dépasser une concentration de 3% en HE [70].

### **II.7.3. VOIE VAGINALE :**

La muqueuse vaginale est particulièrement perméable, il est important de limiter les quantités lorsqu'on utilise cette voie. (Peu d'études scientifiques ont été menées pour cette voie d'absorption).

Pour la formulation d'ovule, les huiles essentielles sont incorporées dans un excipient adapté de type glycérides semi-synthétique, macrogols ou un mélange de gélatine glycérinée et d'eau distillée. La conception des ovules doit être réalisée par un pharmacien.

Il est préférable de conseiller à la patiente de rincer l'ovule à l'eau froide avant introduction de manière à éliminer d'éventuelles traces d'HE pouvant être présentes en surface (irritation). Plusieurs huiles essentielles sont incompatibles avec cette voie d'administration, car elles sont irritantes.

La voie vaginale permet une action locale des HE, intéressante dans le traitement des infections gynécologiques comme les mycoses et les cystites [70].

### **II.7.4. VOIE AURICULAIRE :**

La muqueuse de l'oreille accepte des concentrations maximales de 10 à 15 % d'huiles essentielles non irritantes pour les affections locales : Otites, otalgies, vertiges, acouphènes ; L'instillation ne se fait que pour autant que le tympan ne soit pas perforé.

Le médecin sera consulté pour tous troubles importants de l'oreille afin d'apprécier la meilleure conduite à tenir pour le soulagement. Un moyen supplémentaire consiste à prendre une mèche de coton et d'y placer 1 goutte d'huile essentielle et 2 gouttes d'huile végétale pour positionner ce coton imprégné dans le conduit de l'oreille et l'y laisser jusqu'à l'application suivante. 2 à 3 applications locales sont la règle en cette matière. Le soin des troubles de l'oreille s'accompagne régulièrement de massage péri - auriculaire d'huiles essentielles pures ou diluées pour renforcer encore l'efficacité [27].

## II.7.5. VOIE OLFACTIVE :

### II.7.5.1. Diffusion atmosphérique :

La diffusion atmosphérique est simple d'utilisation et facile à réaliser. Elle est dénuée de contre-indications spécifiques sauf en cas d'allergies aux huiles essentielles ou d'antécédents de convulsions fréquentes et intenses. En revanche, le choix des huiles essentielles doit être judicieux, et il faut veiller à bien respecter le protocole d'emploi selon tel ou tel diffuseur [23].

La diffusion des huiles essentielles dans l'atmosphère se réalise par deux types d'appareil : la diffusion à sec par pompe à air, la diffusion ultrasonique utilisant de l'eau. Chacun des systèmes possède des avantages et des inconvénients.

- ❖ **La diffusion à sec** permet une concentration d'huiles essentielles plus importante dans l'atmosphère. Elle est davantage recommandée pour les espaces publics et collectivités : commerces, salles d'attentes, maisons de retraite, administration, hôpitaux... La consommation d'huiles essentielles est plus importante, mais assure une plus grande activité face à des risques infectieux plus importants pour les personnes qui vivent dans ces espaces [37].
  
- ❖ **La diffusion ultrasonique utilisant de l'eau** n'est pas envisagée pour les milieux de vie de patients, car la vapeur d'eau, pour le médecin hygiéniste des hôpitaux, est vecteur potentiel de germes pathogènes. Elle convient mieux pour un usage domestique permettant une tolérance accrue des huiles essentielles inhalées en même temps qu'un air humidifié [37].

Le tableau 5 résume les posologies des huiles essentielles utilisées par diffusion atmosphérique :



**Tableau 5:** Posologie indicative des huiles essentielles pour une utilisation en diffusion[172].

	<i>Quantité d'HE ou de mélange pour diffusion</i>	<i>Durée de diffusion</i>
<b>Adultes (&gt; 40 kg)</b>	30 gouttes / 24h	15 minutes
<b>Enfants de plus de 6 ans</b>		5 minutes
<b>Enfants de moins de 6 ans</b>		5 minutes (en dehors de la présence de l'enfant dans la pièce)

On utilise cette diffusion dans les cas suivants :

- Problèmes nerveux ou psychologiques : Les HE agissent directement au niveau du système limbique qui contrôle les émotions. Cette activation va permettre la sécrétion de différents neuromédiateurs. Selon les cas, l'effet sera stimulant ou aux contraires apaisant, calmant et favorisant le sommeil ;
- Désinfectant, assainissant de l'environnement, traitent des pathologies respiratoires et préventions des épidémies ;
- Pour éloigner les insectes [30].

### **II.7.5.2. Inhalation :**

Les huiles essentielles pénètrent aisément par les capillaires sanguins de la muqueuse nasale.

Cette inhalation comprend deux utilisations :

#### ➤ **Inhalation humide :**

Les huiles essentielles sont entraînées par la vapeur d'eau et inspirées. Elles poursuivent leur chemin dans les poumons en suivant le trajet de l'air. L'action est principalement locale mais permet aussi une diffusion sanguine grâce à la muqueuse naso-bronchique.

L'inhalation humide se fait de préférence le soir. On va verser dans un grand bol ou un inhalateur de l'eau bouillante puis on ajoutera 2 ou 3 gouttes d'huiles essentielles. Il suffit

ensuite de mettre son visage, les yeux fermés, au-dessus du bol sous un linge propre puis d'inspirer ou de rester en contact avec la vapeur d'eau pendant 5 à 10 minutes [23].

➤ **Inhalation sèche :**

Elle est plus facile d'utilisation. Elle consiste simplement à imprégner un mouchoir de 2 à 3 gouttes pures d'HE et le respirer à fond, plusieurs fois dans la journée. De même, pour améliorer l'efficacité il faudra nettoyer les muqueuses avant utilisation [30].

❖ **Avantages et inconvénients de la voie olfactive :**

Les avantages et les inconvénients de la voie olfactive sont indiqués dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 6:** Avantages et inconvénients de la voie olfactive [37].

<b>Avantages</b>	<b>Inconvénients</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Dégager les voies respiratoires.</li> <li>- Assainir l'air des lieux clos.</li> <li>- Désodoriser et parfumer une pièce.</li> <li>- Agir au niveau du SNC par une action « vivifiante» ou «calmante».</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Certaines HEs sont irritantes pour les voies respiratoires, il ne faut donc pas les utiliser par voie olfactive : <b>Thym à thymol, girofle, cannelle, origan compact, sarriette.</b></li> </ul>

**II.7.6. VOIE CUTANÉ :**

Cette voie est très utilisée pour les huiles essentielles, elle est peu toxique et facile d'emploi. La volatilité des HEs lors d'une application cutanée, permet également d'explorer la voie pulmonaire par inhalation. Ce mode d'action est très puissant, car les huiles essentielles sont lipophiles et traversent facilement les couches cutanées pour rejoindre la circulation sanguine. La pénétration cutanée se fait de façon rapide, en dix minutes environ, du fait de la faible masse molaire des composants et de leur affinité pour le stratum corneum. Ce passage se fait également de manière progressive et permet une rémanence importante [30].

Le coefficient de perméabilité cutanée est fortement influencé par les terpènes et les dérivés terpéniques (constitutifs de nombreuses HE). Ces composants se comportent comme des promoteurs de pénétration et augmentent de ce fait le risque de toxicité liée à leur utilisation [74].

Généralement les huiles essentielles sont utilisées en association avec une base végétale (noisette, amande, macadamia...). L'ajout d'huile végétale ralentit l'absorption des principes actifs, mais diminue les irritations. Les HE qui sont les plus irritantes pour la peau sont celles à phénols (ex : Sarriette et thym) ou à aldéhydes [30].

Il est également important d'éviter toute exposition solaire après application d'HE riche en furancoumarines: huile essentielle d'angélique, citron, bergamote, mandarine, orange, pamplemousse... car il existe un risque de photosensibilisation (apparition de taches sur la peau sous l'action des rayons solaires) [70].

Les posologies des huiles essentielles pour une application cutanée se résument dans le tableau 7 :

**Tableau 7:** Posologie indicative des huiles essentielles pour une application cutanée [30].

	<i>Concentration en HE</i>	<i>Quantité d'HE</i>	<i>Quantité d'HV</i>
Soin aromatique <i>visage</i>	1%	1 goutte	3 ml
Massage aromatique <i>corps</i>	5%	8 gouttes	5 ml

## **II.8. MÉTHODES D'EXTRACTION DES HUILES ESSENTIELLES :**

Il existe diverses méthodes pour extraire les huiles essentielles. Le but est de capter les produits élaborés par le végétal, tout en veillant à éviter d'en altérer la qualité. Les techniques d'extraction doivent donc, tout en tenant compte des coûts d'obtention liés au rendement, au temps passé et au matériel utilisé, viser à résoudre au mieux les difficultés dans le but d'obtenir des extraits de haute qualité, c'est-à-dire, les plus proches possible de l'essence originelle [219].

On a des méthodes classiques et des méthodes innovantes.

## II.8.1. TECHNIQUES D'EXTRACTION CONVENTIONNELLES :

### II.8.1.1. ENTRAINEMENT A LA VAPEUR D'EAU :

Il s'agit de la méthode la plus ancienne et la plus utilisée pour obtenir une huile essentielle de qualité. Dans ce système d'extraction, le matériel végétal est soumis à l'action d'un courant de vapeur ascendant ou descendant sans macération préalable. Durant le passage de la vapeur à travers le matériel, les cellules éclatent et libèrent l'huile essentielle qui est vaporisée sous l'action de la chaleur pour former un mélange « eau + huile essentielle ». Le mélange est ensuite véhiculé vers le condenseur et l'essencier (vase de décantation pour les HEs) avant d'être séparé en une phase aqueuse et une phase organique (décantation). Il n'y a pas de contact direct entre l'eau et les matières végétales, puis il n'y a pas de contact direct entre l'eau et les molécules aromatiques, ce qui évite certains phénomènes d'hydrolyse ou de dégradation pouvant nuire à la qualité d'HE [210] [57][149].

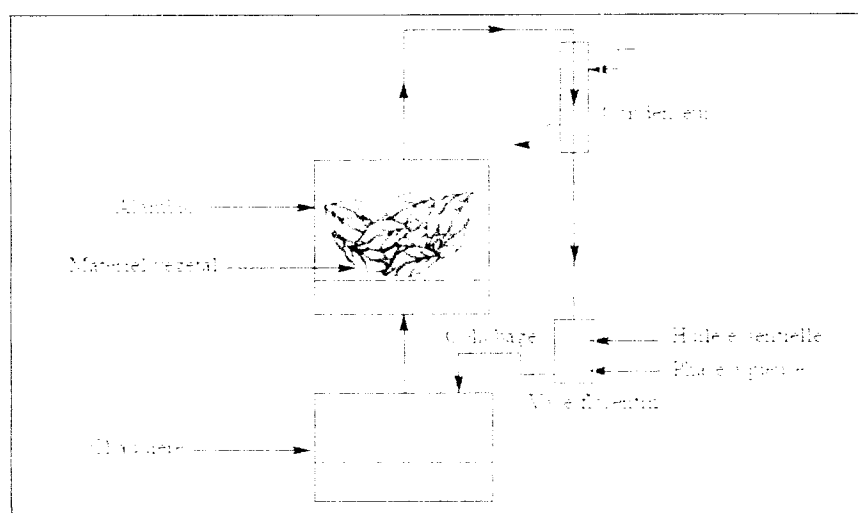


Figure 10: Schéma de montage de l'entraînement à la vapeur d'eau [18].

### II.8.1.2. HYDRODIFFUSION :

L'hydro-diffusion est une variante de l'entraînement à la vapeur d'eau. Elle consiste à faire passer, du haut vers le bas et à pression réduite, la vapeur d'eau au travers de la matrice végétale. Dans ces conditions les cellules végétales sont soumises à une action osmotique du flux de vapeur. L'huile essentielle s'écoule vers un collecteur permettant un équilibrage de pression. Comme pour l'entraînement à la vapeur d'eau l'hydro-diffusion présente l'avantage de ne pas mettre en contact le matériel végétal et l'eau, de plus l'hydro

diffusion permet une économie d'énergie due à la réduction de durée de distillation et donc à la réduction de la consommation de vapeur (figure 11) [33] [15].

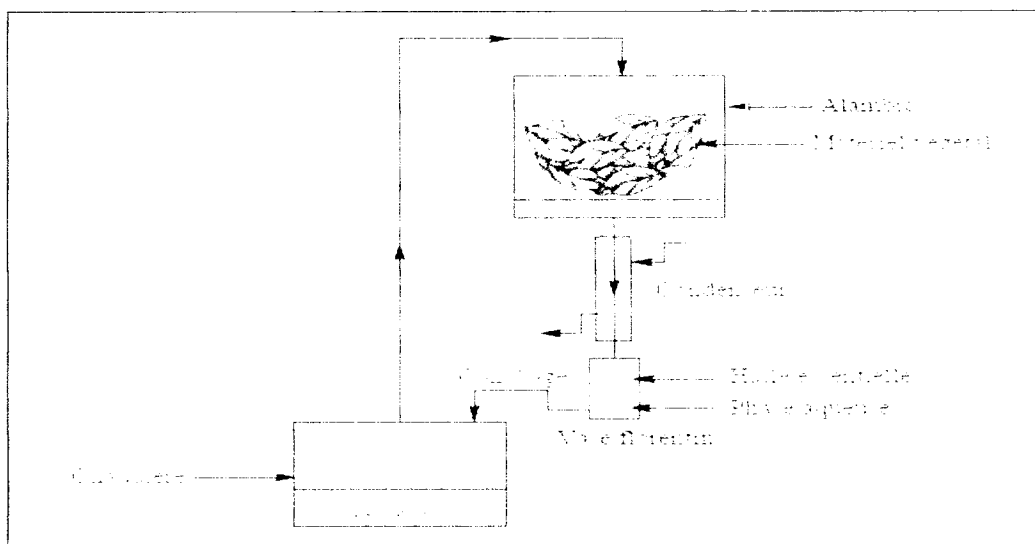


Figure 11: Schéma du dispositif de l'hydro-diffusion [18].

### II.8.1.3. HYDRO-DISTILLATION :

L'hydro-distillation est l'une des méthodes les plus préconisées pour l'extraction des HEs à partir des épices sèches. Son principe consiste à immerger la matière végétale directement dans un réacteur rempli d'eau placé sur une source de chaleur. L'ensemble est ensuite porté à ébullition sous une pression atmosphérique. La chaleur permet l'éclatement et la libération des molécules odorantes contenues dans les cellules végétales. Ces molécules aromatiques forment avec la vapeur d'eau un mélange azéotrope. Ce mélange constitué d'eau et d'HE est ensuite refroidi et condensé dans un essencier ou vase florentin. Une fois condensé, eau et molécules aromatiques du fait de leurs différences de densité, se séparent en une phase aqueuse et une phase organique contenant l'HE. La distillation peut s'effectuer avec ou sans cohobage (recyclage de l'eau de distillation à l'aide d'un siphon) des eaux aromatiques obtenus lors de la décantation (figure 12) [149].

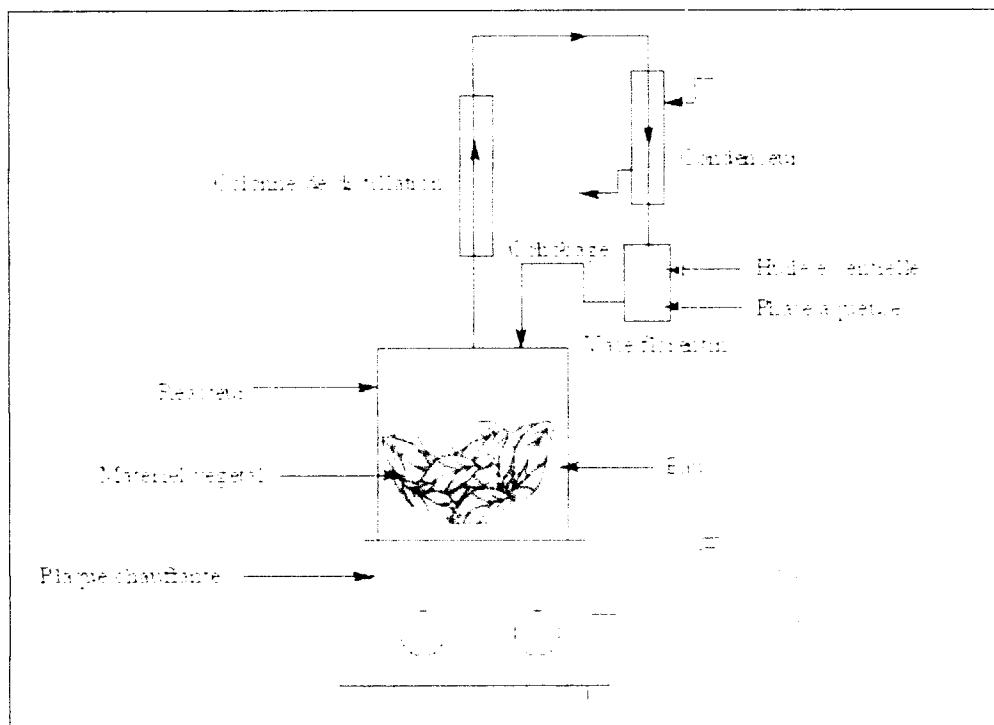


Figure 12: Schéma de montage de l'hydro-distillation [18].

#### II.8.1.4. EXTRACTION PAR LES SOLVANTS ORGANIQUES :

La technique d'extraction « classique » par solvant a été mise en œuvre pour les matières végétales fragiles telles que les fleurs, qui ne tolèrent pas la chaleur de distillation à la vapeur. Elle consiste à placer, dans un extracteur, un solvant volatil et la matière végétale à traiter. Grâce à des lavages successifs, le solvant va se charger en molécules aromatiques [163].

Les solvants les plus utilisés à l'heure actuelle sont l'hexane, le cyclohexane, l'éthanol, moins fréquemment le dichlorométhane et l'acétone. Le solvant choisi, en plus d'être autorisé, devra posséder une certaine stabilité face à la chaleur, la lumière ou l'oxygène. Sa température d'ébullition sera de préférence basse afin de faciliter son élimination, et il ne devra pas réagir chimiquement avec l'extrait. L'extraction est réalisée avec un appareil de Soxhlet. Ces solvants ont un pouvoir d'extraction plus élevé que l'eau, si bien que les extraits ne contiennent pas uniquement des composés volatils, mais également un bon nombre de composés non volatils tels que des cires, des pigments, des acides gras et bien d'autres substances [147].

### II.8.1.5. EXPRESSION A FROID :

On regroupe sous le terme « Expression à froid » tout processus permettant par des moyens mécaniques et sans chauffage d'extraire les huiles essentielles des fruits des agrumes. Le principe de ce procédé mécanique est basé sur la rupture des péricarpes riches en cellule sécrétrices. L'HE ainsi libérée est entraînée par un flux d'eau. Une émulsion constituée d'eau et d'essence se forme. L'essence est alors isolée par une décantation ou centrifugation. Cette méthode permet de conserver les molécules apolaires et non volatiles, habituellement absentes des huiles essentielles produites par distillation (flavonoïdes, stéroïdes, acides gras, furocoumarines substituées, etc...). Certaines d'entre-elles sont intéressantes comme les tocophérols, antioxydants naturels qui favoriseront la conservation de l'essence (figure 13) [44] [33].

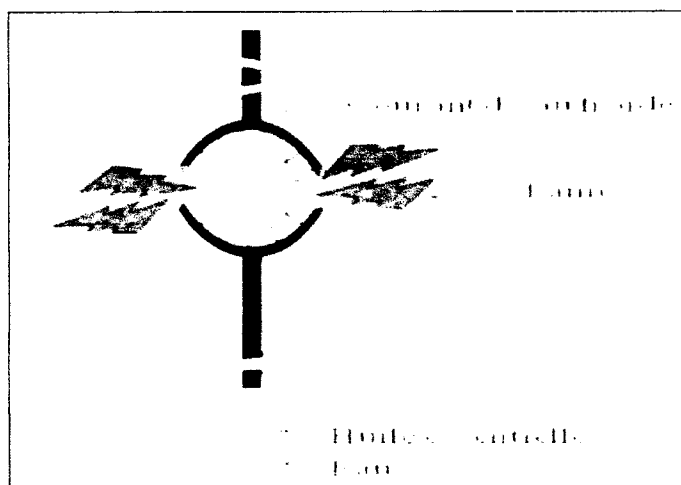


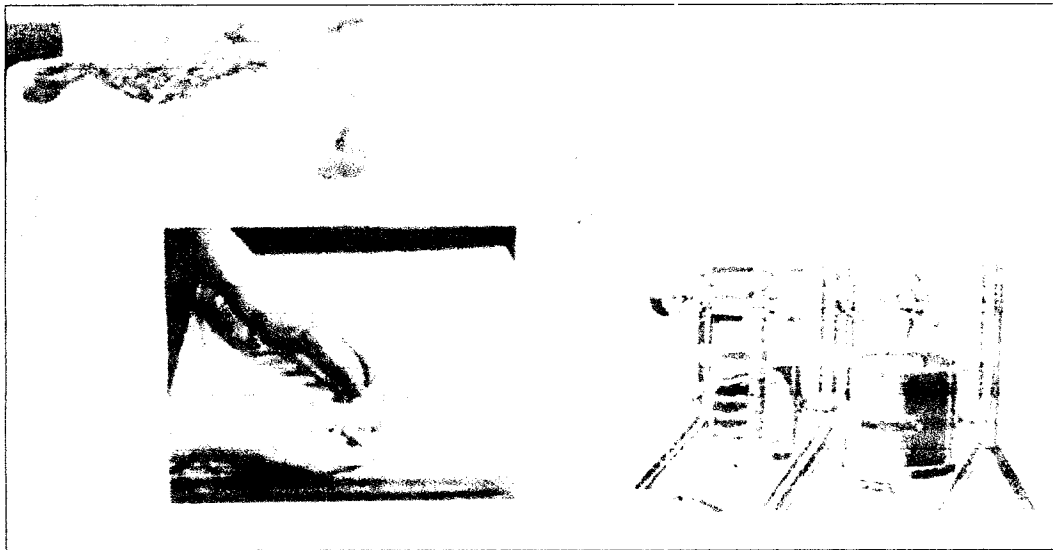
Figure 13 : Schéma du dispositif de l'expression à froid.

### II.8.1.6. ENFLEURAGE :

Cette technique est employée en parfumerie. Elle est fondée sur l'affinité qui peut exister entre les corps gras et les huiles essentielles. En effet les huiles essentielles sont absorbées par les corps gras. Dans ce système d'extraction on distingue deux méthodes selon la résistance de la plante à la chaleur : l'enfleurage à froid et l'enfleurage à chaud [20].

➤ **L'enfleurage à froid ou extraction dans la graisse :** Cette technique est particulièrement adaptée aux fleurs fragiles (jasmin, tubéreuse...). Pratiquement, on dépose une couche mince (3 mm) de graisse animale raffinée, sur les deux faces des

plaques en verre, supportées par un châssis en bois. Les pétales de fleurs sont déposés délicatement et manuellement une à une sur la face supérieure des plaques. Les substances volatiles diffusent et sont adsorbées par la couche de graisse sur les deux faces. Une même couche de graisse est utilisée jusqu'à sa saturation en essence végétale. Au terme de cette étape, la graisse est recueillie à l'aide d'une spatule en bois par raclage. Le produit obtenu est appelé « pommade florale ». La graisse parfumée est placée dans une batteuse, dans laquelle est également versé de l'alcool. Les molécules odorantes migrent vers la phase éthylique. Le mélange graisse alcool est refroidi et la graisse est éliminée par filtration. Ensuite l'alcool est évaporé par distillation sous vide, pour obtenir l'absolue (figure 14) [218] [20].



**Figure 14:** Photos du dispositif de l'enfleurage à froid [18].

- **L'enfleurage à chaud** : appelé digestion ou macération. Consiste à faire plonger la matière première dans des graisses préalablement chauffées au bain-marie. Le mélange est laissé à refroidir pendant une à deux heures, puis à nouveau chauffé afin d'être filtré par un tamis. La même charge de graisse est employée jusqu'à sa saturation en molécules odorantes. Le produit final est, comme précédemment, une « pommade florale ». Il est également possible d'obtenir « l'absolue » par extraction éthylique [20].

Ce procédé est pratiquement en voie de disparition en raison de son coût élevé et de la nécessité d'une main d'œuvre importante [18].



## **II.8.2. TECHNIQUES D'EXTRACTION INNOVANTES :**

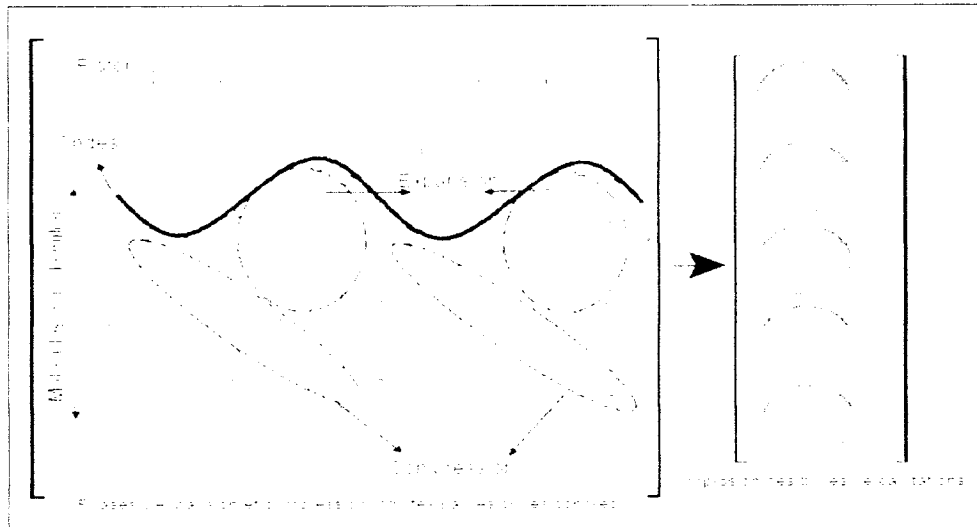
Les techniques traditionnelles d'extraction ont certes démontré leurs efficacités mais aussi leurs limites en termes de productivité, de rentabilité et de qualité des extraits. En effet la perte de certains constituants, la dégradation de certains composés insaturés par effet thermique, ainsi que la présence de résidus de solvants organiques plus ou moins toxiques peuvent être engendrés par ces techniques d'extraction. Pour pallier à ces inconvénients, de nouvelles techniques respectant le concept et les principes d'extraction verte se sont développées, ces dernières années, offrant ainsi de nombreux avantages (réduction de temps d'extraction sans altérer la composition des extraits, diminution de la consommation d'énergie, utilisation de petite quantité de solvant ou absence de solvant...)

Parmi ces procédés récents, basés sur des techniques nouvelles, nous pouvons citer :

- L'extraction assistée par ultrason ;
- L'extraction par fluide supercritique ;
- La turbo hydro-distillation ;
- L'extraction assistée par micro-ondes [18].

### **II.8.2.1. EXTRACTION ASSISTEE PAR ULTRASONS :**

L'extraction assistée par ultrasons a été utilisée sur un bon nombre de plantes aromatiques telles que l'artémise et la lavande. Elle consiste à immerger la matière première dans un solvant et en même temps elle est soumise à l'action des ultrasons. Lorsque ces ultrasons se propagent à travers le liquide, les oscillations des molécules provoquent la formation des zones de compression et de dépression (raréfaction). Des bulles se forment ainsi (phénomène de cavitation), ces derniers vont imploser au voisinage des parois cellulaires et provoquer la rupture des membranes cellulaires qui libèrent des molécules recherchées dans le milieu. Une étape d'élimination du solvant est nécessaire pour récupérer l'huile essentielle. La figure ci-dessous illustre le schéma de ce procédé [94] [114] [109] [199].



**Figure 15:** Schéma démonstratif de la cavitation ultrasonore [18].

En plus de l'amélioration du rendement, l'extraction assistée par ultrason fournit des HES de très haute qualité avec moins de dégradation thermique. L'extraction par ultrasons peut être couplée ou associée avec d'autres techniques d'extraction telles que l'énergie des micro-ondes, l'extraction par fluide supercritique ou par des méthodes classiques telles que l'extraction au soxhlet [149][215].

### II.8.2.2. EXTRACTION PAR FLUIDE SUPERCRITIQUE :

Le fluide supercritique le plus utilisé est le dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) du fait de ses conditions critiques modérées. Cette technique se rapproche énormément de l'extraction par solvant, le  $\text{CO}_2$  supercritique a la même fonction qu'un solvant sauf qu'il n'est pas nocif et qu'il ne reste plus aucune trace de celui-ci dans l'huile essentielle obtenue. Ce procédé consiste à placer les végétaux préalablement broyés dans un extracteur puis les mettre en contact avec le  $\text{CO}_2$  supercritique qui vient d'être comprimé et chauffé à une température maximale de  $40\text{ }^\circ\text{C}$ . Ainsi, l'HE est dissoute et le  $\text{CO}_2$  ; ici à l'état supercritique redevient gazeux et se sépare très facilement de huile essentielle obtenue(figure 16) [209].

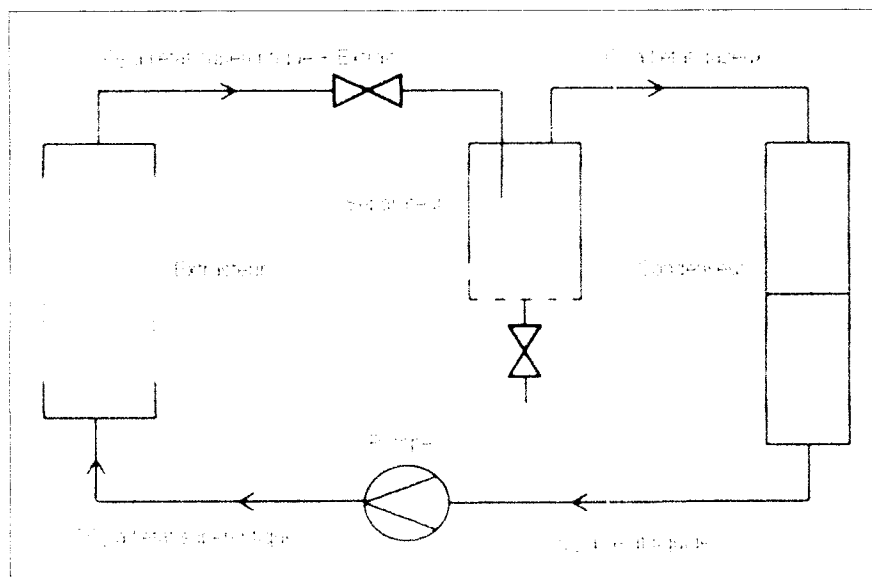


Figure 16 : Schéma du procédé de l'extraction par  $\text{CO}_2$  supercritique [18].

Cette huile est pure et reste très proche de la substance d'origine produite par la plante grâce à l'absence totale de dioxyde de carbone. Cependant, son utilisation est très peu répandue car les prix de l'équipement sont très élevés. Il y a plusieurs paramètres en prendre en compte pour cette extraction :

Le paramètre le plus important est la pression : c'est celle qui détermine la quantité de produit que l'on veut obtenir. Il faut savoir que plus la pression est élevée, plus la capacité de solvant augmente et plus la quantité de produit obtenu diminue.

Faut connaître le débit du  $\text{CO}_2$ .

Il faut aussi bien prévoir la durée de l'extraction ainsi que connaître la taille des particules.

En effet, de petites particules diminuent la durée de diffusion du solvant dans les particules, mais si elles sont trop petites cela peut engendrer des sortes de "bouchons" à l'intérieur des particules et donc ralentir le processus. Il est donc important de connaître la taille des particules.

La connaissance de ces paramètres permet une meilleure maîtrise de l'extraction et ainsi une plus courte durée [209].

### II.8.2.3. TURBO HYDRO-DISTILLATION : « THD »

L'extraction par Turbo hydro- distillation est en fait une **hydrodistillation accélérée en discontinu**. Ce processus fut breveté en 1981 par une société française. Il est particulièrement adapté pour l'extraction de l'huile essentielle des graines ou des racines : de tout matériau ou l'huile essentielle est **difficile à extraire** mais dont la plante n'est **pas fragile**. Cette technique est maintenant également connue sous le nom d'Arôma process [199].

L'alambic contient une turbine à lames qui broie et agite continuellement les plantes à l'intérieur. Sa fonction est de mieux vaporiser l'arôme en augmentant la surface de vaporisation de l'arôme. Cette méthode permet également la récupération des fractions les plus volatiles grâce à un système de condensation secondaire. L'existence d'une colonne à plateaux permet d'enrichir la vapeur en huiles essentielles d'où une amélioration du rapport d'entraînement. un système de cohobage recycle les eaux aromatiques afin qu'elles entraînent les composés non décantés (figure 17) [206].

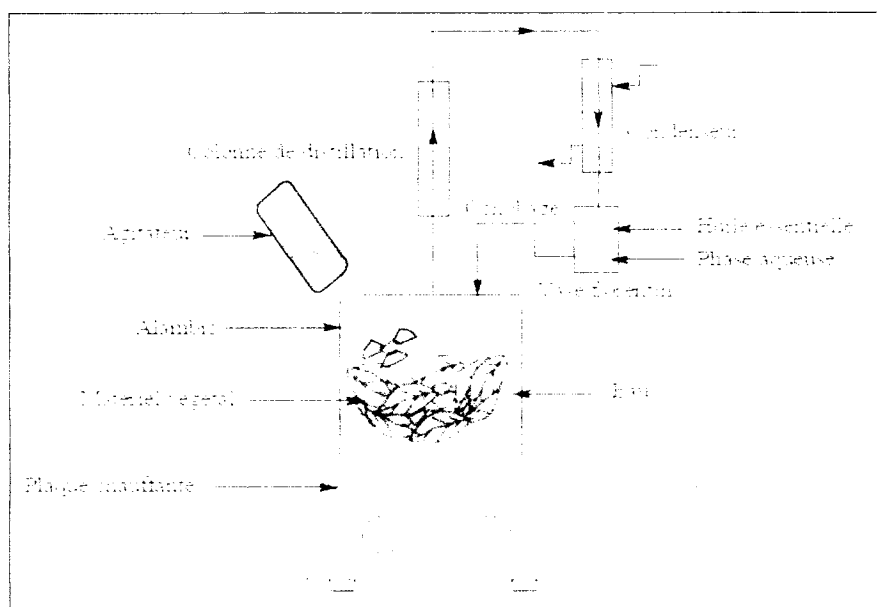


Figure 17 Schéma du procédé de la Turbo Hydro-distillation[18]

#### **II.8.2.4. EXTRACTION ASSISTEE PAR MICRO-ONDES :**

Cette technique est utilisée pour l'extraction des huiles essentielle et les aromes à partir des herbes aromatiques et des épices, ces huiles sont généralement présentes à des très faibles concentrations. Depuis 1986 avec les travaux de Ganzel et coll l'extraction assistée par micro-ondes a connu des profonds changements et elle est combinée à des techniques d'extraction classique pour réduire le temps d'extraction [33]. Parmi ces techniques on trouve :

- Extraction par solvant assistée par micro-ondes (ESMO) ;
- L'entraînement à l'air assisté par micro-ondes (EAMO) ;
- L'hydrodistillation assistée par micro-ondes (HDMO) ;
- L'extraction sans solvant assistée par microondes (ESSAM).

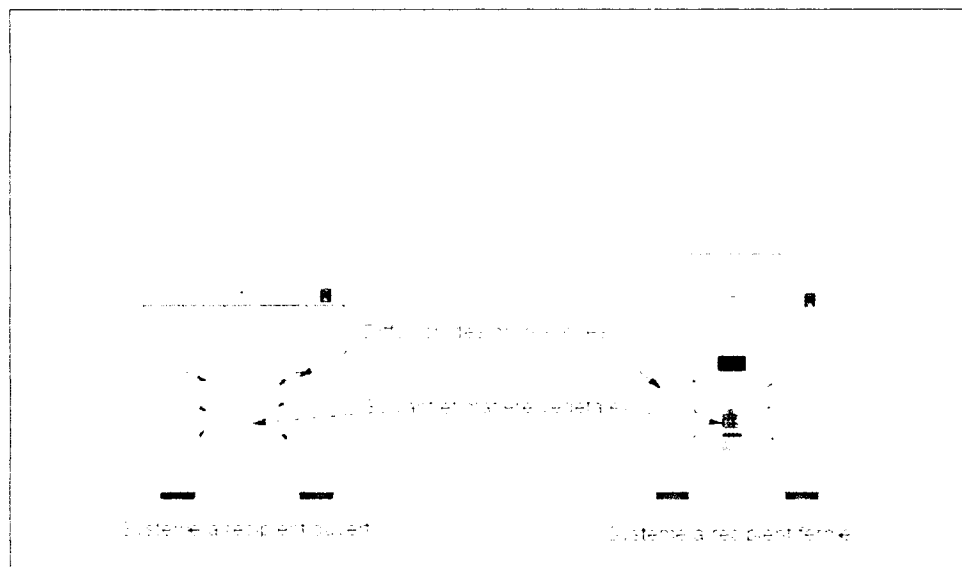
##### **II.8.2.4.1.Extraction par solvant assistée par micro-ondes (ESMO) :**

La méthode d'extraction par solvant assistée par micro-ondes a été mise au point pour l'extraction de divers composés et plus particulièrement pour l'extraction de composés aromatiques d'origine végétale. Ce procédé consiste à irradier par micro-ondes de la matière, végétale ou non, broyée au préalable en présence d'un solvant absorbant fortement les micro-ondes (le méthanol) pour l'extraction de composés polaires ou bien en présence d'un solvant n'absorbant pas les micro-ondes (hexane) pour l'extraction de composés apolaire [149].

Ensuite cette technique a été brevetée en 1990 comme étant un processus assisté par micro-ondes. Son principe consiste à traiter sous irradiation micro-ondes la matière végétale immergée dans un solvant n'absorbant pas les rayonnements micro-ondes tel que l'hexane.

Lorsque les cellules d'huile végétale sont soumises à des contraintes thermiques sévères et des pressions locales élevées, la montée en pression dans les cellules de l'HE excède leur capacité d'expansion et provoque une rupture des glandes contenant les HEs plus rapide que dans l'extraction conventionnelle. Les matières volatiles et l'HE se dissolvent dans le solvant organique avant d'être séparées par extraction liquide-liquide.

Les micro-ondes peuvent être appliquées à des échantillons en utilisant deux technologies : un système à récipient fermé à température et pression contrôlées et l'autre système à récipient ouvert sous pression atmosphériques (figure 18).



**Figure 18 :** Extraction par solvant assistée par micro-ondes [18].

Dans tous les cas, les rendements et la composition des extraits de micro-ondes sont comparables à ceux obtenus par extraction par solvant classique tel que le procédé d'extraction au Soxhlet, mais avec une réduction du temps d'extraction [180].

#### **II.8.2.4.2. Entraînement à l'air assisté par micro-ondes (EAMO) :**

En 1989, Craveiro et coll. ont proposé une technique originale d'extraction de l'huile essentielle par chauffage aux micro-ondes sans solvant en utilisant un compresseur à air. L'huile essentielle extraite en 5 minutes sous chauffage aux micro-ondes était présentée comme qualitativement identique à celle obtenue par entraînement à la vapeur en 90 minutes. Le système proposé est inspiré du procédé d'entraînement à la vapeur d'eau classique, il se compose en fait de trois parties : un compresseur envoyant de l'air dans le ballon où se trouve la matière végétale placée dans un four micro-ondes comme il est montré dans la figure suivante [33].

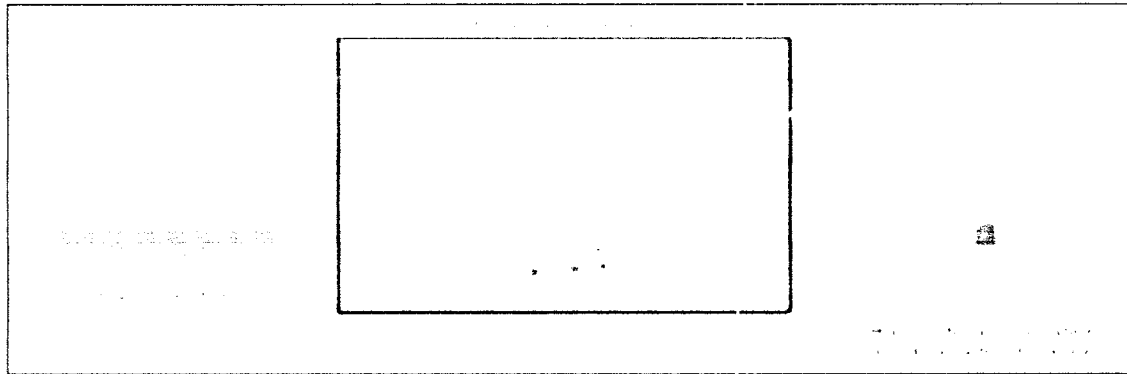


Figure 19 : Schéma du procédé d'extraction par entraînement à l'air assisté par micro-ondes.

### II.8.2.4.3. Hydrodistillation assistée par micro-ondes (HDMO) :

Ce procédé est entièrement basé sur le principe de l'hydrodistillation classique, il consiste à placer une partie du montage d'hydrodistillation dans le four à micro-ondes (figure 20). Le matériel végétal est donc placé en présence d'une quantité d'eau suffisante dans un ballon disposé dans l'enceinte du four à micro-ondes. Le système de réfrigération ainsi que la partie prévue pour la récupération des essences sont situés à l'extérieur du four [32]. Les avantages cités sont la rapidité et la similitude de la composition de l'huile par rapport à une hydrodistillation classique [33].

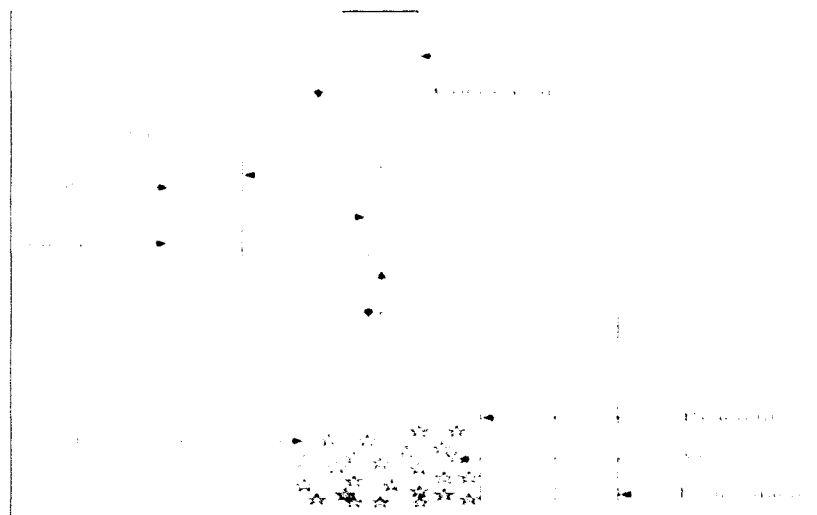


Figure 20 : Hydrodistillation assistée par micro-ondes (HDMO).

#### II.8.2.4.4. Extraction sans solvant assistée par micro-ondes (SFME) :

L'extraction sans solvant assistée par micro-ondes « Solvent Free Microwave Extraction (SFME) » est l'un des procédés d'extraction le plus récent, qui a été développé et breveté en 2004, par Chemat et al [108] [110].

Cette nouvelle technologie a été conçue pour l'extraction des produits naturels par distillation sèche via un rayonnement micro-ondes sous pression atmosphérique, en l'absence d'eau et de solvant organique.

Basée sur un principe relativement simple, cette technique consiste à placer la matière végétale fraîche dans un réacteur à l'intérieur du four micro-ondes, sans ajout de solvant ou d'eau (figure 21)

Les micro-ondes provoquent le réchauffement de l'eau contenue dans la matière première ce qui engendre un éclatement des cellules de la plante et conduit au relargage des HES.

Les HES libérées sont ensuite entraînées par la vapeur d'eau produite à partir de l'eau interne du matériel végétal.

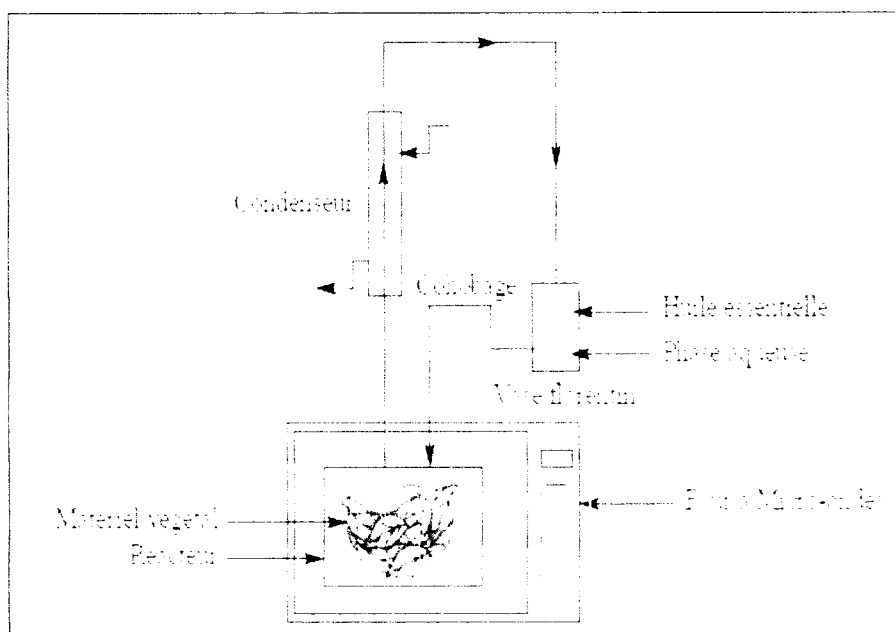


Figure 21: Schéma de montage de l'extraction sans solvant assistée par micro-ondes (SFME) [18].



Le mélange « eau-HE » est ensuite condensé de façon continue par un système de refroidissement à l'extérieur du four micro-ondes, puis recueilli dans un vase florentin. L'excès de la phase aqueuse est réintroduit par un système de cohobage à l'intérieur du réacteur afin de maintenir un taux d'humidité adéquat à la matrice végétale [18].

## **II.9. CARACTÉRISATION DES HUILES ESSENTIELLES :**

### **II.9.1. CARACTÉRISATION ORGANOLEPTIQUE :**

Liquides à température ambiante, rarement visqueuse (myrrhe), certaines cristallisent partiellement ou totalement à plus faible température (anis : anéthol : menthe des champs : menthol ; thym saturéioïde : bornéol). Les huiles essentielles sont volatiles et n'ont pas le toucher gras et onctueux, ce qui les différencie des huiles fixes [137] [41].

La plupart d'entre elles sont incolores ou jaune pâle lorsqu'elles viennent d'être préparées à l'exception des essences à azulènes qui sont bleues (ex : camomille allemande), de l'essence d'absinthe qui est verte, de celle de girofle qui est brune et de celle de wintergreen (Gaulthérie couchée) qui est rougeâtre. D'odeur agréable, aromatique. Pour la saveur, elle peut être douce, piquante, caractéristique, fruité, fraîche, e c t [48].

### **II.9.2. CARACTÉRISATION PHYSIQUE :**

**Pouvoir rotatoire :** C'est une propriété des molécules chirales, celles-ci ont la propriété de dévier le vecteur d'un faisceau lumineux les traversant [137] [222]. Il est mesuré à l'aide d'un polarimètre.

Les huiles essentielles sont le plus souvent optiquement actives.

**Densité relative :** elle représente le rapport de la masse d'un volume de liquide (HE pour notre cas) par la masse du même volume d'eau. Elle est sans unité et varie en fonction de la température. La 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 saffran, de cannelle et de girofle [16].

**Indice de réfraction** : c'est une grandeur sans dimension, caractéristique d'un milieu, décrivant le comportement de la lumière dans celui-ci [222]. Il est mesuré couramment par le réfractomètre d'Abbe [137].

La détermination de l'indice de réfraction pour une huile essentielle permet seulement de vérifier si elle est conforme aux normes établies [137]. Les HEs ont souvent un indice de réfraction élevé (1,45-1,56) [22].

#### **Solubilité des huiles essentielles**

- **Dans l'eau** : Elles ne sont naturellement pas, ou très peu, solubles dans l'eau : certains composants sont néanmoins plus solubles que d'autres (verbénone du romarin officinal, lavandulol de la lavande vraie) : quelques-unes ont des constituants particulièrement solubles, ce qui entraîne, durant la distillation des écorces de cannelle, l'obtention habituelle d'émulsions [43].

-**Dans les huiles fixes** : Elles sont totalement solubles dans les huiles grasses [103].

-**Dans l'éthanol** : Une huile essentielle est dite miscible à 5 volumes et plus de l'éthanol de titre alcoolimétrique déterminé à la température de 20°C, lorsque le mélange de 1 volume d'huile essentielle et de V volumes de cet éthanol est limpide, et le reste après addition graduelle d'éthanol de même titre jusqu'à un total de 20 volumes [19].

-**Dans les solvants organiques** : les HE s'y solubilisent très bien [43].

#### **II.9.3. CARACTÉRISATION CHIMIQUE :**

**Indice d'acide** :  $I_A$  est le nombre de milligramme (mg) de potasse nécessaire pour neutraliser les acides libres contenus dans 1 gramme (g) d'HE [137].

**Indice de saponification** :  $I_S$  est le nombre de milligramme (mg) d'hydroxyde de potassium nécessaire pour neutraliser les acides libres et saponifier les acides estérifiés contenus dans un gramme d'HE [222].

**Indice d'ester** :  $I_E$  est le nombre de milligramme de potasse nécessaire pour saponifier les esters présents dans 1 gramme d'HE [137].

#### **II.9.4. CARACTÉRISATION CHROMATOGRAPHIQUE :**

Différentes méthodes analytiques peuvent être utilisées, telles que la spectroscopie infrarouge, chromatographie sur couche mince (CCM), la chromatographie en phase gazeuse (CPG), la chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (CPG/SM) qui est la méthode la mieux adaptée à l'analyse des huiles essentielles [51].

##### **✓ Chromatographie en phase gazeuse (CPG) :**

C'est une méthode d'analyse qualitative et quantitative des mélanges complexes de composés gazeux ou susceptible d'être vaporisé sans décomposition [43].

L'échantillon est vaporisé et injecté en tête de colonne. L'élution est assurée par un flux de gaz inerte : phase mobile (H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, Hélium...).

La CPG est basée sur la répartition du produit analysé entre la phase gazeuse mobile et une phase liquide ou solide stationnaire. Les substances séparées sont affichées sur le chromatogramme, et chaque pic est caractérisé par un temps de rétention et une surface permettant ainsi de déterminer l'identité et le pourcentage de chaque constituant [13].

##### **✓ Spectrométrie de masse (SM) :**

Comme la CPG, La spectrométrie de masse est une technique analytique qualitative et quantitative dont le domaine d'application est très étendu [156].

##### **✓ Le couplage CPG/ SM :**

Le couplage CPG/SM est la technique de référence dans le domaine des HE, elle permet d'effectuer simultanément la séparation et l'analyse de différents constituants d'un mélange complexe [67]. Elle fournit un chromatogramme accompagné d'un ensemble de spectre de masse correspondant à chaque pic chromatographique, ce qui permet l'identification de la majorité des constituants séparés par la CPG [156].

✓ **Chromatographie sur couche mince (CCM) :**

La chromatographie sur couche mince (CCM) repose principalement sur des phénomènes d'adsorption : la phase mobile est un solvant ou un mélange de solvants, qui progresse le long d'une phase stationnaire fixée sur une plaque de verre ou sur une feuille semi-rigide de matière plastique ou d'aluminium.

Lorsque la plaque sur laquelle on a déposé l'échantillon est placée dans la cuve, l'éluant migre à travers la phase stationnaire, essentiellement par capillarité. En outre, chaque composant de l'échantillon se déplace à sa propre vitesse au-dessous de front du solvant. Cette vitesse dépend d'une part, des forces électrostatiques retenant le composant sur la plaque stationnaire et, d'autre part, de sa solubilité dans la phase mobile. Généralement, en CCM les substances de faible polarité migrent plus rapidement que les composants polaires [102].

**II.10. DOMAINES D'UTILISATIONS DES HUILES ESSENTIELLES :**

Traditionnellement, les huiles essentielles sont présentes dans le processus de fabrication de nombreux produits finis destinés aux consommateurs. Ainsi, elles sont utilisées dans l'agroalimentaire (gâteaux, biscuits, soupe, sauce, chewing-gum, chocolats, bonbons...), pour aromatiser la nourriture. Elles sont également utilisées dans l'industrie de la parfumerie, de la cosmétique et de la savonnerie. On les utilise aussi dans la fabrication des adhésifs (colle, scotch...), et celle de la nourriture pour animaux, dans l'industrie automobile, dans la préparation des sprays insecticides. L'homéopathie et l'aromathérapie sont des exemples courants d'usage d'huiles essentielles en médecine douce, et leur popularité s'est accrue d'une façon considérable ces dernières années [39].

Les huiles essentielles sont devenues une matière importante de point de vue économique avec un marché en constante croissance, grâce à leurs diverses propriétés. En effet, elles sont commercialisées et présentent un grand intérêt dans divers domaines industriels comme en pharmacie par leurs effets antispasmodique, antidiabétique, analgésique, antiseptique..., en alimentation par leur activité antioxydante et leur effet aromatisant, en parfumerie et en cosmétique par leur propriété odoriférante [83].

### **II.10.1. EN PHARMACIE :**

L'importance des plantes aromatiques est indiscutable. Leur contenu en essence et la nature chimique des constituants de celle-ci leur confèrent de grandes perspectives d'application. Ces substances sont très utilisées dans le domaine médical et pharmaceutique [80].

En effet, Les HE ont un champ d'action large, elles inhibent aussi bien la croissance des bactéries que celles des levures et de moisissures. Leur effet biologique a été souvent été trouvé supérieur à celui de plusieurs fongicides du commerce [187].

De plus ; les huiles essentielles sont très efficaces sur les germes résistants aux antibiotiques ; Ce qui leur donne une place parmi les moyens de désinfection [117] [105]. Elles sont employées comme anti-infectieux (girofle, eucalyptus, myrthe) ; analgésiques (girofle). Les essences d'eucalyptus sont indiquées dans les bronchites chroniques à cause de leur volatilité qui favorisent l'expectoration [117].

Les huiles essentielles peuvent être utilisées comme simples excipients dans d'autres médicaments et servir par exemple d'arôme pour masquer le goût d'un principe actif [136], comme agent de pénétration percutanée [138] ou encore comme source de précurseur d'hémi synthèse. C'est le cas des citrals qui servent à la production de la vitamine A [40].

Notons également que la médecine vétérinaire utilise aujourd'hui les huiles essentielles comme répulsifs ou insecticides, comme conservateur, dans l'alimentation animale ou tout simplement pour soigner les animaux de différentes affections [106][6].

Les perspectives d'application peuvent s'étendre à d'autres domaines comme par exemple, la stomatologie, traitement anti infectieux de la cavité buccale, aussi dans les soins dentaires ou simplement pour l'hygiène dentaire sous forme de dentifrices ou de pâte à mâcher [175].

L'aromathérapie gagne du terrain à mesure que l'intérêt de l'utilisation des huiles essentielles est reconnu. La plupart des huiles essentielles sont aujourd'hui en vente libre, y compris en dehors de tout contrôle médical, certaines voient tout de même leur délivrance au public réservée aux pharmaciens (décret N° 2007-1221 du 3 Août 2007 relatif au

monopole pharmaceutique, article D.4211-13 du Code de la Santé Publique) (Tableau 8) [73].

**Tableau 8** : Liste des huiles essentielles dont la délivrance au public est réservée aux pharmaciens [32] [93] [92].

Famille	Nom commun	Nom latin	Conditions particulières	Justification de la restriction
Amaranthaceae	Chénopode Vermifuge	<i>Chenopodium ambrosioides</i> L.	Liste II des substances vénéneuses	Présence d'ascaridole (peroxyde monoterpénique toxique)
		<i>C. anthelminticum</i> L.		
Apiaceae	Fenouil	<i>Foeniculum vulgare</i> L.	Délivrance sur ordonnance et inscription à l'ordonnancier	Peut servir à la fabrication de boissons alcooliques
	Anis étoilé ou Badiane	<i>Illicium verum</i> Hook. F.	Délivrance sur ordonnance et Inscription à l'ordonnancier	
	Anis vert	<i>Pimpinella anisum</i> L.	Délivrance sur ordonnance et Inscription à l'ordonnancier	
Asteraceae	Grande absinthe	<i>Artemisia absinthium</i> L.	Aucune	Présence de thuyone (cétone monoterpénique hautement convulsivante et hallucinogène)
	Petite absinthe	<i>Artemisia pontica</i> L.	Aucune	
	Armoise commune	<i>Artemisia vulgaris</i> L.	Aucune	
	Armoise blanche	<i>Artemisia herba alba</i> Asso	Aucune	
	Armoise	<i>Artemisia</i>	Aucune	

	arborescente	<i>arborescens</i> L.		
	Tanaisie	<i>Tanacetum vulgare</i> L.	Aucune	
<b>Brassicaceae</b>	Moutarde jonciforme	<i>Brassica juncea</i> (L.) Czernj. et Cosson	Liste II des substances vénéneuses	Contient de l'allylthiocyanate (toxique, notamment sur le plan neurologique)
<b>Cupressaceae</b>	Thuya du Canada ou Cèdre blanc	<i>Thuya occidentalis</i> L.	Aucune	Présence de thuyone (cétone monoterpénique hautement convulsivante et hallucinogène)
	Cèdre de Corée dit « cèdre feuille»	<i>Thuya koraenensis</i> Nakai	Aucune	
	Thuya	<i>Thuya plicata</i> Donn ex D. Don.	Aucune	
	Sabine	<i>Juniperus sabina</i> L.	Liste I des substances vénéneuses	Neurotoxique, présence de thuyone (cétone monoterpénique hautement convulsivante et hallucinogène), de sabinol (alcool terpénique neurotonique) et du pyrogallol (bloque le système digestif des animaux, mortel)
<b>Lamiaceae</b>	Hysope	<i>Hyssopus</i> <i>officinalis</i> L.	Délivrance sur ordonnance et	Peut servir à la fabrication De

			inscription à l'ordonnancier	boissons alcooliques
	Sauge officinale	<i>Salvia officinalis</i> L.	Aucune	Présence de thuyone (cétone monoterpénique hautement convulsivante et hallucinogène)
<b>Lauraceae</b>	Sassafras	<i>Sassafras albidum</i> (Nutt.) Nees	Aucune	Présence de safrol (toxique et cancérigène)
<b>Rutaceae</b>	Rue	<i>Ruta graveolens</i> L.	Liste I des substances vénéneuses	Présence de méthyl heptyl cétone (hautement neurotoxique et abortif)

## II.10.2. EN COSMÉTOLOGIE ET PARFUMERIE :

Les huiles essentielles sont utilisées aussi en cosmétologie et le secteur des produits d'hygiène, malgré que le coût élevé des produits naturels conduit parfois à préférer, pour les formulations de grande diffusion, les produits synthétiques [15].

Les huiles essentielles, matières premières par excellence des parfumeurs, sont classées en fonction de leurs odeurs. De ce fait les huiles essentielles de bergamote, citron, ou encore de la lavande constitueront la note la plus éphémère, dite note de tête. Des essences fleuries comme celles de rose ou de néroli participeront à l'élaboration de la note de cœur. Enfin, la note de fond, la plus durable des trois, comportera plutôt des essences boisées ou épicées comme le santal ou la cannelle [35].



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, du parfumage, des savons et des cosmétiques [198].

A la cosmétologie et le secteur des produits d'hygiène on notera la présence des huiles essentielles dans les préparations dermo-pharmacologiques, bains « 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 sont utilisées [129] [192].

**Tableau 9 :** Exemples des huiles essentielles pouvant être utilisées dans les produits cosmétiques [35].

Famille	Nom Latin	Nom commun	Composés majoritaires	Avantages Inconvénients
Cupressaceae	<i>Juniperus communis</i> L.	Genévrier	α-pinène, limonène	Odeur forte désagréable
Lamiacées	<i>Thymus capitatus</i> L.	Thym commun, pes phénol après	Thymol, carvacrol	Odeur forte désagréable
	<i>Leucantherum montanum</i> Mill.	Leucard	Acétate de styrène et autres	Incorporation en tant qu'additif
	<i>Origanum onites</i> L.	Origan	Caractères variés	Odeur forte désagréable
	Mentaceae	<i>Mentha arvensis</i> Mill. Char.	Adénolat, terpinène	Odeur forte désagréable
Ericacées	<i>Calluna vulgaris</i> (L.) Stapf	Callunelle	Nerol, geraniol	Précieux dans

**II.10.3.DANS L'INDUSTRIE AGROALIMENTAIRE :**

Les premières utilisations des plantes aromatiques par l'homme se sont faites pour enrichir la cuisine. Les Egyptiens diffusaient des odeurs par le chauffage de mélanges contenant des huiles essentielles dans le but d'augmenter l'appétit des personnes malades [6].

Les huiles essentielles sont finalement devenues des arômes naturels et des rehausseurs de goût dans de nombreux domaines de l'agroalimentaire : liqueurs, boissons, confiseries, plats cuisinés [123] s'il n'existe pas réellement de règle, on peut dire que les huiles essentielles plébiscitées pour des préparations salées sont issues d'épices et d'arômes alors que les huiles essentielles d'agrumes seront préférées pour des parfums plus sucrés [35].

La consommation d'huiles essentielles dans l'agroalimentaire suit la croissance de la consommation de produits préparés, ceci en réponse à une demande croissante de produits naturels de la part des consommateurs et à la mauvaise publicité faite aux conservateurs de synthèse. Le domaine le plus grand consommateur d'huiles essentielles est celui des boissons gazeuses. Celle qui est la plus utilisée dans le monde pour l'agroalimentaire est celle d'orange douce (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) [123].

Les huiles essentielles ont un parfum très prononcé, ce qui en fait des arômes naturels de choix. Un risque théorique existe de par les substances potentiellement toxiques que contiennent certaines d'entre elles, mais les très faibles quantités utilisées rendent le danger peu probable [35].

#### **II.10.4.DANS L'INDUSTRIE :**

Les domaines d'utilisation qu'on a cités sont déjà, dans une certaine mesure, des applications industrielles au regard des volumes utilisés et des exigences de ceux qui les emploient (comme par exemple la demande d'une matière première de qualité constante et bien connue).

Les huiles essentielles entrent dans la composition de plusieurs produits industriels. Cela va de l'industrie des détergents (la grande majorité de la production mondiale d'huiles essentielles de lavandin est utilisée dans des lessives et des adoucissants [148], aux colles et vernis en passant par la désinfection des locaux [135].

L'industrie chimique s'intéresse également aux mélanges complexes de molécules que représentent les huiles essentielles. Elles sont alors une source de molécules qui peuvent être utilisées telles quelles, c'est par exemple le cas du menthol que l'industrie du tabac consomme en grande quantité (en 2010, 12500 tonnes d'origine naturelle contre 6800 tonnes d'origine synthétique [24]). Les molécules isolées des huiles essentielles peuvent également être support de réactions d'hémisynthèse. L'intérêt est alors principalement économique, l'hémisynthèse se montrant bien souvent plus économique que la synthèse totale de nouvelles molécules [136].

### **II.11. CONSERVATION DES HUILES ESSENTIELLES :**

Les huiles essentielles sont constituées de molécules qui sont relativement instables dans le temps. Cette constatation a donc nécessité la mise en place de précautions particulières pour leur conservation. Du fait du nombre important de composés chimiques qui représente une HE, les possibilités de dégradation sont nombreuses. On peut observer des réactions de type photo-isomérisation, photo cyclisation, coupure oxydative, peroxydation, décomposition en cétones et alcools, thermo-isomérisation, hydrolyse et transestérification [14]. Les conséquences directes de ces réactions de dégradations sur l'huile essentielle sont une possible modification de ses propriétés.

Pour éviter au possible l'altération des HE, il existe des normes spécifiques sur l'emballage, le conditionnement et le stockage des HE (norme AFNOR NF T 75 -001, 1996) ainsi que sur le marquage des récipients contenant des HE (norme NF 75 -002, 1996) [220].

– Les recommandations des normes sont :

- ❖ On doit utiliser des flacons propres et secs en aluminium vernissé, en acier inoxydable ou en verre teinté anti-actinique, presque entièrement remplis et fermés de façon étanche (l'espace libre étant rempli d'azote ou d'un autre gaz inerte) [70].
- ❖ Toujours conserver le flacon d'origine (avec la notice) pour éviter les erreurs. Il doit toujours être bien scellé par un bouchon étanche afin d'éviter l'évaporation et tout type de dégradations. Les conserver de préférence « debout » pour éviter l'action corrosive des HE sur le compte-gouttes et le bouchon en plastique [30].

- ❖ Le récipient doit être conservé au sec, au frais, à l'abri de la lumière et à une température comprise entre 5° et 30°C (mettre au réfrigérateur si nécessaire). Ne pas exposer les bouteilles à la lumière ou à l'air pendant de longues périodes, pour éviter l'oxydation des composants, car cela peut rendre l'HE plus toxique. Les zones de stockage doivent être hors de la portée des enfants [221].
- ❖ Les HE de Rose, Thym à thymol ou Menthe poivrée se figent en cristaux à basse température (cela n'a pas d'incidence sur la qualité de l'HE). Au contraire les terpènes ont une structure chimique qui leur interdit de cristalliser : par contre, comme les hydrocarbures, ils polymérisent facilement. Certaines colles sont d'ailleurs fabriquées à partir de pinènes. Il est donc de première importance d'éviter soigneusement les facteurs accélérant ce processus lors de la conservation des HE (chaleur, lumière, air, etc.) [41].
- ❖ Les huiles essentielles de bonne qualité peuvent se conserver plusieurs années sous certaines conditions, jusque cinq ans pour les huiles Essentielles Chémotypées (H.E.C.T) par exemple. Seules les essences de Citrus se gardent un peu moins longtemps (trois ans) [70].
- ❖ La durée de conservation peut être allongée par l'ajout d'un antioxydant approprié. Dans ce cas, cet additif est à mentionner lors de la vente ou l'utilisation de l'huile essentielle. L'antioxydant peut être artificiel, mais la vitamine E pourrait être utilisée à la place. Des avertissements doivent être donnés, les HE sans antioxydants ne devraient pas être utilisés sur la peau après six mois [221].

## **II.12. REGLEMENTATION :**

Selon sa composition et la présentation qui en est faite, une HE destinée au consommateur pourra être considérée comme un médicament, un cosmétique ou une denrée alimentaire.

### **➤ Règlementation algérienne :**

#### **– Huiles essentielles et médicament :**

Selon la définition du médicament, donné par l'article 170 de la loi n° 85-05 du 16 février 1985 relative à la protection et à la promotion de la santé « On entend par médicament

toute substance ou composition présentée comme possédant des propriétés curatives ou préventives à l'égard des maladies humaines ou animales, ainsi que tout produit pouvant être administré à l'homme ou à l'animal, en vue d'établir un diagnostic médical ou de restaurer, corriger ou modifier leurs fonctions organiques ». Donc une HE qui présente une quelconque allégation thérapeutique sur son conditionnement sera considéré comme médicament. Le statut d'une HE est ainsi déterminé par son usage et par son activité pharmacologique [156].

Les spécialités pharmaceutiques à base d'HE répondent à la définition des médicaments à base de plantes, par conséquent ils doivent être conformes à la réglementation régissant les médicaments et faire l'objet d'une demande d'autorisation de mise sur le marché.

La loi n° 85-05 précise dans l'article 171 « sont également assimilés à des médicaments :

- Les produits d'hygiène et produits cosmétiques contenant des substances vénéneuses à des doses et concentrations supérieures à celles fixées par arrêté du ministre chargé de la santé.
- Les produits diététiques ou destinés à l'alimentation animale qui renferment des substances non alimentaires leur conférant des propriétés sur la santé humaine » [156].

En effet, un grand nombre de produits cosmétiques comprennent dans leur composition des huiles essentielles, il est donc nécessaire de prendre en considération les risques que ces substances peuvent faire courir à la santé des consommateurs [53].

– **Huiles essentielles et vente en l'état :**

Le code de la santé publique précise dans l'article 190 de la loi n° 85-05 du 16 février 1985 relative à la protection et la promotion de la santé que « La production, le transport, l'importation, l'exportation, la détention, l'offre, la cession, l'acquisition, l'emploi de substances ou plantes vénéneuses stupéfiante et non stupéfiante ainsi que la culture de ces plantes, sont fixées par voie réglementaire ». Par conséquent les HE et les produits à base d'HE répondant aux critères cités ci-dessus entrent dans le champ de cette directive [156].

➤ **Règlementation française :**

En l'absence d'un cadre réglementaire spécifique aux HE, les médicaments à base d'HE doivent être conformes à la réglementation des médicaments à base de plantes.

Les médicaments à base de plantes sont des médicaments dont les principes actifs sont exclusivement des drogues végétales ou des préparations à base de drogue(s) végétale(s) [59][78].

Certaines huiles essentielles ne peuvent être vendues en l'état et le Code de la Santé Publique précise dans l'article L.4211-1 6° que « la vente au détail et toute dispensation des huiles essentielles dont la liste est fixée par décret, ainsi que leurs dilutions et préparations ne constituant ni des produits cosmétiques, ni des produits à usage ménager, ni des denrées ou boissons alimentaires appartiennent au monopôle pharmaceutique. »

Il existe seize huiles essentielles ne pouvant être vendues que par les pharmaciens du fait de leur toxicité comme les huiles essentielles d'armoise, d'absinthe, de rue, de sauge, de sabiné et c t [1] [59].

## **II.13. PROPRIÉTÉS PHARMACOLOGIQUES DES HUILES ESSENTIELLES :**

Les propriétés pharmacologiques des huiles essentielles sont nombreuses. En effet, celles-ci peuvent aussi bien traiter des infections, lutter contre les inflammations, favoriser la digestion, etc....

### **II.13.1. ACTIVITÉ ANTI-INFECTIEUSE :**

Cette activité est la mieux étudiée par les scientifiques, elle comprend :

#### **❖ L'activité antibactérienne :**

De très nombreuses huiles essentielles ont des propriétés antibactériennes, notamment sur les germes suivants : L'huile essentielle de Laurier noble et de Romarin sb - cinéole vont s'attaquer E. coli ; l'huile essentielle de l'*Allium sativum* et l'HE de girofle vont s'attaquer *Helicobacter pylori* ; l'Huile essentielle de niaouli et huile essentielle d'arbre à thé et celle de citrus vont s'attaquer à la Streptocoque ; Huile essentielle de menthe poivrée a un effet sur la Salmonella) [70].

Les huiles essentielles agissent aussi bien sur les bactéries à Gram positif que sur les bactéries à Gram négatif. Toutefois, les bactéries à Gram négatif sont moins sensibles à l'action des HE et ceci est directement lié à la structure de leur paroi cellulaire [107] ; Cependant, on a des exceptions, comme par exemple "*Aeromonas hydrophila*" et "*Campylobacter jejuni*" qui ont été décrites comme particulièrement sensibles [84].

❖ **Huiles essentielles comme antibiotiques :**

"*Propionibacterium acnes*", responsable en grande partie de l'acné, est la cible d'un nombre important d'antibiotiques. Mais, cette bactérie commence à développer quelques résistances ; D'où l'idée d'étudier l'huile essentielle de "*Ocimum gratissimum*" (chemotype thural) sur 126 patients. L'application deux fois par jour pendant 4 semaines d'une crème hydrophile à 2% d'huile essentielle est plus efficace que l'utilisation de la lotion de référence au peroxyde de benzyle 10% [170].

L'huile essentielle de "*Melaleuca alternifolia*" est tout aussi efficace sur l'acné. Sur 60 patients, en utilisant pendant 45 jours un gel à 5% d'HE, on diminue de 40.49% les lésions acnéiques [120].

Sur le système digestif, contre les germes causant des diarrhées chez l'enfant (brésilien) comme "*staphylococcus aureus*", salmonella spp et "*Escherichia coli*" ; L'huile essentielle des feuilles de Goyavier ou "*Psidium guajava*" est particulier efficace [158].

❖ **L'activité antifongique :**

Plusieurs huiles essentielles sont actives sur des champignons pathogènes, ceci est montre dans le tableau suivant (tableau 10) :

**Tableau 10:** Listes de certaines HE actives sur les champignons pathogènes [70].

<b>Champignons pathogènes</b>	<b>Huiles essentielles utilisées</b>
Candida albicans	-Huile essentielle d'origan ;

(candidoses)	-Huile essentielle d'arbre thé ; -Huile essentielle de laurier noble ; -Huile essentielle de niaouli ; -Huile essentielle de cannelle de Ceylan.
Pied d'athlète	-Huile essentielle d'arbre à thé.
Trichoderma viride	-Huile essentielle de cannelle de Ceylan.
Dermatophytes responsables D'onychomycoses	-Huiles essentielle d'arbre à thé.
Trichophyton interdigitales	-Huile essentielle de sarriette ; -Huile essentielle d'arbre à thé.
Aspergillus	-Huile essentielle de cannelle de Ceylan ; -Huile essentielle de sarriette des montagnes.
Pityriasis versicolor	-Huile essentielle de lemon grass (la plus active).

❖ **Activité antivirale :**

L'activité antivirale découle de la liposolubilité des HE, ce qui leur permet de pénétrer dans l'enveloppe virale riche en lipides. Donc les huiles essentielles sont plus actives sur les virus enveloppés car ils sont plus fragiles que les virus nus. Ils sont donc particulièrement efficaces contre les virus herpès simplex, VHS-1 (herpès labial) et VHS-2 (herpès génital) [30].

On donne l'exemple de l'huile essentielle de Niaouli qui va agir sur l'herpès simplex virus de type I et l'huile essentielles de ravensare qui va attaquer zona en usage externe [70].

❖ **L'activité antiseptique atmosphérique :**

L'huile essentielle d'Eucalyptus citronné va agir sur le "*Pseudomonas aeruginosa*", bactérie responsable d'infections nosocomiales.

**II.13.2. ACTIVITÉ ANTIPARASITAIRE, ANTI PROTOZOAIRE :**

Au niveau entéral, et concernant les protozoaires pathogènes "*Giardia duodenalis*" et "*Trichomonas vaginalis*", les huiles essentielles de "*Lavandula augustifolia*" et "*Lavandula intermedia*" donne des résultats convaincants. En essais in vitro, à des



concentrations de 1%, ces huiles éliminent complètement les deux parasites. La corrélation en in vivo est tout aussi encourageante [166].

Sur les vers, on trouve surtout des études utilisant "*Artemisia absinthium*", "*Artemisia annua*" et "*Artemisia scoparia*". Ainsi, "*Hymenolepis nana*", "*Lambliia intestinalis*" et le Trichocéphale sont sensibles à ces essences dans 70-90% des cas. L'huile essentielle d'origan et son composant majeur le carvaerol, sont très connus pour leur efficacité contre les poux et la gale. Elle aussi efficace sur le *Cryptosporidium* et giardia [122].

### **II.13.3. ACTIVITÉ ANXIOLYTIQUES DES HUILES ESSENTIELLES :**

De nombreux travaux portent sur les propriétés anxiolytiques des huiles essentielles. Une étude a par exemple permis de tester l'effet de massages à l'aide d'huiles essentielles réputées anxiolytiques (lavande "*Lavandula angustifolia*"), rose "*Rosa damascena*", orange "*Citrus sinensis*", bergamote "*Citrus aurantium*", citron "*Citrus limon*", bois de santal "*Santalum album*", sauge sclérée "*Salvia sclarea*", camomille romaine "*Anthemis nobilis*" et géranium "*Pelargonium spp.*" sur l'anxiété de patients hospitalisés en service psychiatrique et une efficacité bénéfique de ces huiles essentielles a été statistiquement démontrée en comparaison au groupe de patients recevant des massages avec le placebo, ne contenant pas ces huiles essentielles [148].

Une autre étude a mis en évidence une diminution du ressenti personnel du stress malgré une absence de modification des paramètres physiologiques mesurés (variation de la fréquence cardiaque, activité du cortisol et activité immunitaire sanguine), chez des personnes adultes en bonne santé, lors d'inhalations quotidiennes pendant quatre semaines d'un mélange d'huiles essentielles composé en majorité d'huile essentielle de citron "*Citrus limon*" [146].

Les huiles essentielles de scutellaire "*Scutellaria spp.*", mélisse officinale "*Melissa officinalis*", houblon "*Humulus lupulus*" et valériane "*Valeriana officinalis*" ont également des propriétés anxiolytiques démontrées par diverses études chez l'homme [201].

Parmi les autres huiles essentielles réputées anxiolytiques, citons le basilic "*Ocimum basilicum*", le laurier noble "*Laurus nobilis*", le lavandin super (*Lavandula x*

burnatii CT super, hybride naturel entre la lavande officinale "*Lavandula angustifolia*" et la lavande sauvage "*Lavandula latifolia*") [205].

#### **II.13.4. PROPRIÉTÉS ANTICANCEREUSES :**

Le d-limonène, principal constituant de l'huile essentielle d'orange douce "*Citrus sinensis*", est l'un des composés les plus étudiés dans ce sens. Cette huile contient aussi l'alcool de perillyl ou perillol, un hydrocarbure monoterpénoïde, qui a suscité l'intérêt de l'Institute Nationale du Cancer des états unis. A des doses systémiques plus faibles que le limonène, le perillyl inhibe plus efficacement la farnesyl-transférerase [178]. Or cet enzyme joue un rôle lors des stades précoces de la carcinogénèse.

Le perillol diminue également et de manière significative la multiplicité des adénocarcinomes invasifs du colon, et il a été démontré dans ce type de cancer qu'il augmente le nombre d'apoptose des cellules tumorales. Des chercheurs de l'université de Purdue ont montré que le taux d'apoptose est multiplié par six lors d'un traitement de cellules de l'adénocarcinome du pancréas par rapport à des cellules non traitées par le perillol. Ils ont aussi noté que l'effet du perillol est plus important sur les cellules malignes que sur les cellules saines du canal pancréatique [190]. L'alcool de perillyl est aussi efficace dans la diminution de la croissance des tumeurs du foie [164].

D'autres alcools monoterpéniques présentent aussi une activité inhibitrice du néoplasie. On peut citer pour exemples le géraniol, le carveol, le farnesol, le nerolidol, le linalol, le menthol et le  $\beta$ -citronellol. Le géraniol, qui empêche la croissance des cellules tumorales en culture, surtout les cellules des hépatomes et des mélanomes du rat [200]. En fournissant à des souris une alimentation contenant du géraniol pendant quatorze jours, on observe qu'après une injection intra péritonéale de cellules tumorales, on augmente le temps de survie de 50% et 20% des souris restent indemnes de tumeurs [204]. En particulier le Nerolidol a un effet sur la prénylation des protéines et est capable de réduire de 82% les adénomes duodénaux chez le rat [186]. Il en va de même avec une alimentation contenant du perillol qui augmente le nombre d'apoptose des cellules du cancer du côlon [183].

On peut dire qu'un régime riche en fruits et légumes contenant des monoterpènes tel que le limonène pourrait protéger du cancer du côlon, des glandes mammaires, du foie, du pancréas et du poumon [113].

### **II.13.5. ACTIVITÉ SPASMOLYTIQUE :**

Plusieurs huiles essentielles sont réputées pour diminuer ou supprimer les spasmes gastro-intestinaux. Cette affirmation est d'ailleurs établie de façon clinique pour l'HE de Menthe poivrée. Ces huiles essentielles agissent par différentes actions [30].

L'action spasmolytique est de type neurotrope et/ou musculotrope. Les molécules lipophiles se fixent sur la membrane des cellules musculaires lisses et entraînent l'entrée du calcium dans les cellules ce qui provoque une relaxation des fibres lisses [14].

Ces observations ont été faites *in vitro*, et ont démontré une activité spasmolytique marquée sur l'iléon de Cobaye isolé et, dans une moindre mesure sur la trachée de ce même animal [154]. Parmi les huiles essentielles réputées spasmolytiques citons : la lavande fine, le basilic, l'angélique, la camomille, le girofle, le thym et la Menthe poivrée [30].

### **II.13.6. HUILES ESSENTIELLES DANS LE TRAITEMENT DES HYPERLIPOPROTÉINÉMIES :**

Des études sur un produit commercialisé en Europe, contenant de l'huile essentielle de rose (68 mg) et de la vitamine A, véhiculées dans de l'huile de tournesol ; Montrent que cette spécialité est intéressante dans cas de cholélithiase, de stéatose hépatique et d'hyperlipoprotéinémies de type IIb et IV [88] [141].

### **II.13.7. ACTIVITÉ ANTALGIQUE, ANALGÉSIQUE :**

On différencie l'activité antalgique qui va calmer la douleur de l'activité analgésique qui elle va permettre d'inhiber la douleur. Certaines huiles essentielles possèdent ces activités. Pour cette activité, on recense de nombreuses molécules, car la variabilité des causes des phénomènes douloureux est également très vaste.

L'huile essentielle de Camomille noble est utilisée en anesthésie locale ou en pré-Anesthésie. L'huile essentielle de Menthe poivrée pourra être utilisée lors des migraines [23] [71].

Il est prouvé que l'inhalation d'une solution à 2% d'huile essentielle de lavande officinale diminue les besoins en opioïdes. Sur 54 et 50 patients de deux études on observe que 46 % réclament des analgésiques s'il y a inhalation d'HE alors que dans un groupe placebo 80% en réclament. De plus les patients sous HE n'ont besoin que d'une dose de 2.38 mg de morphine et le groupe sous placebo nécessite 4.26 mg [140].

L'eugénol dans l'HE de Girofle est utilisé pour traiter les algies dentaires. Le problème est que cette huile essentielle est connue comme très agressive. Chez les patients allergiques (sensibles) à l'eugénol, on préférera utiliser l'HE de Laurier noble qui est moins riche en eugénol, mais qui est composé de phénols-méthyl éthers qui sont de puissants antalgiques [30].

### **II.13.8. ACTIVITÉ CALMANTE ET RELAXANTE :**

Les huiles essentielles peuvent calmer, détendre ou faciliter le sommeil lors d'une diffusion atmosphérique. Les troubles du système nerveux sont un domaine dans lequel les HE ne sont pas assez exploitées [41].

Les huiles essentielles de lavande fine et d'hysope officinale inhibent la stimulation induite par la caféine et donc présentent une action sédatrice qui a été établie sur les souris [150].

### **II.13.9. COLIQUES INFANTILES SOIGNABLES PAR LES HUILES ESSENTIELLES :**

En médecine traditionnelle le fenouil, le carvi et l'anis sont largement connus pour leurs effets carminatifs et purgatifs. Récemment, lors d'essais sur matériel animal, il s'est avéré que les huiles essentielles de ces trois plantes diminuent les spasmes intestinaux et atténuent la motilité du petit intestin. A 125 nourrissons de 2 à 12 semaines on a donné une émulsion à 0.1% d'HE dans l'eau avec 0.4% de polysorbate 4 fois par jour en essayant d'obtenir une dose de 12 mg/kg/j. On constate alors que les symptômes diminuent chez 65% des nourrissons (23.7% pour le placebo) [140].

### **II.13.10. HUILES ESSENTIELLES DANS LE TRAITEMENT DES DYSPHAGIES ET D'ODINOPHAGIE :**

Chez certains nombres des gens, il y a un retard de déclenchement du réflexe de déglutition d'où des sensations, parfois réelles, d'étouffement.

L'huile essentielle de poivre noir et le menthol ont été testés sur ce trouble de la déglutition qui trouve très probablement son origine dans un flux sanguin diminué au niveau du cortex insulaire central. L'huile essentielle de poivre noir permet d'augmenter le flux sanguin à ce niveau (tomographie), et augmente alors le nombre de déglutition et diminue le temps de latence avant déclenchement de ce réflexe [118].

### **II.13.11. DYSMÉNORRHÉES ET TROUBLES MENSTRUELS :**

L'huile essentielle de citronnelle de Ceylan est utilisée dans le cas d'algoménorrhées (avec des douleurs pelviennes au moment des règles) ; Pour fluidifier les sécrétions cervicales et vaginales on utilise l'huile essentielle de romarin sb 1,8 – cinéole [70].

Sur le plan clinique, une solution à 2% d'huile essentielle de *Foeniculum vulgare* diminue les douleurs faibles à modérées chez 67.4% des 60 femmes examinées. Soit un effet comparable aux AINS standards [171].

Pour les douleurs modérées à intenses l'HE de fenouil à 2% est comparable à l'acide mefénamique [134].

### **II.13.12. ACTIVITÉ ANTIHISTAMINIQUE :**

Certaines huiles essentielles permettent l'inhibition de la synthèse des leucotriènes et empêchent donc la libération de l'histamine responsable des réactions allergiques. On retrouvera parmi elles, l'huile essentielle de Basilic Tropical qui soulagera certains symptômes liés à une réaction allergique [23] [71].

### **II.13.13. ACTIVITÉ CUTANÉE, CICATRISANTE :**

Les huiles essentielles favorisent la réparation tissulaire, elles maintiennent l'asepsie et empêchent l'inflammation des tissus, favorisant ainsi la cicatrisation ; Certaines huiles essentielles agissent sur les taches brunes de la peau. L'huile essentielle d'Arbre à thé peut régénérer les tissus irradiés par les radiothérapies [23] [71]

Les huiles essentielles cicatrisantes sont les huiles essentielles de Ciste "*Cistus ladaniferus*", de Lavande vraie "*Lavandula vera*", d'Immortelle "*Helichrysum italicum*", de Myrrhe "*Commiphora myrrha*". On utilise souvent un mélange de plusieurs huiles essentielles cicatrisantes avec une huile végétale comme l'huile d'amande douce.

#### **II.13.14. HUILE ESSENTIELLES ET TRACTUS RESPIRATOIRE :**

Il existe une liste très étendue des huiles essentielles utilisées dans les infections de tractus respiratoire, mais la plus grande partie des recherches effectuées dans ce sens estiment que l'action sur le tractus respiratoire est due principalement au menthol et/ ou au 1,8 - cinéole.

Les effets observés de ces composés chimiques lors des essais cliniques sont :

- Antitussifs à faible concentration [144] [104].
- Une dépression respiratoire à forte dose [188] [174].
- Diminution de la sensation de dyspnée et amélioration du confort respiratoire [202] avec une diminution de l'hypersensibilité aux allergènes aéroportés [203].
- Action antimicrobienne in-vitro et in-vivo [173] [98].
- Effet mucolytique et stimulation du l'épithélium respiratoire, si bien que sur 125 patients atteints de rhino-sinusite tous ressentent une amélioration très marquée [112].
- Amélioration de la fonction pulmonaire en général.

#### **II.14. TOXICITE DES HUILES ESSENTIELLES :**

##### **II.14.1. TOXICOCINÉTIQUE :**

Les composés actifs des huiles essentielles sont absorbés rapidement et sont largement distribués dans l'organisme. Leur biotransformation hépatique et leur élimination par voie urinaire sont également rapides, ainsi il n'y a pas de bioaccumulation dans l'organisme. Ces composés actifs peuvent donc facilement atteindre leurs cibles et leurs effets toxiques peuvent alors se manifester. Cette toxicité est variable en fonction des composés et de la voie d'administration [21].

## **II.14.2. EFFETS TOXIQUES ET INTOXICATIONS AUX HUILES ESSENTIELLES :**

### **II.14.2.1. Phototoxicité :**

La phototoxicité est due aux furocoumarines et aux pyranocoumarines. Ce sont des molécules polycycliques qui, sous l'action des rayons ultraviolets forment des liaisons avec les bases pyrimidiques de l'ADN. Cette liaison entraîne la libération de médiateurs inflammatoires qui provoquent un érythème pouvant être assimilé à un coup de soleil. Cette réaction, principalement provoquée par les essences de citrus (bergamote, citron et pamplemousse), ainsi que par les huiles essentielles de cumin et de persil frisé, se manifeste plusieurs heures après l'exposition. C'est pourquoi, en parfumerie, ces essences ne sont utilisées qu'à des concentrations faibles définies par l'International Fragrance Association (IFRA) [79].

Les huiles essentielles et les essences phototoxiques sont les suivantes (toutes les essences de Zeste d'agrumes –familles des citrus) :

Essence. Citron (Zeste) ;

Essence. Bergamote (Zeste) ;

Essence. Mandarine (Zeste) ;

Essence. Orange amère (Zeste) ;

Essence. Orange douce (Zeste) ;

Essence. Pamplemousse (Zeste) ;

Essence. Hystrix (Zeste) ;

Essence. Limette (Zeste) [27].

### **II.14.2.2. Irritation cutanée :**

Les huiles essentielles irritantes pour la peau provoquent des dommages cutanés réversibles tels que des rougeurs, des sensations de chaleur et de démangeaisons, pouvant aller jusqu'à des brûlures, et ce jusqu'à 4h après exposition [101].

Les principales molécules qui présentent une irritation cutanée sont les suivantes :

- Les aldéhydes aromatiques, comme l'aldéhyde cinnamique présent à plus de 80% dans les huiles essentielles d'écorces de Cannelles (*Cinnamomum spp.*) ;
- Les aldéhydes terpéniques avec notamment les citrals réputés irritants, dont l'agressivité est compensée par le limonène dans les huiles essentielles riches en terpénoïdes. Les terpénoïdes sont généralement moins agressifs que les phénols [47] [8] [49] [17].

#### **II.14.2.3. Actions vésicantes et nécrosantes :**

Les molécules terpéniques provoquent la nécrose du tissu cutané ; a qui justifie le refus de la commercialisation des huiles essentielles les contenant. Citons les huiles essentielles de moutarde, de croton, de sabine, etc.

Il en est de même avec les molécules dont l'action sur la peau est à ce point agressive que l'huile essentielle provoquerait des phlyctènes, vésicules bulleuses sur la peau et les muqueuses [27].

#### **II.14.2.4. Néphrotoxicité :**

Une toxicité rénale peut se développer chez certains consommateurs qui ont pris par voie orale et sur une période prolongée, des doses souvent importantes d'huiles essentielles riches en certaines terpènes (alpha et beta pinène). L'ingestion de santal a également été tenue pour responsable de toxicité rénale potentielle.

La recommandation est de limiter la prise par VO sur une durée d'un maximum de 2 à 3 semaines pour les huiles essentielles concernées suivantes : Genévrier commun (rameau) ; Pin sylvestre ; Pin maritime (oléorésine) ; Pin maritime (aiguille) ; Sapin baumier ; Sapin blanc ; Santal jaune [27].

#### **II.14.2.5. Hépatotoxicité :**

Les huiles essentielles hépatotoxiques présentent une toxicité pour le foie en cas d'utilisation prolongée à forte dose. Rappelons que le foie permet de métaboliser un bon nombre de molécules, principalement pour les rendre plus polaires et facilite leur élimination rénale par la suite. Ce ne sont pas les composants des HEs qui sont directement



toxiques pour le foie, mais les produits issus de leur métabolisation hépatique qui le sont [49] [17].

La classe biochimique qui présente cette hépatotoxicité est celle des phénols aromatiques (thymol, carvacrol, eugenol) [27].

A ce sens on donne l'exemple de pulégone, principal composant des huiles essentielles de "*mentha pulegium*" et de "*hedeoma pulegiodes*" qui est très souvent responsable d'accidents mortels. Ce terpène est toxique par lui-même mais ses métabolites, surtout des époxydes, sont plus toxique [126].

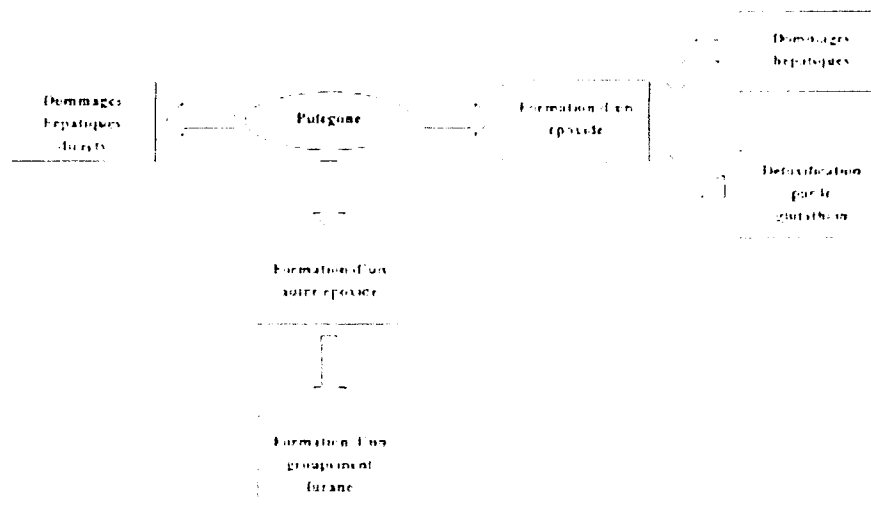


Figure 22: Mode d'action toxique du pulégone.

#### II.14.2.6. Neurotoxicité :

Les huiles essentielles riches en cétones surtout en thuyone, encamphre et en pinocamphone sont neurotoxiques. Les cétones sont des molécules très actives et toxiques, il faut donc les utiliser avec prudence, elles sont à éviter chez les personnes neurologiquement fragiles (personnes âgées par exemple) [79].

Le mécanisme d'action de la neurotoxicité des cétones terpéniques est connu comme :

- Passage des molécules cétoniques au travers la barrière hémato- encéphalique ;
- Action lipolytique qui détruit la gaine de myéline ;

- Dysfonctionnements neurotoxiques avec vomissements, nausées, vertiges, confusion mentale, convulsions, coma [27].

De nombreuses huiles essentielles sont réputées neurotoxique :

- ❖ L'huile essentielle de clou de girofle provoque quant à elle une dépression du système nerveux central qui se traduit par un coma et une mort par dépression du centre bulbaire de la respiration [143].
- ❖ Le D-limonène est un composé à surveiller car il est présent dans une très grande majorité d'huiles essentielles. Une intoxication par ce terpène se manifeste par une dépression du SNC, des tremblements, une ataxie et une hypothermie due à une vasodilatation générale avec une hypotension très marquée [130].
- ❖ Les huiles contenant du 1,8-cinéole comme l'eucalyptus ou le romarin peuvent provoquer, notamment chez l'enfant, des signes neurologiques lors d'ingestion à forte dose et d'autant plus dans un contexte fébrile [42] [77].
- ❖ La toxicité nerveuse des cétones, dépend de divers critères qui sont : la concentration dans l'huile essentielle, la nature de la cétone, les doses employées, la voie d'administration, le seuil de tolérance du patient et le profil du patient [41].

#### **II.14.2.7. Toxicité cardiovasculaire :**

Certaines huiles essentielles sont contre indiquées pour les personnes présentant de l'hypertension artérielle, un trouble du rythme cardiaque (palpitations, arythmie...) ou des problèmes de coagulation[61].

- ❖ L'eugénol, le thymol et le carvacrol exercent un blocage au niveau des canaux calciques des cellules cardiaques humaines [160].
- ❖ Le menthol lui serait responsable de cas de fibrillations auriculaire et de bradycardie relevés chez des fumeurs de cigarettes mentholées. Il convient toutefois de noter que les sujets ayant souffert de fibrillation auriculaire étaient tous traités par la quinidine[157] [191].
- ❖ Le cinnamaldéhyde contenu dans l'huile essentielle d'écorce de cannelle a lui aussi montré un effet hypotenseur en agissant sur les canaux calciques des cellules musculaires lisses vasculaires [128].

Au niveau des vaisseaux, une étude réalisée sur 20 volontaires recevant une dose quotidienne de 18 mg d'essence d'ail pendant 4 semaines a montré une inhibition de l'agrégation plaquettaire de 16,4 % contre placebo [96].

#### **II.14.2.8. Génotoxicité et carcinogénicité :**

La génotoxicité correspond au fait de représenter une toxicité pour le génome, que ce soit en induisant des mutations ou en portant atteinte à la structure de l'ADN (aberrations chromosomiques). Cette génotoxicité peut potentiellement induire une carcinogénicité, c'est-à-dire favoriser la formation de cancers, mais ce n'est pas systématique. En effet, le menthol est génotoxique sans pour autant être carcinogène. Bien évidemment, le risque de développer un cancer est très bas aux doses usuelles, et quasi-inexistantes aux doses dans les produits cosmétiques [47].

La génotoxicité peut également être photo-induite dans le cas où les molécules qui absorbent les rayons UV forment des radicaux libres génotoxiques. Les huiles essentielles riches en coumarines sont donc également concernées [47].

#### **II.14.2.9. Hématotoxicité :**

Une étude expérimentale a montré que certaines huiles essentielles à phénols pourraient entraîner la lyse des érythrocytes [161].

### **II.15. PRÉCAUTIONS D'EMPLOI, CONTRE INDICATIONS ET INTERACTIONS MEDICAMENTEUSES :**

#### **II.15.1. PRÉCAUTIONS D'EMPLOI, CONTRE INDICATIONS :**

Pures, très concentrées et composées de nombreuses molécules volatiles actives, les huiles essentielles peuvent être très actives : Il faut donc les utiliser avec précaution.

- Les huiles essentielles utilisées en aromathérapie doivent être impérativement de très bonne qualité, pures, naturelles à 100% et si possible biologiques (exemptes de pesticides).

- Eviter l'exposition au soleil après application sur la peau car certaines huiles essentielles sont photosensibles comme les essences des agrumes (Mandarine, Citron, e c t).
- Ne jamais appliquer d'huile essentielle pure sur les yeux, les muqueuses auriculaires, digestives, nasales et urogénitales, saufs sous avis médical ou pharmaceutique [62].
- Il ne faut jamais injecter d'huiles essentielles par voie intramusculaire ou intraveineuse.
- Il est important de se laver les mains à l'eau et au savon après une application d'HE.
- Les personnes présentant un terrain allergique doivent systématiquement procéder à un test allergique de tolérance en mettant par exemple deux gouttes d'huile essentielle dans le pli du coude et en observant toute réaction cutanée.
- En cas d'irritation ou de brûlure, il faut nettoyer la peau avec de l'huile végétale neutre, mais surtout pas avec de l'eau.
- Il est interdit de faire des aérosols d'huiles essentielles aux patients allergiques et asthmatiques sans contrôle médical, ainsi que chez les personnes ayant des antécédents épileptiques ou convulsifs.
- Il faut faire attention aux interactions avec les traitements des patients. Les huiles essentielles peuvent interagir avec un médicament. Par exemple, l'huile essentielle d'ail stimule la thyroïde alors que celle de fenouil diminue son activité.
- Toutes les huiles essentielles sont contre-indiquées, chez les femmes enceintes, allaitantes, les nourrissons, les asthmatiques, les épileptiques, chez les personnes ayant des maladies dégénératives ou des antécédents de cancers hormonaux dépendants sauf exceptions [62] [82].
- Les HE ne doivent pas être utilisées ni diffusées en continu. La diffusion est limitée à une heure par jour (10 minutes par heure au maximum) et est contre-indiquée dans la chambre d'un enfant de moins de 3 ans ou dans la chambre d'un enfant de 3 à 10 ans en sa présence.

- Respecter les doses recommandées est primordial (nombre de gouttes, fréquence d'application ou encore durée d'utilisation). Le fait d'augmenter les doses n'augmentera pas l'efficacité du traitement mais au contraire, il augmentera le risque d'apparition d'effets secondaires potentiellement graves [62] [82].
- En cas d'absorption accidentelle d'une grande quantité d'HE per os il convient de faire boire à la personne environ 30 ml d'une huile végétale alimentaire (telle que l'huile d'olive ou l'huile de tournesol) ou de lui administrer 2 à 4 comprimés de charbon végétal et de s'adresser au centre antipoison le plus proche ou à défaut de s'orienter vers les urgences.
- En cas de projection oculaire, il convient de nettoyer la surface oculaire avec quelques gouttes d'une huile végétale ou à l'aide d'un coton imprégné d'huile végétale.
- En cas d'ingestion accidentelle, contacter le centre antipoison le plus proche et surtout ne pas faire vomir, sous peine d'irriter à nouveau le tube digestif.
- Pour toute utilisation par voie cutanée, l'huile essentielle doit être diluée dans une huile végétale, crème, gel ou pommade.
- Ne jamais laisser les flacons des huiles essentielles à la portée des enfants.
- Il est fondamental de bien conserver les HE pour garder intactes leurs vertus pendant plusieurs années, il faut les protéger de la lumière, de la chaleur, de l'air (l'oxydation augmente les risques d'irritation), de l'humidité et des écarts de température [62] [82].

### **II.15.2. Interactions médicamenteuses :**

Les huiles essentielles étant actives sur le plan pharmacologique, leur administration conjointe avec les thérapeutiques conventionnelles peut induire l'apparition d'effets indésirables. Cela peut devenir problématique lorsqu'il s'agit de médicaments à marge thérapeutique étroite.

Les interactions possibles sont nombreuses et peuvent résulter de différents mécanismes : il peut s'agir de compétition au niveau du site d'action, ou sur une protéine plasmatique, d'addition ou de synergie des effets, mais elles peuvent aussi provenir de phénomènes d'inhibitions ou d'inductions enzymatiques [79] [194].

Le tableau suivant indique les interactions médicamenteuses possibles avec les huiles essentielles :

**Tableau 11:** Interactions médicamenteuses avec les huiles essentielles par VO [132] [193].

<b>HE</b>	<b>Médicament</b>	<b>Mécanisme</b>
Gaulthérie*, Matricaire, Tanaisie annuelle	Warfarine	Le méthylsalicylate inhibe l'aggrégation plaquettaire, de plus il est transformé en acide Salicylique par des estérases et peut ainsi se lier fortement aux protéines plasmiques et augmenter le taux de Warfarine libre dans le sang
Ravintsara* (bois), Sassafras*, Thym à géraniole, Verveine citronnée	Substrats du CYP1A2 (ex. Clozapine, théophylline,...)	Le safrole inhibe le CYP1A2 et potentialise donc ses substrats.
Lemongrass*, Myrte citronnée*	Substrats du CYP2B6 (Ac. valproïque, Efavirenz, Propofol,)	Inhibition du CYP2B6
Matricaire	CYP2C9 (Phénytoïne, Warfarine,...)	Inhibition du CYP2C9
Matricaire*, Tanaisie annuelle*	CYP2D6 (Flécainide, Propafénone, Métoprolol)	Inhibition du CYP2D6
Ravintsara* (bois), sassafras*	Substrats du CYP2E1 (Paracétamol, Ethanol, Halotane,...)	Inhibition du CYP2E1
Matricaire, Sassafras, Tanaisie annuelle	Substrats du CYP3A4 (Ergotamine, Amiodarone, Ciclosporine .)	Inhibition du CYP3A4
Ajowan, Badiane de chine, Cannelle,	Aspirine Héparine	Ces HEs peuvent exercer une action antiagrégante

Giroflier, Fenouil, Ail, Oignon, Lavandin, Thyms, Gaulthérie	Warfarine	plaquettaire et augmentent donc le risque hémorragique.
Menthe pouliot	Paracétamol	Déplétion en Glutathion, Augmentation de la toxicité du Paracétamol
	Phénobarbital	Le phénobarbital est un inducteur enzymatique ainsi il augmente l'hépatotoxicité de la pulégone
Anis, Badiane de chine Cannelle, Fenouil, Géranium, Lemongrass, Marjolaine, Verveine citronnée	Médicaments antidiabétiques (Glibenclamide, Metformine)	Les constituants de ces huiles essentielles peuvent faire varier la glycémie.
Cannelle, Giroflier	IMAOs	Les composants de ces HEs inhibent la Monoamine Oxydase (MAO)
	ISRS	Augmentation du taux de sérotonine. Risque de syndrome sérotoninergique

## CHAPITRE III : GÉNÉRALITÉS SUR LA LAVANDE

### III.1. INTRODUCTION :

La lavande est originaire du bassin ouest-méditerranéen. Les Romains de l'Antiquité s'en servaient déjà pour parfumer les thermes et le linge. Sainte Hildegarde de Bingen, au XII<sup>ème</sup> siècle, lui donnait une place de choix dans sa pharmacopée naturelle et à la même époque, on en faisait la culture dans les monastères pour ses propriétés thérapeutiques. Dès le Moyen Age, la lavande était employée en Provence dans des confections de médicaments et des parfums. A partir du XIX<sup>ème</sup> siècle cette plante aromatique a vu sa culture se développer dans plusieurs pays d'Europe ainsi qu'en Amérique. La région de Grasse, en France, constitue aujourd'hui la capitale de la lavande, en raison de sa grande production d'huile essentielle de cette plante, qui sert en phytothérapie mais aussi en parfumerie [145].

### III.2. ETUDES BOTANIQUE DES PLANTES ETUDIÉES : “ *Lavandula stoechas* ” et “ *lavandula angustifolia* ”

#### III.2.1. PRÉSENTATION DE LA FAMILLE DES LAMIACEAE :

##### III.2.1.1. Généralité sur Lamiaceae :

La famille des Lamiaceae ou les “labiées” du latin « *Labium* » qui veut dire lèvre, regroupe des plantes herbacées, des arbustes et très rarement des arbres répartis dans le monde entier. Constitue une large famille de plantes dicotylédones qui comprend environ 7200 espèces et près de 236 genres répartis en 7 ou 8 sous-familles. C'est une famille très homogène : une Lamiaceae est facile à reconnaître.

Dans cette famille, un même nom vernaculaire fait souvent référence à un très grand nombre d'espèces appartenant toutes au même genre, comme par exemples pour les menthes, les lavandes ou les basilics. Un bon nombre de ces espèces sont des plantes aromatiques [225] [34] [28].

##### III.2.1.2. Description botanique de la famille des lamiaceae :

###### ❖ Appareils végétatifs :

- Les tiges : sont quadrangulaires généralement ligneuses à leurs bases et très ramifiées.



- **Les feuilles** : sans stipules, sont opposées-décussées parfois verticillées, simple ou quelque fois lobées ou découpées. [9].

On observe la présence de poils tecteurs allongés non glanduleux ayants une fonction de protection et de poils sécréteurs d'huile essentielle. L'essence élaborée s'accumule juste sous la cuticule qu'elle distend, ce qui fait qu'au moindre froissement de la feuille se dégage une odeur aromatique [9].

❖ **Appareil reproducteur :**

- **L'inflorescences** sont situées à l'aisselle des feuilles supérieures, sont toutes de type cyme : d'abord bipare, puis unipares scorpioïdes par manque de place. Elles sont fréquemment condensées en glomérules et souvent simulent autours de la tige un verticille de fleurs [28].



**Figure 23** : Schéma de cyme bipare et unipare scorpioïde [224].

- **Les fleurs** : le plan de symétrie vertical a pour résultat une corolle zygomorphe et la perte de l'étamine supérieure [4].
- \* La corolle est souvent à deux lèvres : une lèvre est formée de deux pétales supérieurs, l'autre lèvre de trois pétales inférieures. (Figure 24) [28] [4].

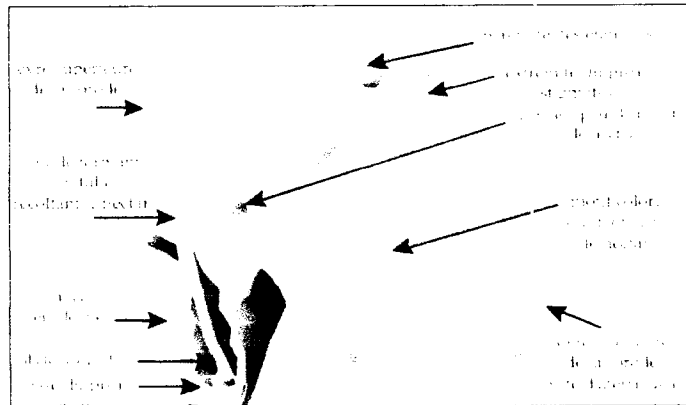


Figure 24 : Corolle de Lamiaceae : Rosmarinus.

- \* L'androcée est à quatre étamines soudées à la corolle, mais on trouve chez quelques rares lamiaceae tropicales, une cinquième étamine et quelques genres n'ont plus que deux étamines telles que les Sauges et le Romarin [28].
- \* Le gynécée comporte deux carpelles soudés qui se subdivisent chacune par une fausse cloison en deux demi-loges, chacune contenant un ovule. Le style unique dit gynobasique [28] [4].

Le fruit est un tétrakène logé au fond d'un calice persistant, chaque demi-carpelle donnant naissance à un akène élémentaire [28].

### III.2.2. Etude botanique du "*Lavandula stoechas*" :

#### III.2.2.1. Classification :

Le genre *Lavandula* se compose d'environ 28 espèces qui sont réparties en quatre principales catégories :

- *Lavandula latifolia* »
- *Lavandula angustifolia*»
- *Lavandula X intermedia* qui est un croisement de deux espèces : *Lavandula latifolia* et *Lavandula angustifolia* ;
- *Lavandula stoecha* [196].

La classification de la plante "*Lavandula stoechas*" dans la systématique est donnée dans le tableau suivant : [196].

Tableau 12: Classification et systématique de « *Lavandula stoechas* » selon l'APGIII

Règne	Plantae
Embranchement	Spermatophyte
Sous embranchement	Angiosperme
Classe	Magnoliopsida
Ordre	Lamiales
Famille	Lamiaceae
Genre	<i>Lavandula</i>
Espèce	<i>Stoechas</i>

### III.2.2.2. Nom et synonymes :

Les *Lavandula* sont pour nom commun la lavande. Le mot lavande, à l'origine, vient du latin *lavare* qui signifie laver [91]. Le terme *Stoechas* désigne en grec l'espèce de lavande qui croissait abondamment dans les îles d'Hyères (France), lesquelles avaient reçu pour cette raison le nom d'îles *Stoechades* [12]. Il faut noter que plusieurs nom et synonymes lui sont attribués dans la littérature :



Figure 25: « *Lavandula stoechas* ».

Nom scientifique : « *Lavandula stoechas* ».

Synonymes : « *Stoechas officinarium Moench* ».

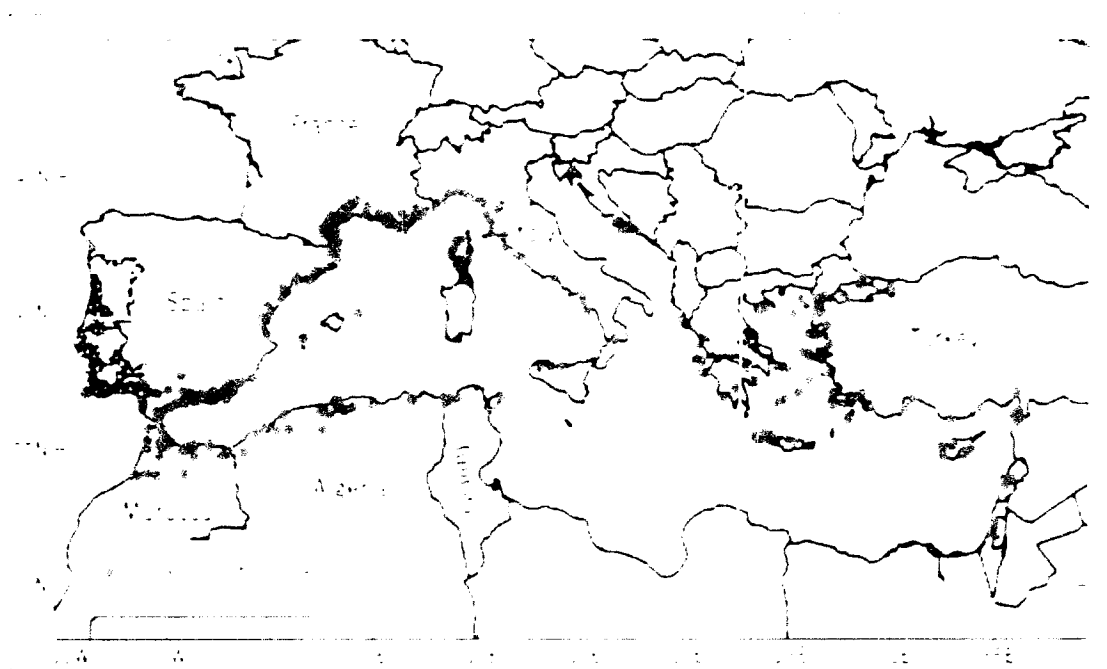
Nom Vernaculaire : Helhal,amezzir (Arabe/berbere) .

Autre Noms : lavande des stoechades, lavande maritime, lavande papillon, lavande à toupet, lavande à chevelure et lavande des Maures [60] [10].

### **III.2.2.3. Origine et répartition géographique :**

La lavande "*Lavandula stoechas*" appartient au genre *lavandula* et à la famille des Lamiaceae ou labiées. C'est un arbrisseau originaire de l'ouest du bassin méditerranéen. Elle apprécie beaucoup les terrains siliceux. Elle est répandue dans l'Europe méridionale, l'Afrique du Nord et le Moyen Orient avec une petite disjonction sur la frontière " Lybie-Egypte ". Actuellement, elle a été introduite et cultivée en Bretagne, Nouvelle Zélande et en Australie [151] [152].

En Algérie, elle fut localisée dans les collines sèches et pierreuses, les maquis des contreforts, partout à Fort-National, Tizi-Ouzou, Draa-el-Mizan, vallée de Oued Sahel, El Borj-Bouira, Beni-Mansour, col de Tirourda, rocher de littoral, de Dellys à Bougie, où elle pousse spontanément dans les endroits ensoleillés. On la retrouve dans la région de Tlemcen (figure 26) [165] [182] [25].



**Figure 26: Répartition géographique de "*lavandula stoechas*".**

### III.2.2.4. Description botanique :

#### ❖ Appareil végétatif :

La lavande papillon est un sous-arbrisseau aromatique très ramifié, au feuillage blanc gris dense, pouvant atteindre jusqu'à soixante centimètres de hauteur [165].

– Les tiges : sont quadrangulaires

**Les feuilles :** sont petites, deux à quatre centimètres de long grisâtres sur les deux faces, à marges révolutes, étroites, persistantes, opposées, velues et à bords enroulés mais sans dents ni lobes (figure 27) [26] [223] [75].

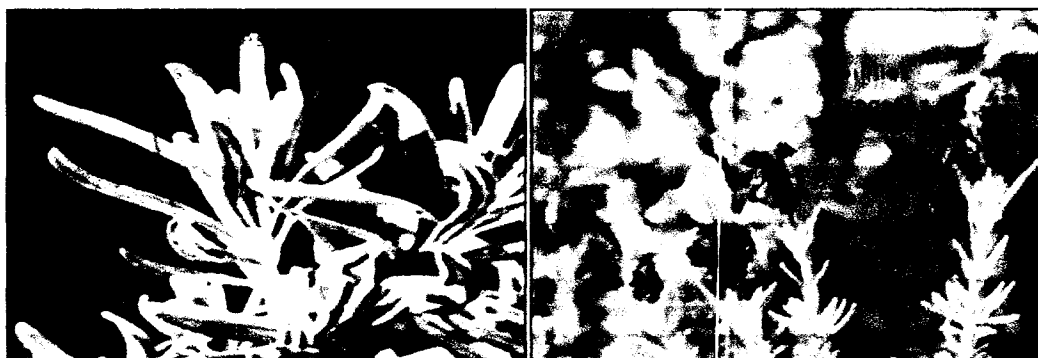


Figure 27: Feuilles de « *lavandula stoechas* » [223]

#### ❖ Appareil reproducteur :

– **L'inflorescence :** se décrit par un épi dense, courtement pédonculé. L'épi est couronné de plusieurs bractées pétaloïdes violettes.

**Les fleurs :** sont petites de couleur pourpre. Elles sont disposées en verticilles, tenues en grappes de cymes cylindriques ou quadrangulaires, chaque verticille est composé de deux feuilles opposées, linéaires, acuminées au sommet, longues de 3 à 4 cm et larges de 2 à 3 cm, hispides en dessus, incandescentes en dessous, et de 6 à 8 petites feuilles linéaires-filiformes, naissant à l'aisselle des feuilles opposées composant le verticille et 3 à 4 fois plus courtes que celles-ci (figure 28) [25] [7].

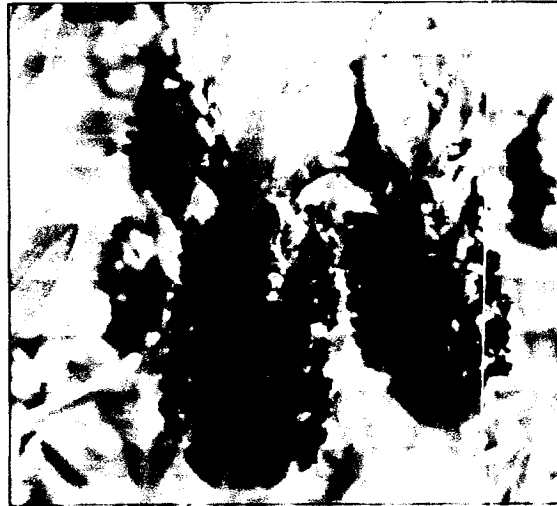


Figure 28: Fleures de lavande papillon.

Ces fleurs comprennent :

- Le calice : est tubulaire court à 5 dents bleu-gris, ovoïde et strié se termine par 4 dents courtes, la cinquième en forme de petite lèvre ovale ou cordiforme, saillante [58].
- La corolle : est constituée de 5 pétales qui sont très ridés dans la drogue, et sont soudées en un tube, avec une lèvre inférieure à 3 petits lobes et une lèvre supérieure formée de 2 lobes plus grands et dressées (figure 29) [58].



Figure 29: Corolle de "lavandula stoechas".

- L'androcée : est à 4 étamines didynames surmontées d'anthère ovoïdes et un ovaire biloculaire divisé par une fausse cloison en 4 loges uniovulées [58].

### III.2.2.5. Huile essentielle de *Lavandula stoechas* :

Elle est obtenue par hydrodistillation des fleurs de « *Lavandula stoechas* » « qui renferment environ 0,8 % d'huile essentielle [52].

**Propriétés organoleptiques :** L'HE de « *lavandula stoechas* » est un liquide limpide, sa couleur est jaune clair à orangé, a une odeur herbacée agreste et amère [196].

#### **Composition chimique des huiles essentielles de « *Lavandula stoechas* » :**

Les études sur la composition chimique des HEs des espèces du genre *lavandula* montrent qu'elles sont plus riches en monoterpènes qu'en sesquiterpènes et que ces deux groupes de molécules constituent la majeure partie des HEs. Aussi les études des constituants volatils des espèces de lavande ont révélé la présence de plus de 200 constituants chimiques, beaucoup d'entre eux étant présents sous forme de trace. L'huile essentielles de « *lavandula stoechas* » renferme comme composé phytochimique : le 1,8-cinéol (10-16%), le fenchone (25-42%), l' $\alpha$ -pinène, le  $\beta$ -pinène, le  $\beta$ -santalène, le bornéol, le camphre (12-28%), le caryophyllène, le géraniol, le linalol (12-14%) et le limonène [3] [60] [165].

### III.2.2.6. Usage et propriétés thérapeutiques :

La lavande a été traditionnellement utilisée comme plante aromatique, culinaire, décoratifs, cosmétique et dans des buts médicaux [159].

La plante est employée traditionnellement dans la médecine populaire comme anti-inflammatoire, antispasmodique, anti-carcinogène, antidépresseur, antioxydant, expectorant et stimulant [189] [125].

Les feuilles de « *lavandula soechas* » sont utilisées sous forme d'une décoction dans le cas d'infections intestinales, gastralgies ; mais c'est surtout pour ses propriétés antitussives qu'il est largement recommandé [100].

Les fleurs en décoction apaisent l'hystérie, ingérées telles cueilles, elles seraient également efficaces pour calmer la toux, et l'asthme [100].

L'huile essentielle du lavande papillon est un précieux remède des premiers soins, elle accélère la guérison des brûlures, des plaies : action cicatrisante, réparatrice et

désinfectante des plaies. Elle a aussi des effets sur les infections urinaires, les maladies cardiaques, l'eczéma, elle est spasmolytique, utilisée contre la fièvre, les douleurs menstruelles, les calculs rénaux, l'anthrax, l'otite, l'hypertension, elle est aussi antiseptique, antifongique, sédative et antidépressive [46] [97] [111].

### **III.2.3. Etude botanique de « *lavandula angustifolia* » :**

#### **III.2.3.1. Classification :**

La classification de la plante "*Lavandula angustifolia*" dans la systématique est donnée dans le tableau.

**Tableau 13:** Classification et systématique de *Lavandula angustifolia* [181].

Règne	Plantae
Embranchement	Spermatophyte
Sous embranchement	Angiosperme
Classe	Magnoliopsida
Ordre	Lamiales
Famille	Lamiaceae
Genre	<i>Lavandula</i>
Espèce	<i>angustifolia</i>

#### **III.2.3.2. Noms et synonymes :**

La "*Lavandula angustifolia*" a été découverte par Linné. L'adjectif "*angustifolia*" vient du latin "angustus" qui signifie « étroite » et de « folia » ou « folium » qui désigne la feuille [208].





Figure 30 : “*Lavandula angustifolia*”.

Nom scientifique : *Lavandula angustifolia* Mill.

Synonymes : *lavandula officinalis* Chaux, *lavandula spica* L, *lavandula vera* D.C.

Nom vernaculaire : Alkhouzama (Arabe).

Autre Noms : lavande à feuilles aiguës, lavande officinale, lavande vraie, Garde-robe, Nard d’Italie, lavande fine [208].

### III.2.3.3. Origine et répartition géographique :

La lavande “officinale” c’est un sous-arbrisseau originaire de France et de l’Ouest du bassin méditerranéen, elle est cultivée partout dans le monde, comme plante ornementale et pour son essence. Au niveau mondial, la Lavande officinale se retrouve beaucoup en Europe sur les reliefs : Angleterre, Espagne, Portugal, Allemagne, Suède, Sardaigne, Sicile, Italie, Grèce, mais aussi en Algérie et très peu aux Etats Unis (figure 31) [11].

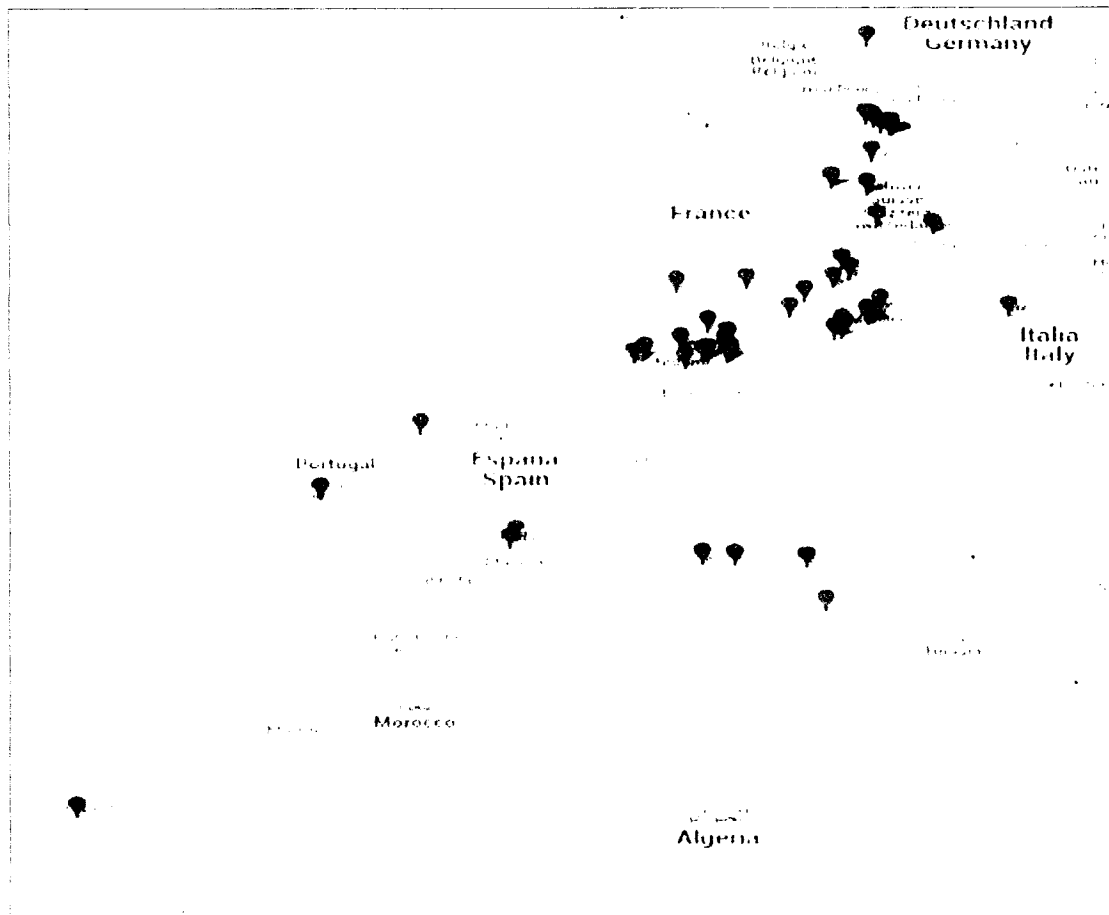


Figure 31: Répartition géographique de “*Lavandula angustifolia*”.

#### III.2.3.4. Description botanique :

❖ **Appareil végétatif :**

- **Les Tiges :** sont droites, à section quadrangulaire comme beaucoup de plante de la famille des Lamiaceae [212], mesurent de quinze à vingt centimètres.
- **Les feuilles :** sont allongées et étroites, elles mesurent entre deux et cinq centimètres. Elles sont opposées décussées sur la tige. Les nervures médianes et latérales sont parallèles entre elles et de plus claire que le reste du limbe. Les feuilles sont enroulées sur les bords comme on peut le voir sur le détail de la face inférieure d’une feuille[212].



Figure 32: Feuilles de “ *Lavandula angustifolia* ”. [212]

❖ **Appareil reproducteur :**

- **Les fleurs :** sont situées sur un long pédoncule en verticilles denses, formant un faux épi à l’aisselle de larges bractées brunâtres.

Ces fleurs comprennent :

- Le calice : est tubuleux à bords presque entiers ou découpés en 5 dents.
- La corolle : une fois plus longue que le calice, est faiblement bilabié, d’un bleu violacé plus ou moins intense.
- L’androcée : est à 4 étamines didynames surmontées d’anthère.
- **Le fruit :** est un tétrakène à 4 nucules, brunâtres.



Figure 33: Fleurs de lavande vraie [212]

### III.2.3.5. Huile essentielle de *lavandula angustifolia* :

Elle est obtenue par hydrodistillation des fleurs de "*Lavandula angustifolia*" [52]

#### Propriétés organoleptiques :

L'Huile essentielle de la lavande vraie est un liquide limpide, de couleur jaune clair. Elle se caractérise par une odeur agreste, verte, fleurie. Sa saveur est acre et peu amère. Elle est inflammable, à partir de 71 C° [4].

#### Compositions chimiques des huiles essentielles de "*Lavandula angustifolia*" :

L'huile essentielle de l'espèce "*Lavandula angustifolia*" présente comme composants majoritaires : l'acétate de linalyle, le linalol en quantité relativement importante, et le terpinène-4-ol en moindre quantité, puis l'acétate de lavandulyle et d'autres composées indiquées dans le tableau ci-dessous [58].

**Tableau 14:** Composition chimique de l'huile essentielle de « *Lavandula angustifolia* »

Famille	Composé	Teneur dans l'espèce " <i>Lavandula angustifolia</i> "
Terpènes/Monoterpénoles	Linalol	28,92%
	α-terpinéol	0,90%
	γ-terpinéol	/
	Bornéol	/
	Iso-bornéol	/
	Terpinène-4-ol	4,32%
	Nérol	0,2%
	Lavandulol	0,78%
Terpènes/Esters terpéniques	Acétate de linalyle	32,98%
	Acétate de géranyle	0,60%
	Acétate de néryle	0,32%
	Acétate d'octène-3-yle	0,65%
	Acétate de lavandulyle	4,52%

Terpènes/Monoterpènes	Myrcène	0,46%
	$\alpha$ -pinène	/
	$\beta$ -pinène	/
	champhène	/
	E- $\beta$ -ocimène	3,09%
	Z- $\beta$ -ocimène	4,44%
	$\beta$ -phellandrène	0,12%
Terpènes/Oxydes terpiniques	1,8-cinéol	/
Terpènes/Sesquiterpènes	$\beta$ -caryophyllène	4,62%
	$\beta$ -farnésène	2,73%
	Germacrène	0,27%
	$\alpha$ -humulène	/
Cétones	Camphre	0,85%
	Cryptone	0,35%

### III.3.2.6. Usage et propriétés thérapeutiques

La lavande à feuilles étroites possède des vertus médicinales non négligeables. Elle a un pouvoir d'émousser la sensibilité douloureuse et de combattre la fièvre. Tonique et cordiale dans les cas d'inflammation des ganglions due à la tuberculose, d'anémie suite à une carence en fer et de leucorrhée. Elle est renommée aussi comme « plante céphalique », c'est-à-dire qu'elle apaise les migraines, les maux de tête et les vertiges, ce qui la rend encore plus utile dans les gripes.

On la recommande comme antispasmodique dans les toux quinteuses de certaines affections respiratoires telles que l'asthme et la coqueluche. C'est aussi un antiseptique qui modifie les sécrétions bronchiques.

L'infusion de 15 à 30 g de fleurs par 1 litre d'eau peut servir en injections contre les pertes blanches. Aussi ses applications externes sur la région des bronches sont excellentes dans les maladies aiguës des poumons comme la congestion pulmonaire ou la pneumonie [217].

L'usage de ses fleurs séchées en infusion est néanmoins cité dans le Vidal de la phytothérapie, en cas de nervosité, troubles légers du sommeil et les troubles intestinaux d'origine nerveuse [215].

L'huile essentielle de "*Lavandula angustifolia*", traditionnellement utilisée pour améliorer les affections cutanées infectieuses, cicatricielles ou allergiques (eczéma, psoriasis, démangeaison ...) et les troubles nerveux.

Elle est reconnue pour ses propriétés : antispasmodiques puissante, apaisante, anti-inflammatoire, hypotensive, antiseptique, bactéricide, antifongique, anesthésique, analgésique, anti-agrégante plaquettaire et anticancéreuse.

Par inhalation, elle entraîne une réduction du taux de l'hormone lutéïnisante LH, mais aussi augmentation du taux d'adrénaline, de noradrénaline et de dopamine chez les ménopausées [52].

***ETUDE***  
***EXPERIMENTALE***

## **I. OBJECTIF :**

Le présent travail a pour but l'extraction et la caractérisation organoleptiques et physicochimiques des huiles essentielles des sommités fleuries de deux espèces appartenant à la famille des Lamiaceae, à savoir "*Lavandula stoechas*" et "*Lavandula angustifolia*".

## **II. CADRE DE L'ÉTUDE :**

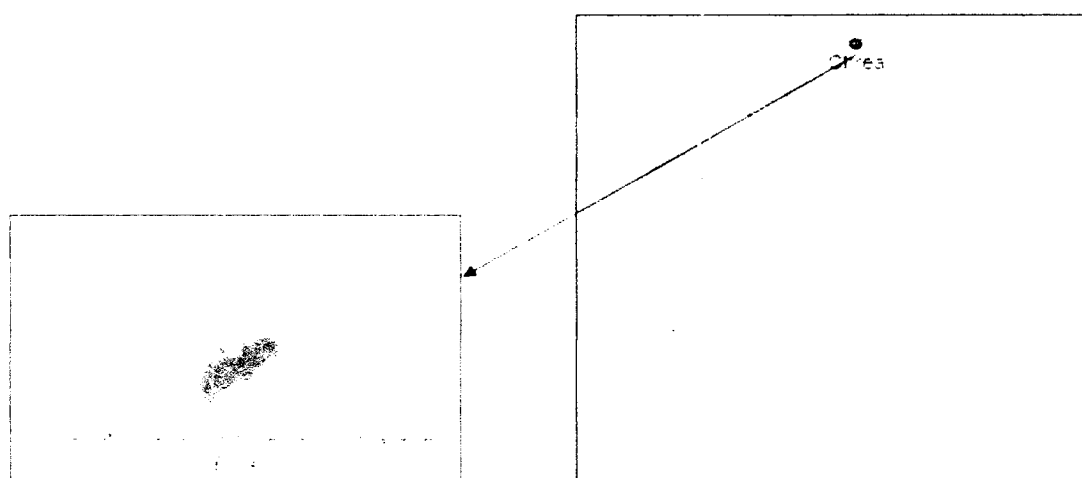
Notre travail a été réalisé au niveau d'une entreprise privée d'extraction des huiles essentielles et végétales "Bio lera" sise à Ouled Yaich (Blida).

L'étude Botanique a été réalisée au niveau de laboratoire de pharmacognosie de la faculté de médecine de Blida.

La caractérisation physico-chimique des huiles essentielles a eu lieu au niveau des Laboratoires de Département des génies de procédés de l'université SAAD Dahlab de Blida 1.

## **III. DESCRIPTION DES LIEUX DE PRÉLÈVEMENT DES ÉCHANTILLONS :**

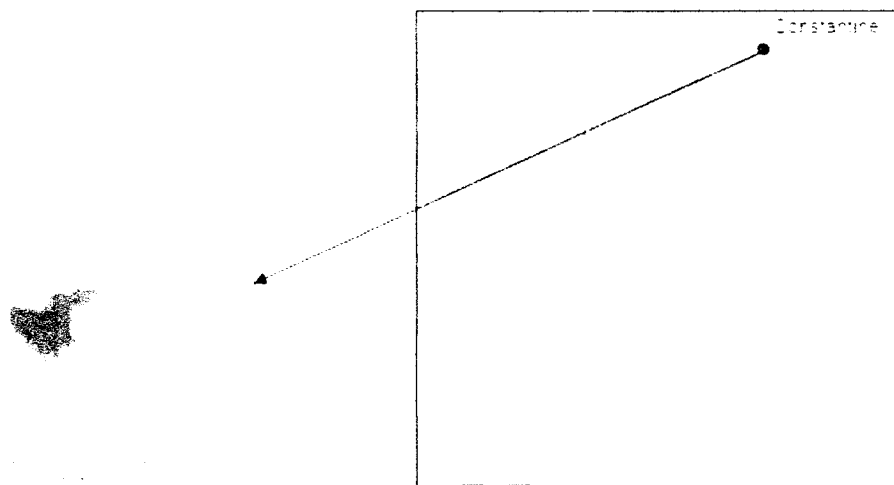
Les matières végétales utilisées pour l'extraction des huiles essentielles sont des sommités fleuries. Celles du "*Lavandula stoechas*" ont été récoltées le Avril 2021 dans la wilaya de Blida (à la commune de Chréa) au Nord d'Algérie (figure 34)



**Figure 34:** Localisation de Chréa.



Celles du "*Lavandula angustifolia*" ont été prélevées le 30 juin 2020 dans la wilaya de Constantine (commune de Constantine), située au Nord -est d'Algérie (figure 35).



**Figure 35:** Localisation géographique de Constantine.

Les coordonnées géographiques des lieux de récolte (Chréa et Constantine) sont illustr es dans le tableau suivant :

**Tableau 15 :** Coordonnées géographiques des régions de récolte.

Région	Surface (km <sup>2</sup> )	Altitude (m)	Longitude	Latitude	Classe bioclimatique
Chréa	80,29	1927	2.87667 36 �25'32'' Nord ,2� 52'36'' Est	36.4256	Climat méditerranée avec été chaud
Constantine	231,63	694	6.61667 36� 16'60'' Nord ,6� 37' 0'' Est	36.2833	Climat méditerranée chaud avec été un peu humide.

Après récolte, les deux espèces ont été s ch es à l'ombre dans un milieu aéré, loin de toute pollution et à l'abri de la lumière et de l'humidité par la suite elles été conserv es dans des sacs en papier pour une extraction ultérieure d'huiles essentielles.

## IV. MATÉRIELS ET MÉTHODES :

### IV.1. MATÉRIELS :

#### IV.1.1. Matériel végétal :

Le matériel végétal utilisé pour la réalisation des coupes histologiques et l'étude microscopique, est constitué des parties aériennes de "*Lavandula stoechas*" et "*Lavandula angustifolia*". Tandis que, pour l'extraction, les sommités fleuries ont été utilisées et pour l'étude macroscopique on a utilisé la plante entière.

#### IV.1.2. Réactifs :

Les réactifs employés sont cités dans le tableau suivant :

**Tableau 16** : Listes des réactifs utilisés dans la partie pratique.

Réactifs	Formule chimique	Aspect	Masse molaire (g/mol)	Densité	Précautions
Vert d'Iode	$C_{27}H_{35}I_2N_3$	Poudre verte	472,50		Sans danger colorant biologique
Phénophtaléine	$C_{20}H_{14}O_4$	Poudre blanche	318,32	/	Conserver à l'écart de toute flamme ou sources d'étincelles.
Rouge Congo	$C_{32}H_{22}N_6$ $Na_2O_6S_2$		696,67	/	Utiliser l'équipement De protection
Glycérine	$C_3H_8O_3$	Liquide visqueux Incolore	92,09382	1,26	
Hydroxyde de potassium (KOH)	$CH_3CH_2H$	Pastilles blancs	56,1056	/	Porter des gants de protection / un équipement de protection des yeux.
Acide chlorhydrique (HCL)	HCL 35%	Liquide incolore d'aspect aqueux	36,46	1,27	L'acide chlorhydrique peut être explosif lors qu'il est au contact de métaux, il est donc préférable d'éviter de les laisser à proximité.
Ethanol 96 °	$CH_3CH_2OH$	Liquide incolore	46,17	0,805	Conserver le récipient bien fermé. Assurer une ventilation adéquate. Eviter le contact avec les yeux. Eviter d'inhaler les vapeurs.

### **IV.1.3. Verrerie :**

- Eprouvettes.
- Lames et lamelles.
- Clevenger (hydrodistillateur standardisé par la pharmacopée européenne 3<sup>ème</sup> édition).
- Ballon monocol.
- Erlenmeyer.
- Fioles jaugées.
- Béchers.
- Burettes.
- Réfrigérant à boule.

### **IV.1.4. Appareillage :**

- |                         |             |
|-------------------------|-------------|
| - Microscopique optique | NIKON       |
| - Réfractomètre d'Abbe  | LABO AND CO |
| - Balance analytique    | OUAUZ       |
| - Chauffe ballon        | HYWE        |
| - Agitateur magnétique  | ALAB        |

### **IV.1.5. Autres :**

- Papier filtre.
- Spatule.
- Pissette.

## **IV.2. MÉTHODES :**

### **IV.2.1. ETUDE BOTANIQUE DES PLANTES ÉTUDIÉES :**

#### **IV.2.1.1. Etude macroscopique :**

Une observation à l'œil nu a été faite sur toute la plante des deux espèces étudiées.

#### **IV.2.1.2. Etude anatomique :**

Pour chercher de spécificités morphologiques et anatomiques des plantes et localiser éventuellement les sites sécréteurs des huiles essentielles, des coupes histologiques microscopiques au niveau de feuilles des deux espèces ont été réalisées puis colorées par la technique de la double coloration (vert d'iode- Rouge Congo), cette dernière permet la distinction des différents constituants tissulaires des plantes.

##### **A. Réalisation des coupes :**

A l'aide d'une lame de rasoir ont été réalisées des coupes transversales aussi fins que possible au niveau des feuilles.

Après la réalisation des coupes, on a effectué la coloration.

##### **B. Technique de la double coloration :**

- ✓ Les coupes histologiques ont été placées dans une solution d'hypochlorite de sodium (eau de javel) pendant 15 min afin de les vider de leurs contenus cellulaires et de ne garder que les parois squelettiques.
- ✓ Puis elles ont été lavées à l'eau distillée plusieurs fois pour enlever l'excès d'hypochlorite de sodium.
- ✓ Ensuite, elles ont été introduites successivement :
  - ❖ Dans une solution de vert d'iode (colore les tissus lignifiés et scléreux en vert) pendant 30 secondes à 1 min, suivi immédiatement par un rinçage à l'eau jusqu'à ce que l'eau de rinçage devienne limpide.
  - ❖ Puis, dans une solution de Rouge Congo (colore les parois pectocellulosiques en rose) pendant 15 min, suivi également par un dernier rinçage à l'eau distillée.



Figure 36: Etapes de la méthode de double coloration

Et enfin, les coupes ont été déposées entre lames et lamelles additionnées d'une goutte de glycérine puis ont été observées au microscope optique aux différents grossissements ( $\times 10$  puis  $\times 40$ ).

### C. Etude microscopique de la poudre :

Les feuilles séchées sont grossièrement pulvérisées dans un mortier en porcelaine. Ensuite une fine couche de la poudre a été déposée sur une lame, à laquelle est ajoutée une goutte d'eau et a été recouverte d'une lamelle.

La lame a été ensuite observée au microscope optique aux différents grossissements ( $\times 10$  puis  $\times 40$ ).



Figure 37: A. Poudre de la lavande papillon  
B. Poudre de la lavande vraie.

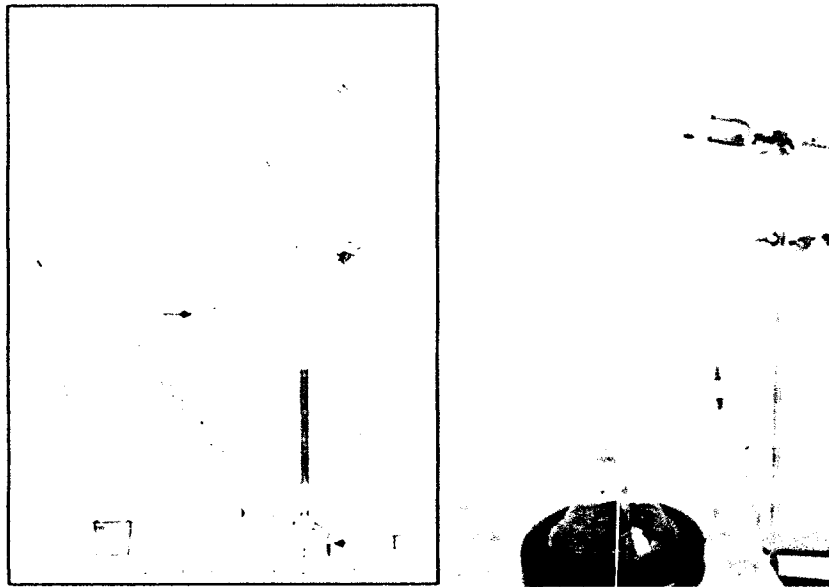
## IV.2.2. EXTRACTION DES HUILES ESSENTIELLES :

### IV.2.2.1. Choix de la méthode d'extraction :

Pour extraire les huiles essentielles de “ *Lavandula stoechas* ” et “ *Lavandula angustifolia*”, la technique d'hydrodistillation simple a été utilisée ; Celle-ci est la méthode la plus fréquemment utilisée, elle permet d'isoler les huiles essentielles à l'état pur et de fournir de meilleur rendement de point de vue composés aromatiques. Elle permet aussi l'extraction d'une grande quantité de composés à volatilité intermédiaire.

### IV.2.2.2. Mode opératoire :

Pour extraire les huiles essentielles de nos deux espèces. La technique d'hydrodistillation simple a été utilisée, celle-ci se produit dans l'appareil de Clevenger et consiste à porter à ébullition l'eau à laquelle est mélangée les sommités fleuries dans un ballon de laboratoire, et ce, à l'aide d'un chauffe ballon, les vapeurs hétérogènes ascendantes provenant du ballon progressent dans la partie A puis se condensent sur la surface froide du réfrigérant (partie B). Le condensat est récupéré dans la partie C où l'huile essentielle se sépare de la phase aqueuse (il s'agit d'une décantation). L'eau en excès retourne dans le ballon par la partie D qu'un robinet à 3 voies (f) fait communiquer avec la partie C. (figure 38).



**Figure 38:** Dispositif d'extraction des huiles essentielles par hydrodistillateur type Clevenger.

Afin de réaliser cette extraction, les étapes suivantes ont préalablement été réalisées :

- ✓ Peser 255 g de la matière végétale, les mélanger à 500 ml d'eau contenue dans un ballon de laboratoire d'un litre de volume.
- ✓ Placer ce ballon dans le chauffe-ballon et introduire l'ouverture du Clevenger dans celle du ballon.
- ✓ Etablir un équilibre entre les volumes d'eau présents dans les parties basses du Clevenger (C, D et d) en introduisant de l'eau par l'ouverture « d » jusqu'à atteindre le niveau « b ».
- ✓ Allumer le chauffe ballon.

Les conditions opératoires liées à l'hydrodistillation de l'huile essentielle du "*Lavandula stoechas*" et "*Lavandula angustifolia*" sont résumés dans le tableau suivant :

**Tableau 17:** Conditions opératoires liées à l'hydrodistillation :

Espèces	Lavande fine	Lavande papillon
Temps	4h30 min	4h30 min
Quantité de matière végétale sèche (gramme)	255	255
Quantité d'eau (litre)	600 ml	600 ml
Température max (°C)	100	100

#### **IV.2.2.3. Calcul des Rendements :**

Selon la norme **AFNOR** (1986), le rendement en huile essentielle (R HE) est défini comme étant le rapport entre la masse d'huile essentielle obtenue après l'extraction (M') et la masse de la matière végétale utilisée (M). Le rendement est exprimé en pourcentage et il est calculé par la formule suivante :

$$R \text{ HE } (\%) = \frac{M'}{M} \times 100$$

R % : Rendement en huile essentielle exprimé en %

M' : Quantité d'extrait récupérée exprimée en g.

M : Quantité de matière végétale sèche utilisée pour l'extraction exprimée en g.

#### **IV.2.3. CARACTÉRISATION DES HUILES ESSENTIELLES :**

##### **IV.2.3.1. Caractérisation organoleptique :**

Après extraction, chaque HE est caractérisée par ses caractères organoleptiques. Cette caractérisation a porté sur trois volets : l'aspect, la couleur, l'odeur.

##### **IV.2.3.2. Caractérisation physico-chimique :**

Tous les caractères physico – chimiques sont réalisés selon les normes **AFNOR 2000**.



## A. Caractères physiques :

### 1. Densité relative :

#### ❖ Mode opératoire :

L'AFNOR recommande l'utilisation d'un pycnomètre d'une capacité de 5 ml, mais à défaut, celui-ci a été remplacé par une fiole jaugée d'une capacité de 20 ml.

Peser successivement : la fiole vide, la fiole remplie de volumes égaux d'HEs et de l'eau purifiée récemment préparée.

Noter à chaque fois leurs poids exacts ; La pesée a été réalisée à une température de 20 °C, à l'aide d'une balance analytique.

Calcul de la densité de l'huile essentielle à partir de la loi suivante :

$$d = (m_2 - m_0) / (m_1 - m_0)$$

$m_0$ : Masse en gramme de la fiole de 10 ml vide ;

$m_1$  : Masse en gramme de la fiole remplie d'eau purifiée ;

$m_2$  : Masse en gramme de la fiole remplie d'HE de "*Lavandula stoechas*" et "*Lavandula angustifolia*"

### 2. Indice de réfraction :

#### ❖ Mode opératoire :

Le réfractomètre d'Abbe a été utilisé pour mesurer l'indice de réfraction de l'huile essentielle, à une température T indiquée par le thermomètre de l'appareil.

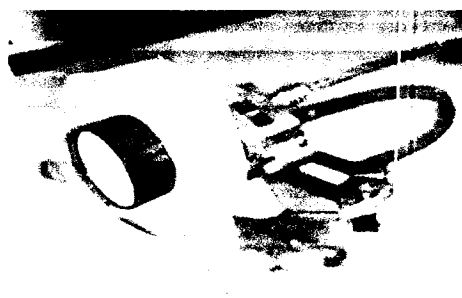


Figure 39 : Réfractomètre d'Abbe.

Le réfractomètre a été préalablement étalonné à l'aide d'une solution tampon.

Placer une goutte d'HE de lavande sur le prisme du réfractomètre ;

Effectuer le réglage nécessaire grâce à la micro-visse, puis lire le résultat.

L'indice de réfraction diminue lorsque la température augmente. Lorsque sa mesure est réalisée à une température T°C, utiliser la formule suivante pour la ramener à la valeur de référence de 20°C :

$$n_{T'} = n_T + 0,00045(T - T')$$

$n_{T'}$  : indice de réfraction de référence ;

$n_T$  : indice de réfraction mesurée de l'HE à une température T°C ;

T : température de mesure de l'indice de réfraction de l'HE ;

T' : température de référence qui de 20 °C.

## **B. Caractères chimiques :**

### **1. Indice d'acide :**

#### **❖ Mode opératoire :**

Dans un erlenmeyer, on introduit 1 g d'HE ,10 ml d'éthanol a 96 % et on ajoute 3 gouttes de phénolphtaléine.

Ensuite, on titre par une solution éthanolique d'hydroxy de potassium (KOH) 0.1 N contenues dans une burette jusqu'au changement de la couleur. La chute de burette est donc prise.

L'indice d'acide ( $I_A$ )est calculé par la formule suivante :

$$I_A = V \times C \times (56.11/m)$$

V : Volume de KOH utilisé en (ml) ;

C : Concentration en moles par litre de la solution de KOH ;

m : masse de prise d'essai.

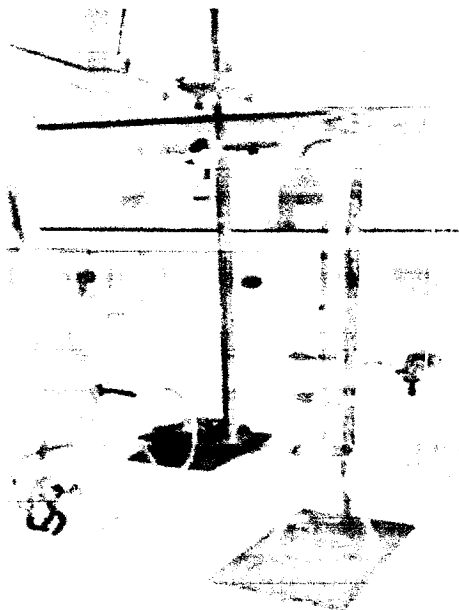


Figure 40: Montage de titrage.

## 2. Indice de saponification :

Afin de réaliser cet indice, une solution d'hydroxyde de potassium 0.5 N et une solution d'acide chlorhydrique 0.5 N sont requises.

100 ml d'HCl à 0.5 N ont été préparé à partir d'une solution initiale d'acide chlorhydrique de 12.16 M de titre, selon la loi d'équivalence.

$$V_1 = C_2 \times V_2 / C_1$$

V : Volume d'HCl à prélever de la solution mère ;

V : Volume de la solution finale ;

C : Titre de la solution mère d'HCl ;

C : Titre de la solution d'HCL finale.

Donc : 6 ,08 ml d'HCL à 12,16 M sont placés dans une fiole de 100 ml auxquelles à été ajoutée de l'eau purifiée jusqu'au trait de jauge.

100 ml de KOH 0.5 N ont été préparé en dissolvant 2.8 g de pastilles de KOH dans 100 ml d'éthanol absolu.

$MM_{KOH} \rightarrow 1 \text{ mol / L}$

$56,11 \text{ g} \rightarrow 1 \text{ mol / l}$

$m \rightarrow 0,5 \text{ mol / l}$

$$m = \frac{56,11 \cdot 0,5}{1} = 28,05 \text{ g}$$

$28,05 \text{ g} \rightarrow 1000 \text{ ml}$

$m' \rightarrow 100 \text{ m}$

$$m' = \frac{28,05 \cdot 100}{1000} = 2,8 \text{ g}$$

❖ **Mode opératoire :**

Dans un ballon de 100 ml, on introduit 1 g d'HE et 25 ml d'une solution éthanolique d'hydroxyde de potassium KOH (0,5 N) à l'aide d'une burette.

L'ensemble est porté au reflux pendant 1 h. (Figure 41)

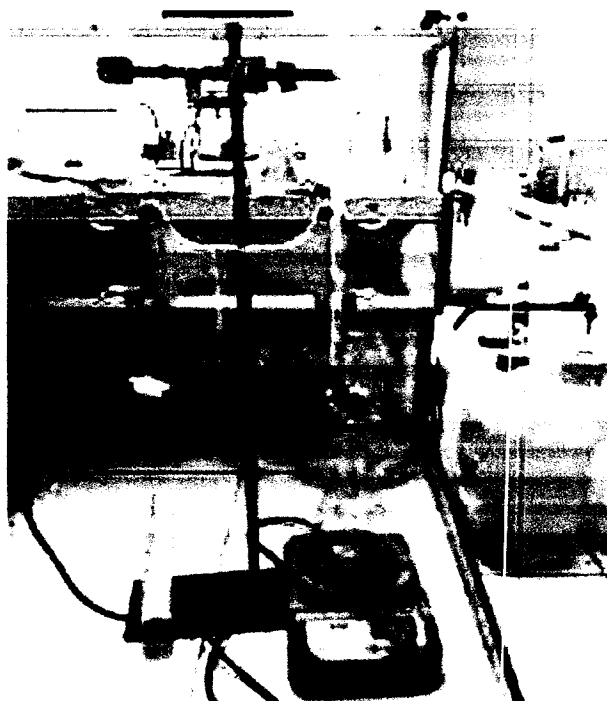


Figure 41: Titrage de l'excès de KOH par du HCl.

Après refroidissement de la solution, on ajoute 20 ml d'eau distillée puis 3 gouttes de phénolphaléine. L'excès de KOH est titré par une solution d'acide chlorhydrique HCl (0,5 N).

Une opération à blanc est réalisée dans les mêmes conditions que précédemment.

L'indice de saponification ( $I_S$ ) est calculé à l'aide de relation suivante :

$$I_S = [28,05 \times (V_0 - V) / m]$$

$V_0$  : Volume en (ml) de solution d'HCl pris dans l'essai à blanc ;

$V$  : Volume en (ml) de la solution d'HCl pris en présence de l'HE ;

$m$  : Masses-en (g) de la prise d'essai.

### **3. Indice d'ester :**

Calcule de l'indice d'ester ( $I_E$ ) à partir de l'indice de saponification ( $I_S$ ) et de l'indice d'acide ( $I_A$ ) par la relation suivante :

$$I_E = I_S - I_A$$

## V. RÉSULTATS :

### V.1. Etude botanique des plantes étudiées :

#### V.1.1. Etude macroscopique :

##### ❖ *Lavandula stoechas* :

L'observation à l'œil nu a permis de distinguer :

- Des tiges florifères longuement dénudés sous les épis ;
- Des feuilles dentées crénelées sur les marges, grisâtres en dessus ;
- Des fleurs et bractées bleuâtres.

##### ❖ *Lavandula angustifolia* :

L'observation à l'œil nu a permis de distinguer :

- Les tiges qui sont droites, à section quadrangulaire ;
- Les feuilles qui sont allongés et étroites, elles sont opposées, décussées sur la tige.
- Les nervures médianes et latérales entre elles et plus claire que le reste du limbe.
- Les feuilles sont enroulées sur les bords.
- Les fleurs sont situées sur un long pédoncule en verticilles denses, formant un faux épi à l'aisselle de larges bractées brunâtres.

#### V.1.2. Etude anatomique des plantes :

##### V.1.2.1. Observation des coupes transversales des feuilles :

##### ❖ Feuille du *Lavandula stoechas* :

La coupe transversale de la feuille de *Lavandula stoechas*, observée au microscope optique (Grossissement  $\times 10$ ) a permis de distinguer deux parties : le limbe et la nervure centrale (figure 42).



**Figure 42:** Observation d'une coupe transversale de la feuille de "*Lavandula stoechas*" au microscope optique (G  $10 \times 10$ ).

On observe au niveau du limbe, de l'extérieur vers l'intérieur au grossissement  $40 \times 10$  :

- Plusieurs poils tecteurs.
- Poils sécréteurs.



**Figure 43 :** Observation des poils tecteurs au niveau de la feuille de "*Lavandula stoechas*" au microscope optique (G  $\times 40$ ).

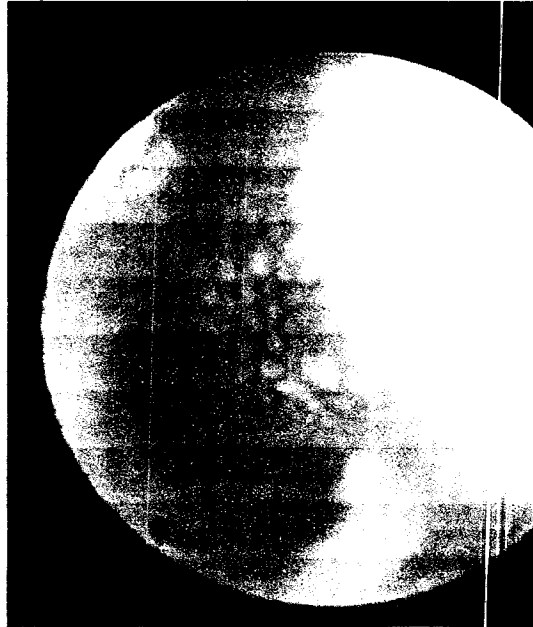


Figure 44: Observation des poils sécréteurs au niveau de la feuille de “*Lavandula stoechas*” au microscope optique ( $G \times 40$ ).

❖ Feuille du *Lavandula angustifolia* :

La coupe transversale de la feuille de “*Lavandula angustifolia*”, observée au microscope optique (Grossissement  $10 \times 10$ ) a permis de distinguer : le limbe et la nervure centrale (figure 45).

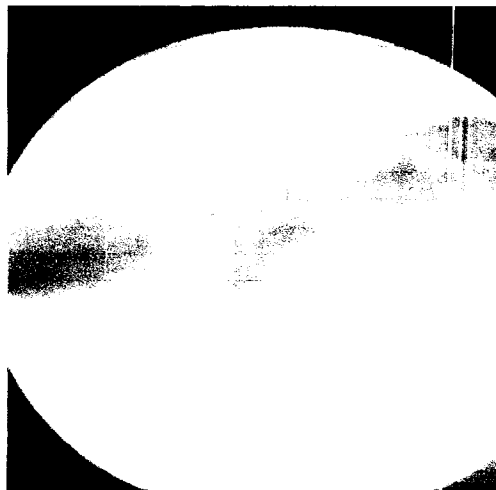
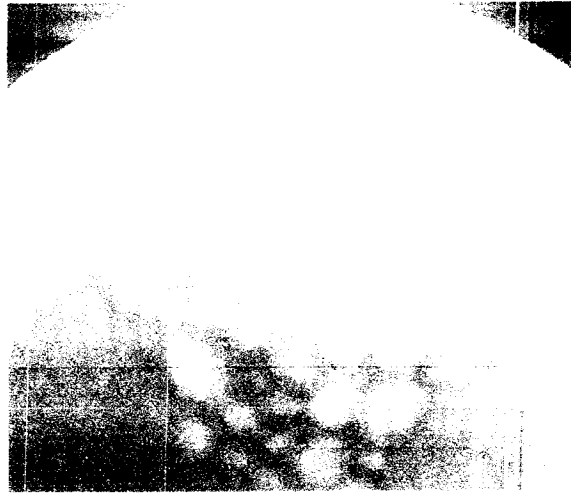


Figure 45: Observation d’une coupe transversale de la feuille de “*lavandula angustifolia*” au microscope optique ( $G 10 \times 10$ ).

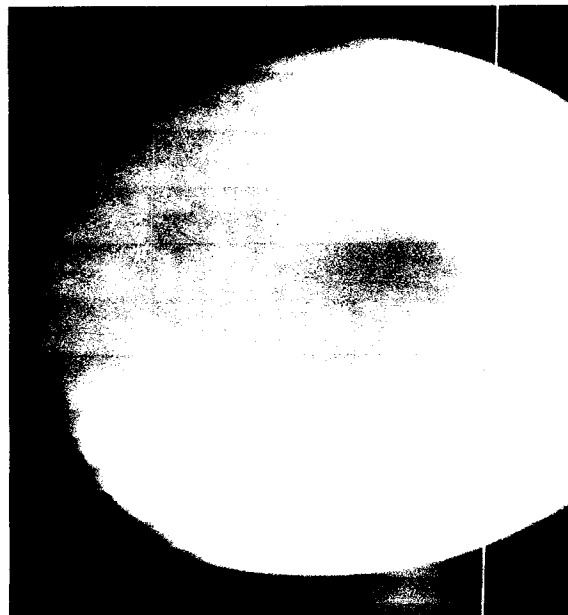


On observe au niveau du limbe, de l'extérieur vers l'intérieur au grossissement  $40\times 10$  :

- De nombreux poils tecteurs ;
- Peu de poils sécréteurs ;
- Poche sécrétrice ;
- Poils sécréteurs.



**Figure 46:** Observation des poils tecteurs et sécréteurs de la feuille de *lavandula angustifolia* au microscope optique ( $G \times 40$ ).



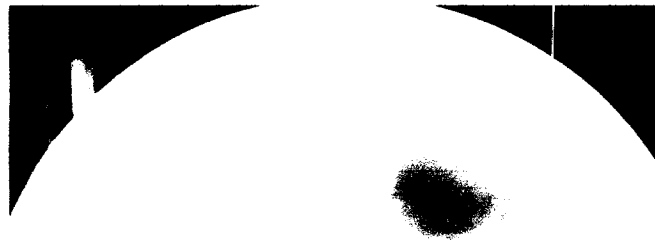
**Figure 47:** Observation de la poche sécrétrice de la lavande vraie au microscope optique ( $G \times 40$ ).

### V.1.2.2. Observation de la poudre de drogues :

L'observation au microscope optique (G 40) d'un échantillon de poudre des feuilles révèle la présence de :

❖ **Pour *L. stoechas* :**

- Poils tecteurs, très abondants, longs, pluricellulaires ramifiés ;
- Poils épidermiques sécréteurs.

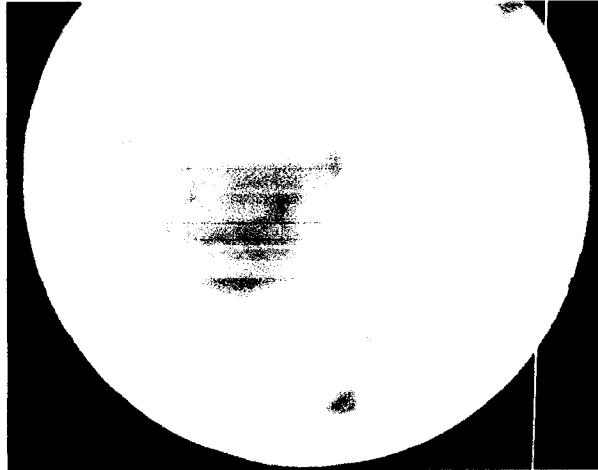


**Figure 48:** Observation des poils tecteurs et sécréteurs de la poudre de lavande papillon au microscope optique (G×40).

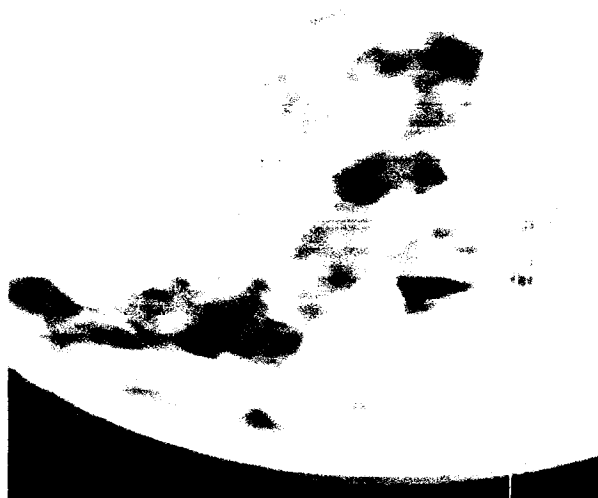
❖ **Pour *L. angustifolia* :**

- Poils tecteurs, très peu, pluricellulaires ramifiés ;
- Poils sécréteurs ;
- Poche sécrétrice.

Aucun élément étranger n'est noté.



**Figure 49:** Observation des poils tecteurs de la poudre de lavande vraie au microscope optique ( $G \times 40$ ).



**Figure 50:** Observation d'une poche sécrétrice de la poudre de la lavande vraie au microscope optique ( $G \times 40$ ).

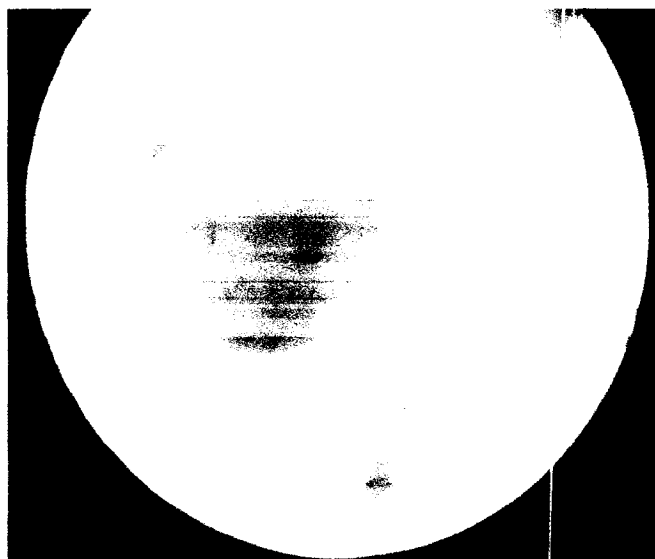


Figure 51: Observation des poils tecteurs de poudre de la lavande vraie.

## V.2. Rendement des extractions :

A la fin des extractions, les quantités d'extraits de "*Lavandulastoechas*" et "*Lavandula angustifolia*", ont été récupérées.

Les rendements des deux extractions, ont été calculés.

Les résultats sont représentés dans le tableau suivant.

Tableau 18 : Rendement des extractions des huiles essentielles des deux étudiées.

Espèce	<i>Lavandula stoechas</i>	<i>Lavandula angustifolia</i>
Quantité d'extrait récupérée (g)	4 g	10 g
Rendement ( $m_{HE}/m_v \times 100$ )	1,17 %	3,9 %

## V.3. Caractérisations des huiles essentielles :

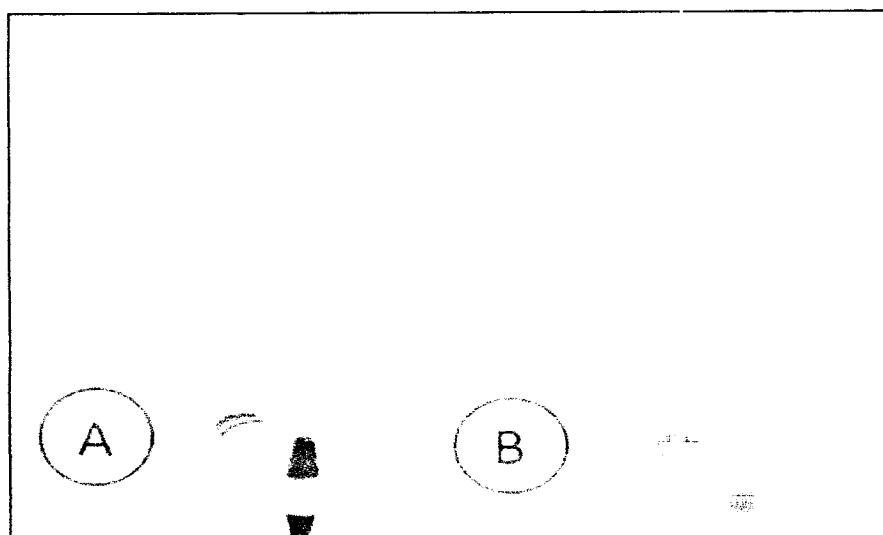
### V.3.1. Caractérisation organoleptique :

Cette caractérisation a portée sur trois volets.

Les résultats sont résumés dans le tableau suivant :

**Tableau 19:** Caractères organoleptiques des huiles essentielles de “*Lavandula stoechas*” et “*Lavandula angustifolia*”.

	Aspect	Couleur	Odeur
<i>Lavandula stoechas</i>	Liquide limpide	Jaune	Odeur camphrée
<i>Lavandula angustifolia</i>	Liquide limpide	Jaune pale	Caractéristique



**Figure 52:** A. Huile essentielle de la “*lavandula stoechas*”.  
B. Huile essentielle “*Lavandula angustifolia*”.

### V.3.2. Caractérisation physico-chimique :

#### A. Caractères physiques :

##### ❖ La densité relative :

**Tableau 20 :** Densité relative de “*Lavandula stoechas*” et “*Lavandula angustifolia*”.

	$d = (m_2 - m_0) / (m_1 - m_0)$			
“ <i>lavandula stoechas</i> ”	$m_0 = 23,507$	$m_1 = 33,91$	$m_2 = 33,217$	$d = 0,933$
“ <i>Lavandula angustifolia</i> ”	$m_0 = 23,507$	$m_1 = 33,91$	$m_2 = 32,766$	$d = 0,89003172$

La densité de L’HE de “*lavandula stoechas*” testée est égale à 0,933.

La densité de L’HE de “*Lavandula angustifolia*” testée est égale 0,890.

❖ **Indice de réfraction :**

$$nT' = nT + 0,00045 (T - T')$$

Les indices de réfraction des huiles essentielles des espèces étudiées sont représentés dans le Tableau suivant :

**Tableau 21:** Indice de réfraction des HEs des espèces étudiées.

“ <i>Lavandula stoechas</i> ”	T = 28 C°	T' = 20 C°	nT = 1,467	nT' = 1.470
“ <i>Lavandula angustifolia</i> ”	T = 28 C°	T' = 20 C°	nT = 1,461	nT' = 1,464

**B. Caractères chimiques :**

❖ **Indice d'acide :**

$$I_A = V \times C \times (56.11/m)$$

Les indices d'acide des HEs des espèces étudiées sont représentés dans le Tableau suivant :

**Tableau 22 :** Indices d'acide des HEs des espèces étudiées.

“ <i>Lavandula stoechas</i> ”	V = 1,7 ml	C = 0.1 N	m = 1 g	I <sub>A</sub> = 9,53
“ <i>Lavandula angustifolia</i> ”	V = 6 ml	C = 0.1 N	m = 1 g	I <sub>A</sub> = 33,66

❖ **Indice de saponification :**

$$I_s = [28,05 \times (V_0 - V)/m]$$

Les indices de saponifications des HEs de “*Lavandula stoechas*” et “*Lavandula angustifolia*” sont représenté par le tableau suivant :

**Tableau 23** : Indices de saponifications des HEs de “ *Lavandula stoechas*” et “*Lavandula angustifolia*”.

“ <i>Lavandula stoechas</i> ”	$V_0=4.4$	$V= 4$	$m=1g$	$I_s=11.22$
“ <i>Lavandula angustifolia</i> ”	$V_0=4.4$	$V=3.1$	$m=1g$	$I_s=36.46$

❖ **Indice d’ester :**

$$I_E = I_S - I_A$$

L’indice d’ester de l’HE du “ *Lavandula stoechas* ” analysée est égal à 1.69.

L’indice d’ester de l’HE du “ *Lavandula angustifolia*” analysée est égal à 2.8.

## **VI. DISCUSSION :**

Au cours de la présente étude, un certain nombre de contraintes peuvent être soulevées :

- Manque de réactifs et de matériels ;
- La littérature offre peu d'information sur les espèces de lavande algériennes.

### **VI.1. Etude anatomique de la plante :**

Les résultats de l'étude microscopique montrent que l'HE de la lavande vraie s'accumule dans des poches sécrétrices et l'HE de lavande papillon s'accumule dans des poils sécréteurs et ceci concorde avec les normes.

### **VI.2. Rendement :**

Notre sommité fleurie de "*lavandula stoechas*" a fourni, un taux d'environ 1,17%. Ce dernier est supérieur à celui de "*lavandula stoechas*" donné par Lis-Balchin (2000), qui est situé entre (0.3%-0.8%).

Pour les sommités fleuries de "*Lavandula angustifolia*", cette dernière a fourni un taux d'environ 3,9%. Ce dernier est nettement supérieur à celui donné par Lis-Balchin (2000), qui est de 0,5%.

Dans ces résultats, on note que «*Lavandula angustifolia*» est extraite avec un rendement 3 fois supérieur à celui de la "*lavandula stoechas*", ceci est dû au fait que les espèces sont différentes et sont récoltées de régions différentes et dans des périodes différentes.



### VI.3. Caractères organoleptiques :

Tableau 24 : Comparaison des caractères organoleptiques de nos huiles essentielles avec les normes.

	"lavandula stoechas"		"lavandula angustifolia"	
	HE testée	AFNOR (2000)	HE testée	Pharmacopée Européenne 7 <sup>ème</sup> édition
<b>Aspect</b>	Liquide limpide	Liquide, mobile, limpide	Liquide limpide	Liquide
<b>Couleur</b>	Jaune	Jaune	Jaune pâle	Incolore ou jaune pale
<b>Odeur</b>	Caractéristique	Caractéristique	Caractéristique	Complexe rappelant l'acétate de linalyle.

Les caractères organoleptiques de nos huiles essentielles sont comparables aux normes (AFNOR (2000) et Pharmacopée Européenne 7<sup>ème</sup> édition).

### VI.4. Caractérisation physico-chimique :

#### VI.4.1. Caractères physiques :

Tableau 25 : Comparaison des densités relatives et des indices de réfraction de nos huiles essentielles avec les normes de la Pharmacopée Européenne 7<sup>ème</sup> édition.

	"Lavandula angustifolia"		"Lavandula stoechas"	
	HE testée	Norme de Pharmacopée Européenne 7 <sup>ème</sup> édition.	F.E testée	/
<b>Densité</b>	0,890	0,878-0,892	0,933	/
<b>Indice de réfraction</b>	1,4646	1,555-1,466	1,470	/

La densité de L'HE de "*Lavandula angustifolia*" est dans les normes de la pharmacopée Européenne 7<sup>ème</sup> édition.

Pour la densité de l'HE de "*Lavandula stoechas*", le manque d'informations par rapport aux normes nous empêche de discuter les résultats.

Pour l'indice de réfraction d'HE de "*Lavandula angustifolia*", il est aussi conforme aux normes de la Pharmacopée Européenne 7<sup>ème</sup> édition.

#### **VI.4.2. Caractères chimiques :**

**Tableau 26** : Comparaison de l'indice d'acide, de saponification et de l'indice d'ester de nos HES avec les normes de la pharmacopée Européenne 7<sup>ème</sup> édition

	" <i>Lavandula stoechas</i> "		" <i>Lavandula angustifolia</i> "	
	HE testée	/	HE testée	La pharmacopée Européenne 7 <sup>ème</sup> édition
Indice d'acide	09.53	/	33.66	1
Indice de saponification	11.22	/	36.46	/
Indice d'ester	1.69	/	2.8	/

Les indices chimiques de l'HE de *Lavandula angustifolia* sont considérablement supérieurs à ceux des normes, ceci est probablement dû à la composition chimique de celle-ci.

Pour les indices de l'HE de "*Lavandula stoechas*", le manque d'informations par rapport aux normes nous empêche de discuter les résultats.

***CONCLUSION***

## CONCLUSION :

De nos jours, les huiles essentielles sont des substances très sollicitées dans divers domaines.

Le présent travail a été consacré à l'étude des huiles essentielles de deux espèces de la lavande, "*Lavandula stoechas*" et "*Lavandula angustifolia*", qui ont été récoltées dans les régions de Chréa et de Constantine (Algérie) respectivement. On a procédé à une extraction de leurs huiles essentielles, et à une étude histologique, organoleptiques et physico-chimique.

Les huiles essentielles des poudres de la lavande ont été obtenues par hydrodistillation avec des rendements de 1,17%, pour "*lavandula stoechas*" et 3,9% pour "*Lavandula angustifolia*". La détermination des caractères organoleptiques, et physico-chimiques, (densité, indice de réfraction, indice d'acide, indice de saponification et indice d'ester) a donnée des résultats pour la plupart conformes aux normes et proches de ceux données par la littérature.

Enfin, notre étude montre que le genre *Lavandula* de l'Algérie peut contenir des espèces de propriétés différentes ce qui enrichi notre patrimoine forestier.

Cependant, il est intéressant de compléter cette étude par la détermination de la composition chimique des huiles essentielles extraites afin de contribuer à leur valorisation dans le dessein d'une meilleure exploitation.

À la suite de notre présente étude, on recommande le développement d'une réglementation algérienne concernant les huiles essentielles et une étude approfondit sur les HEs des plantes algériennes.

***RÉFÉRENCES***  
***BIBLIOGRAPHIQUES***

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

### OUVRAGES ET THESES :

- [1]. **Abdelaziz M.** Caractérisation activité antimicrobienne de trois espèces de Saugé. Thèse Chlef. Université Hassiba Benbouali, 2013.
- [2]. **ABIDAT.R.** Etudes chimique et Biologique des huiles essentielles de coriandre, de fenouil et de persil. Thèse de doctorat .Université Ahrned BenBalla.2015.
- [3]. **Al.Carillon, J-C.Charrié, B.Chastrel, C.Cieur** .Plante médicinales (phytothérapie clinique intégrative et médecine endobiogénique. Lavoisier tec &doc. P397-398.
- [4]. **Audrey .Gainard.**Lavande et lavandin .utilisation en aromathérapie : enquête des pharmaciens d'officine. Thèse de doctorat. Université .Eordeau.2016.
- [5]. **BaserK.H.C, et Buchbauer G.,** 2010: hand Book of essential oils: Science, technology and applications.CRC Press.UK.
- [6]. **Baser K.H.C., Buchbauer G.** Handbook of essential oils: science, technology and applications. CRC Press (2009). 1<sup>ère</sup> éd. 991p.
- [7]. **Battandier J.A.** Flore de l'Algérie, ancienne flore d'Alger transformée, Dicotylédones. Edition Adolphe Jourdan. Alger. P 666. 1888.
- [8]. **Belaïche P :** Traité de phytothérapie et Aromathérapie – Ed .Maloine S.A. Tome I, 1979.
- [9]. **BELMONT.Maud.** *Lavandula angustifoliaM.; Lavandula LatifoliaLavandula x inermidia* .E. : ETUDES BOTANIQUES,CHIMIQUES ET THERAPEUTIQUES. Thèse de doctorat. Université. JOSEPH FOURIER.2013.
- [10]. **BENABDELKADER.T.** Biodiversité, bioactivité et biosynthèses des composées terpéniques volatiles des Lavandes Ailées, *Lavandu'a stoechas Senus Lato*, un complexe d'espèces Méditerranéenne d'intérêt Pharmacologique. Thèse de doctorat. Université JEAN MONNET-SAINT ETTIENE.2012.
- [11]. **Bendif, H.** Caractérisation phytochimique et détermination des activités biologiques in vitro des extraits actifs de quelques Lamiaceae : *Ajuga iva* (L.) Schreb., *Teucrium polium* L., *Thymus munbyanus*sub sp. *Coloratus* (Boiss.

&Reut.) Greuter&Burdet et *Rosmarinuseriocalyx* Jord &Fourr. Thèse de doctorat. Ecole normale supérieure de KOUBA-Alger, département des sciences naturelles, biotechnologie végétale. 2017.

- [12]. **Beniston N.T., Beniston W.S.** Fleurs d'Algérie. Ed. Entreprise nationale du livre, Alger. P.359. 1984.
- [13]. **Benoit G.** Etat des lieux sur l'aromathérapie dans les officines: enquête sectorielle dans le département de Vienne. Thèse. Université de Poitiers faculté de médecine et de pharmacie, 2015.
- [14]. **BRUNETON J.** Pharmacognosie - Phytochimie, plantes médicinales - (5<sup>e</sup> Edition). Lavoisier; 2016.
- [15]. **Bruneton J.** Huiles essentielles, In Pharmacognosie –Phytochimie plantes médicinales .3ème édition .Doc et Tec. Lavoisier, 1999.
- [16]. **Brunton J.** Pharmacognosie photochimie plantes médicinales 3 ème édition. Paris.
- [17]. **Charie T.**Se soigner par les HE .pour quoi et comment ca marche ?Monaco Edition du Rocher ;2019].
- [18]. **CHENNI Mohammed** .Etude comparative de la composition chimique et de l'activité biologique de l'huile essentielle des feuilles du basilic "*Ocimum basilicum* L." extraite par hydro-distillation et par micro-ondes. Thèse de doctorat en chimie moléculaire .Université d'Oran 1 Ahmed Ben Bella. 2016.
- [19]. **Chouiteh O.** composition chimique et activité antibactérienne des huiles essentielles des feuilles de *Glycyrrhiza glabra* . Thèse. Université d'Oran 2012.
- [20]. **Colette Besombes.**Contribution à l'étude des phénomènes d'extraction hydrothermo-mécanique d'herbes aromatiques: applications généralisées. Thèse de doctorat .Université de la Rochelle.2008.
- [21]. **Couderc V** .Toxicité des huiles essentielles .Thèse Méd Vétérinaire.Ecole nationale vétérinaire de Toulouse.2001.
- [22]. **Courtial S.** précis d'aromathérapie vétérinaire à l'usage des pharmaciens d'officine. Thèse .Université de Nante, faculté de pharmacie. 2005.
- [23]. **D. F.Millet,** Le grand guide des huiles essentielles, Marabout. 2015.

- [24]. **De Sousa D.P.** Medicinal Essential Oils: Chemical, Pharmacological and Therapeutic Aspects. Nova Science Publishers (2012). 1ère éd. 236p.
- [25]. **Debeaux M.O.**, Flore de la Kabylie du Djurdjura. Edition librairie de sciences naturelles de Paul Klingksieck, Paris. P 288. 1894.
- [26]. **Djerroumi Ahmed, Mohamed Nacef** .100 plantes médicinales d'Algérie. Édition HOUMA .P.90.
- [27]. **Dominique Baudoux** .Aromathérapie 100 huiles essentielles .Edition Dunod ,2017.
- [28]. **Dupon .F ,Guinard.J .L** .botanique :les familles de plante . Édition .Elsevier SAS, Issy-les moulineaux Cedex. France2012.P.237, 240.
- [29]. Encyclopédie des plantes médicinales : identification, préparation, soins. Larousse, p54 ,2001.
- [30]. **Fabre Nicolas**. Conseils et Utilisation des huiles essentielles les plus courantes en officine. Thèse pour le diplôme de docteur en pharmacie. Université PAUL SABATIER TOULOUSE III. 2017.
- [31]. **Faucon M.** Traité d'aromathérapie scientifique et Médicale : Fondements et aide à la prescription .sang de la terre. 2015.557p.
- [32]. **Faucon M.** Traité d'aromathérapie scientifique et médicale. Sang de la terre (2012). 880p.
- [33]. **FERHAT.M, MEKLATI. B.Y, CHEMAT.F.** Citrus d'Algérie Les huiles essentielles et leurs Procédés d'extractions. Edition n° 5130.P 52, 58.
- [34]. **Fernandez,X ,Chemat,F.Tiên ,Do,TK** . Les huiles essentielles vertus et application. Édition Vuibert, Paris .2012. P .160.
- [35]. **Fernandez X., Chemat F.** La chimie des huiles essentielles. Editions Vuibert 2012). 288p.
- [36]. **FESTY D.** Ma Bible des HE : guide Complète d'Aromathérapie Leduc .S. éditions ; 2008.552p.
- [37]. **FESTY D.** Ma bible des huiles essentielles - Guide complet d'aromathérapie. Quotidien malin. 2004.



- [38]. **Figueredo G.** Étude chimique et statistique de la composition d'huiles essentielles d'origans (Lamiaceae) cultivés issus de graines d'origine méditerranéenne. Thèse pour le diplôme de docteur d'université (chimie organique). Université Blaise Pascal - Clermont-Ferrand II, 2007.
- [39]. **Franchomme P, PénôïD, Jollois R.** L'aromathérapie exactement : encyclopédie de l'utilisation thérapeutique des extraits aromatiques. Jollois; 2001. 490 p.
- [40]. **Franchomme P., Pénéœl D.** L'aromathérapie exactement. Encyclopédie de l'utilisation thérapeutique des huiles essentielles. Roger Jollois (2001). 445p.
- [41]. **FRANCHOMME P, PENOEL D.** L'aromathérapie exactement - Encyclopédie de l'utilisation thérapeutique des huiles essentielles. R. Jollois; 2001.
- [42]. **Franchomme P.** La science des Huiles essentielles Médicinales Guy trédaniel ; 2015.580.
- [43]. **Franchrome P, Jollois R, Pénéœl D.** L'aromathérapie exactement : encyclopédie de l'utilisation des extraits aromatiques. Paris: Edition Roger Jollois.2001.
- [44]. **Ganou L.** Contribution a l'étude des mécanismes fondamentaux de l'hydro - distillation des huiles essentielle. Thèse de Doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse, France.1993
- [45]. **GHARBI MOUNRA .LENOUAR LILIA.** : Extraction et analyse de l'huile essentielle de *thymus serpyllum* par GC-MS et formulation d'une pommade pour le nez et liniment antirhumatismal. Mémoire de fin d'étude .Université Boumerdes faculté des hydrocarbures et de la Chimie.
- [46]. **Gören A.C., Topçu G., Bilsela G., Bilsela M., Aydoğmus Z et Pezzuto J.M.Z.** The chemical constituents and biological activity of essential oil of *Lavandula stoechas* ssp. *stoechas*. Z.Naturforsch .P 57, 797,800. 2002.
- [47]. **Guignard J.L.** : Biochimie végétale ,10 ème ed. Masson, 1996.
- [48]. **Haddad D, Hadji D.** Contribution à l'étude des huiles essentielles de *Myrtus communis* L. Thèse .Université Mouloud Mammeri. Tizi ouzou, 2016.
- [49]. **Hameurlaine Samir.** Valorisation et identification structurales des principe actifs de la plante de la famille Astéraceae :*Scorzonera undulata* .Mentouri, Thèse. 2009.
- [50]. **Harkati Brahim.** Valorisation et identification structurale des principes actifs de la plante de la famille Asteraceae: *Scorzonera undulata*. mentouri. Thèse.2011.

- [51]. **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.
- [52]. **JEAN RAYNAUD**, Prescription et conseil en aromathérapie Lavoisier édition tec & doc p155.
- [53]. **Kachetel L, Sahmi A.** ÉTUDE DE L'ACTIVITÉ ANTIMICROBIENNE DE L'HUILE ESSENTIELLE EXTRAITE DES FRUITS DE *Coriandrum sativum* L. Thèse. Université UMMTO, 2016.
- [54]. **Larousse.** Encyclopédie des plantes médicinales. Larousse-Bordas pour l'édition originale en langue française, 2001. ISBN : 2-03-560252-1.
- [55]. **LEBON Arantxa.** Guide à l'usage des huiles essentielles dans l'industrie cosmétique. Thèse pour le diplôme d'état de docteur en pharmacie. 2020.
- [56]. **LEBON Arantxa.** Guide à l'usage des huiles essentielles dans l'industrie cosmétique. Thèse pour le diplôme d'état de docteur en pharmacie. 2020.
- [57]. **Marie-Elisabeth Lucchesi.** Extraction Sans Solvant Assistée par Micro-ondes Conception et Application à l'extraction des huiles essentielles. Thèse de doctorat. Université de Réunion.
- [58]. **Max Wichtl, Robert Anton et al .** plantes thérapeutiques « tradition, pratiques officinale, science et thérapeutique » ; 2eme édition. TEC & .Doc. P330.
- [59]. **Mayer F.** Utilisation thérapeutique des huiles essentielles. Etude de cas en maison de retraite. Thèse. Université de Lorraine, 2012.
- [60]. **MENACEUR Fouad.** Contribution à l'étude phytochimique et biologique de l'érigeron, du fenouil commun, de la lavande et du genévrier. Thèse de doctorat. ECOLE NATIONALE SUPERIEURE AGRONOMIQUE EL-HARRACH –ALGER.2015.
- [61]. **Millet Fabienne,** le Guide Marabout des HE se soigner par l'aromathérapie au quotidien, Marabout, 2010.
- [62]. **Moro Buronzo A.,** 2008, Le Grand Guide des Huiles Essentielles: Santé, Beauté, Bien être; Ed : Hachette Pratique, p: 14- 43.
- [63]. **Nograt-Ehrhat A-S.,** 2008, La phytothérapie : Se soigner par les plantes. Ed, Eyrolles, Paris2008.

- [64]. **OCCHIO Laurent.** Mise en place de procédures d'aromathérapie a l'institut de cancérologie de lorraine (ICL). Thèse pour le diplôme d'état de docteur en pharmacie .Université de Lorraine. 2015.
- [65]. **Omar A, Mohammed El haykle M,** 1993. Plantes médicinales et aromatiques deuxième édition, installation connaissance D'Alexandrie, p:13-134.
- [66]. **OUHERERRE. A, ABIDAT.R.** Caractérisation et l'effet de l'époque de récolte sur la composition des huiles essentielles de *Schinus molle* L. Mémoire du master .Université Djilali bounaama .2018.
- [67]. **Ouis N.** Etude chimique et biologique des huiles essentielles de coriandre, de fenouil et de persil. Thèse. Université d'Oran, 2015.
- [68]. **P.Franchomme ,R.Jollois,et D.Penoël,** l'aromathérapie exactement ,Roger ,Jollois .2001.
- [69]. **Padrini F ;Lucheroni ;MT :**le grand livre des HE .Ed de Vecchi ;1996.
- [70]. **RAYNAUD J.** Prescription et conseil en AROMATHERAPIE. Editions TEC & DOC EM inter - Lavoisier; 2006.
- [71]. **RAYNAUD J.** Prescription et conseil en AROMATHERAPIE. Editions TEC & DOC EM inter - Lavoisier; 2016.
- [72]. **ROBIN DESCHEPPER.** Variabilité de la composition des huiles essentielles et intérêt de la notion de chémotype en aromathérapie, thèse pour le diplôme d'état de docteur en pharmacie. p 65. 2017.
- [73]. **ROBIN DESCHEPPER.**VARIABILITÉ DE LA COMPOSITION DES HUILES ESSENTIELLES ET INTÉRÊT DE LA NOTION DE CHÉMOTYPE En AROMATHERAPIE. Thèse pour le diplôme d'état de docteur en pharmacie. 2017
- [74]. **ROUX D.** Conseil en aromathérapie - 2e édition. Pro -Officina. 2008.
- [75]. **Siddiqui Mohd Aftab., Khalid Mohd., Akhtar Juber., Siddiqui HH., Baadruddeen., Usma Ahmad., Farah Ahsan., Khan Mohd Muazzam., Mohammed Ahamd et Asad Ali.:** *Lavandula Stoechas* (Ustkhuddus): Une plante miracle. Faculté de pharmacie. Université intégrale. Dasauli. Kursi Road. Lucknow (UP) 226026. 2016.
- [76]. **Teisseire, P.J.** « chimie des substances odorantes », Editions TEC & DOC Lavoisier, Paris 1991, p480.

- [77]. **Thisserand, R., yong,R.**,2013.Essential oil savety :Agnide for health Care professionals ,second Edition . Churchill Livingstone.
- [78]. **Thomas A.** Utilisation des huiles essentielles chez le sportif. Thèse .Université Lorraine, 2016.
- [79]. **TONY POIROT** .Bon usage des HE, effets indésirables et toxicologie .Thèse de doctorat en pharmacie .Université de Lorraine. 2016. P48.
- [80]. **Valnet J.** : Aromathérapie - traitement des maladies par les essences des plantes .Ed .Maloine S.A., numéro 10 ,1983.
- [81]. **VANGELDER. Victoria.** L'aromathérapie dans la prise en charge des troubles de santé mineurs chez l'adulte a l'officine .Thèse pour le diplôme d'état de docteur en pharmacie. Université de Lille 2 .2017.
- [82]. **Velé H.** Thèse pour le diplôme d'État de Docteur en Pharmacie, Valorisation officinale des huiles essentielles autorisées dans les phytomédicaments, Université Angers.2015.
- [83]. **Yaacoub .Rahma ,I.I,** l'huile ,caractérisation physico-chimiques et analyses biologiques des HE des graines de *Cuminum cyminum* L. et de *Foeniculum vulgare* Mill. Extraite par hydrodistillation et CO<sub>2</sub> supercritique : Etude comparative. Thèse pour diplôme du Master en génie chimique. Université Larbi Ben M'hidi Oum el Bouaghi. (2017,2018).

## REVUES ET ARTICLES SCIENTIFIQUES :

- [84]. a)**Wan,J. ;Wilock,A. ;Coventry,M.J.J.**Appl.Microbiol1998,84 :152 :158 ;b)**W annissorn,B. ;JarikasemS. ;SiriWanghai,T. ;Thubthimthed,** phytothéropi,2005,76 ;233-236 ;C)**Dorman,H.J ;Deans,S.G.J.**Appl.Microbiol 2000,88 :308-316].
- [85]. **A.Sanon .M.Garba.J.Auger.J** .huit ganrt .Journal of stored products Research, 2002, 38,129.
- [86]. AFNOR NF T75 - 006 (1998).
- [87]. Agence Nationale des Médicaments et des produits de Santé(ANSM).

- [88]. **Alexandrovich, I., O. Rakovitskaya, E. Kolmo, E. Sidorova, and S. Shushunov**, 2003. The effect of fennel (*Foeniculumvulgare*) seed oil emulsion in infantile colic: A randomised, placebo-controlled study. *Altern. Ther.*, 9: 58–61.
- [89]. **Allinger, N.L. ; Cava, M.P.;De Jongh, D.C. ; Johnson, C.R., Lebel, N.A.et Stevens, C.L.** « chimie organique », Ediscience /Mc Graw - Hill, Paris 1975, p813.
- [90]. **AMINI R, 2010** : Analyse chimique et activité bactérienne de trois plantes médicinales antituberculeuses à Kisangani ; Monographie, inédite, faculté des sciences, UNIKIS, P. 24,25.
- [91]. **ANNELISE. Lobstena, FRANCOICE .Couic- Marinieb.** L'huile essentielle de lavande officinale. Elsevier Masson SAS n° 565.2017.
- [92]. Article 514 bis du Code Général des Impôts.
- [93]. Article D4211-13 du Code de la Santé Publique.
- [94]. **Asfaw N., Licence P., Novitskii A. A. Poliakoff M. Green chemistry in Ethiopia:** the cleaner extraction of essential oils from *Artemisia afra*: a comparison of clean technology with conventional methodology. *Green Chem.* 7, 352,356. 2005.
- [95]. Association Française de Normalisation 1986 « Huiles essentielles « AFNOR. Paris .NF.T75 – 006.
- [96]. **Barrie, S. A., Wright, J. V., &Pizzorno, J. E.** (1987). Effects of Garlic Oil on Platelet Aggregation, Serum Lipids and Blood Pressure in Humans. *Journal of Orthomolecular Medicine.*
- [97]. **Baytop T.:** *Therapy with medicinal plants in Turkey (Past and Present)*. Istanbul: Publications of the Istanbul University. No. 3255 2nd ed., P. 244, 245.1999.
- [98]. **Behrendt, H-J., T. Germann, C. Gillen, H. Hatt, and R. Jostock**, 2004. Characterisation of the mouse coldmenthol receptor TRPM8 and vanilloid receptor type-1 VR1 using a fluorometric imaging plate reader.

- [99]. **Belouad A., 2001** : Plantes médicinales d'Algérie. Office des Publications Universitaires, Alger, 5-10.
- [100]. **Beloued A.** : Plante médicinales d'Algérie. Offices des publications universitaires. P. 20-150 2005.
- [101]. **Bemauer U, Badin L, pieter JanC,Sakamatok** .effets of essential oils .1987 ;44 :77].
- [102]. **Benayad N.** Évaluation de l'activité insecticide et antibactérienne des plantes aromatiques et médicinales Marocaines. Extraction ce métabolites secondaires des champignons endophytiques isolés de plantes Marocaines et activité anticancéreuse. UNIVERSITÉ MOHAMMED V.FACULTÉ DES SCIENCES.RABAT. 2013.
- [103]. Biotechnologie végétale. Les huiles essentielles [en ligne].2012 [consulté en Janvier 2018]. Disponible sur <http://mira.biotéchnologievégétale.blogspot.com>.
- [104]. **Burrow, A., R. Eccles, and A.S. Jones,** 1983. The effects of camphor, eucalyptus and menthol vapours on nasal resistance to airflow and nasal sensation. *ActaOtolaryngol.*, 96: 157–161 *Pharmacologie, A.LeHir -1997-Masson.*
- [105]. **Burt S.** Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in food a review: *international journal of food Microbiology*, 94:233- 237, 2009.
- [106]. **Burt S. Essential oils:** their antibacterial properties and potential applications in food - a review. *International journal of food microbiology*, 94: 223-253, 2004.
- [107]. **Burt, S Int .J .Food Microbiol.**2004, 94:223-253.
- [108]. **CHEMAT .F, Smadja .J,** Lucchesi. M.E. Brevet Européen. EP.1.439.218 B1.2004
- [109]. **Chemat, F; Zill-e-Huma,H ;Khan ,M.K.** Ultason .*Sonochem.*,18.813-835. 2011.
- [110]. **CHEMAT.F,Smadja.J,Lucchesi.M.E.** Brevet American .US.2004/0187340A1.2004].
- [111]. **Chu C.J.,Kemper K.J.** Lavander (*Lavandula ssp*).longwood HerbelTask Force.P32.2001.

- [112]. **Coelho-de-Souza., L.N., J.H. Leal-Cardoso, F.J. de Abreu Matos, S. Lahlou, and P.J.C. Magalhães, 2005.** Relaxant effects of the essential oil of *Eucalyptus tereticornis* and its main constituent 1,8-cineole on guinea-pig tracheal smooth muscle. *Planta Med.*, 71: 1173–1175.
- [113]. **Crowell, P.L., 1999.** Prevention and therapy of cancer by dietary monoterpenes. *J. Nutr.*, 129: 775–778.
- [114]. **Da Porto et coll. 2009 Da Porto C., Decorti D. Kikic I.** Flavour compounds of *Lavandula angustifolia* L., to use in food manufacturing: Comparison of three different extraction methods. *Food Chem.* 112, 1072-1078. (2009).
- [115]. **Delmasy - Feller P.etM.J :** les plantes à graines : Structures - Biologie-developpement .Armand Colin, 1990.
- [116]. **Dudareva N., Negre F., Nagegowda D.A., Orlova I.** Plant volatiles : recent advances and future perspectives. *Critical reviews in plant sciences*, 25: 417-440. 2006.
- [117]. **Duquenois P. :** l'utilisation des HE en pharmacie, leur normalisation et l'Europe du Médicaments .Parf.Cosm.Sav . P414 - 418 ,1968.
- [118]. **Ebihara, T., S. Ebihara, M. Maruyama, et al., 2006a.** A randomised trial of olfactory stimulation using black pepper oil in older people with swallowing dysfunction. *J. Am. Geriatr. Soc.*, 54: 1401–1406.
- [119]. **Elqaj M, Ahami A, et Belghyti D, 2007.** La phytothérapie comme alternative à la résistance des parasites intestinaux aux antiparasitaires. Journée scientifique « ressources naturelles et antibiotiques ». Maroc.
- [120]. **Enshaieh, S. A. Jooya, A.H. Siadat, and F. Iraj, 2007.** The efficacy of 5% topical tea tree oil gel in mild to moderate acne vulgaris: A randomised, double-blind-placebo-controlled study. *Indian J. Dermatol.Venereol. Leprol.*, 73: 22–25.
- [121]. **Figueiredo R.O,Stefanini M.B,Ming L.C,Maio Marques M.O.&Facanali.R.,2004.**Essential al oil composition of *Aloyria triphylla* (l'herit).britton leaves cultivated in botucatu,sea .Paulo,Brazil .*Acta horticultura* .629:131 – 134.
- [122]. **Foster, S., 2002.** The fighting power of Oregano: This versatile herb packs a powerful punch—earth medicine. *Better Nutr.*, March: 1.

- [123]. **Garneau F.X.** **Huiles essentielles : de la plante va la commercialisation manuel pratique** .Corporation la seve, Université du Qubec à Chicoutimi (2005).185.
- [124]. **Gers hezon J.et Dudarreva N.**, 2007.the fonction of terpen naturel production in the naturel word .Naturel chemistry and Biology .Vol .3(7):407 – 414.
- [125]. **Giray E. S et Kirici S.** Comparing the effect of sub-critical water extraction with conventional extraction methods on the chemical composition of *Lavandula stoechas*. *Talanta* 74.P.930, 935. 2008.
- [126]. **Gordon WP, Forte AJ; McMurty et al** ; Hepatotoxicity and pulmonary toxicity of pennyroyal oil ans its constituent terpenes in mouse. *Toxicology and applied pharmacology*. 1982. Vol65, 413-424.
- [127]. **Gurib-Fakim A**, 2006. Medicinal plants: Traditions of yesterday and drugs of Tomorrow, *Molecular Aspects of Medicine* 27, 1-93.
- [128]. **Harada, M., Yano, S.**, 1975. Pharmacological studies on Chinese cinammon. II. Effects of cinnamaldehyde on the cardiovascular and digestive systems. *Chem. Pharm. Bull.* 23, 941–947.
- [129]. **heng R.** Application de la chimie radicalaire des Xanthates à la synthèse et à la fonctionnalisation des systèmes cycliques et polycycliques [internet] .[Cited 20 Sep 2017]. Available From :<http://hal - polytechnique .Archives ouvertes .Fr /Pastel - 00530997 /document>.
- [130]. **Hooser SB.** D-limonène, linalool and crude citrus oil extracts: veterinary clinics of North America 1990 vol20,N°2,383-385.
- [131]. infant. *Hum ExpToxicol* 1991;10:291—4.
- [132]. Interactions médicamenteuses et cytochromes - ANSM : Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé,” 2016.
- [133]. **Iserin. P**, 1996.
- [134]. **Jahromi, B.N., A . Tartifizadeh, and S. Khabradideh**, 2003. Comparison of fennel and mefenamic acid for the treatment of primary dysmenorrhea. *Int. J. Gynecol. Obstet.*, 80: 153–157.
- [135]. **Kabera Nzeyumwami J.** Caractérisation des huiles essentielles de trois plantes aromatiques : Hyptis Spicigera, Pluchea Ovalis et Laggera Aurita. DEA. Université de Lome, Togo, 2004.
- [136]. **Kaloustian J., Hadji-Minaglou F.** La connaissance des huiles essentielles. *Qualitologie et aromathérapie*. Springer (2012). 210p.



- [137]. **Kaloustian J, Hadji-Minaglo F.** La connaissance des huiles essentielles: qualilogie et aromathérapie. Paris. Edition Springer 2012.
- [138]. **Karande P., Mitragotri S.** Enhancement of transdermal drug delivery via synergistic action of chemicals. *Biochimica and biophysica acta*, 1788 (11) : 2362 – 2373, 2009.
- [139]. **Kenia, P., T. Houghton, and C. Beardsmore,** 2008. Does inhaling menthol affect nasal patency or cough? *Pediatr. Pulmonol.*, 43 532–537.
- [140]. **Kim, J.T., M. Wadja, G. Cuff, et al.** 2006. Evaluation of aromatherapy in treating postoperative pain: Pilot study. *Pain Practice*, 6: 273–277.
- [141]. **Kirov, M., T. Burkova, V. Kapurdov, and M. Spasovski,** 1988 a. Rose oil. Lipotropic effect in modelled fatty dystrophy of the liver. *Medico Biologic Info.*, 3: 18–22. Et Kirov, M., P. Koev, I. Popiliev, I. Apostolov, and V. Marinova, 1988b. Girositol. Clinical trial in primary hyperlipoproteinemia. *Medico Biologic Info.*, 3: 30–34.
- [142]. **Krausz M.** Le marché mondial du lavandin, de la lavande. Perspectives. Centre d'Etude et de Développement Durable Euro méditerranéen (CEDDEM). [http://www.ceddem.org/maj/upload/publications/fichier\\_4.pdf](http://www.ceddem.org/maj/upload/publications/fichier_4.pdf). Consulté le 09/08/2016.
- [143]. **Lane BW, Ellenhorn MJ, Hulbert TV, McCarron M.** Clove oil ingestion in an
- [144]. **Laude, E.A., A.H. Morice, and T.J. Grattan,** 1994. The antitussive effects of menthol, camphor and cineole in conscious guinea pigs. *Pulmon. Pharmacol.*, 7: 179–184.
- [145]. **Laure Martinat.** Lavande. Doctissimo 2020.
- [146]. **LEE M., LIM S., SONG J.-A., KIM M.-E., HUR M.-H.** (2017) The effects of aromatherapy essential oil inhalation on stress, sleep quality and immunity in healthy adults: Randomized controlled trial. *Eur. J. Integr. Med.* 12, 79-86.
- [147]. **Legast E., Peyron L. :** IX congrès internationale des huiles essentielles. Singapour p.63, 1983.
- [148]. **LEMON K.** (2004) An assessment of treating depression and anxiety with aromatherapy. *Int. J. Aromather.* 14(2), 63-69.

- [149]. **Li.Y,Fabiano-Tixier,A.S ,Chemat.F.** Essential oils as Reagents in Green Chemistry, SpringerBriefs in Green Chemistry for Sustainability 2014,p .78.
- [150]. **LIM WC, SEO JM, LEE CI, PYO HB, Lee BC.** Stimulative and sedative effects of essential oils upon inhalation in mice. Arch Pharm Res. 1 juill 2005; 28(7):770 -4.
- [151]. **Lim,T.K** Edible medicinal and non-medicinal plants.springer. vol.1, P.656, 687.2014.
- [152]. **Lis - Balchin M. (2002).**Lavender - The genus Lavandula. London & New - York: Taylor and Francis, 268 p.
- [153]. **Lis - Balchin M.**Aromatherapy .science: a guide for healthcare professionalis. Pharmaceutical press; 2006.462p.
- [154]. **LIS-BALCHIN M, HART S.** Studies on the mode of action of the essential oil of lavender (*Lavandula angustifolia* P. Miller). Phytother Res. sept 1999;13(6):540 -2.
- [155]. **Liss-balchin M.** Lavender, the genus Lavadula. Edition London & New York: Taylor and Francis. P.268. 2002.
- [156]. loi 85-5 du 16 février 1985 relative à la protection et à la promotion de la santé.
- [157]. **Luke, E.,** 1962.Addition to Menthollated Cigarettes .the lancet 279,110-111.
- [158]. **M.J. GoncalvesCavaleiro, C., E. Pinto, et al.,** 2006. Antifungal activity of Juniperus essential oils against dermatophyte, Aspergillusand Candida strains. J. Appl. Microbiol., 100: 1333–1338.
- [159]. **Maganga A.:** Influence of Variety and Organic Cultural Practices on Yield and Essential Oil Content of Lavander and Rosmary in Interior BC.(STOPA). Ecorational Technologies. Kamloop. BC. P.23.2004.
- [160]. **Magyar, J., S Zentandrassy, N.,Banyas Z.,T,** Effets of terpenoid phenol derivatives on calcium current in canine and human ventricular cardionyocytes. Europen journal of pharmacology, 487,29636.
- [161]. **Manabe A, Nakayama S ,Sakamatok.**Effects of essential oils on Erythrocytes and hepatocytes .JPN.J.Pharmacol.1987 ;44 :77-84.

- [162]. **Meullemiestre. A ;Breil. C,Abert-Vian .M,Chemet.F.** Moderne technique and Solvents for the extraction of Microbial Oils., SpringerBreifs in Green Chemistry for Sustainability.P52. 2015.
- [163]. **MEYER .B, WARNOD .** Natural Essentiel Oils: Extraction Processus and Application to some Maojor Oils .Perfumer and Flavorist1984.P 9, 93,103.
- [164]. **Mills, J.J., R.S. Chari, I.J. Boyer, M.N. Gould, and R.L. Jirtle,** 1995. Induction of apoptosis in liver tumors by the monoterpeneperyllyl alcohol. Cancer Res., 55: 979–983.
- [165]. **MOHAMMEDI Zohra, ATIK .Fawzia.** Pouvoir anifongique et antioxydant de l’huile essentielle de *Lavandula stoechas*.Laboratoire des Produits Naturels, Université Abou Bakr Belkaid, BP 119, Tlemcen 13000, Algérie 26MARS 2011.
- [166]. **Moon, T., J. Wilkinson, and H. Cavanagh,** 2006. Antiparasitic activity of two Lavandula essential oils against *Giardia duodenalis*, *Trichomonas vaginalis* and *Hexamitainflata*.Parasitol. Res., 99(6): 722–728.
- [167]. **Morel J.M.** Traité pratique de phytothérapie. Grancher (2008). 620p.
- [168]. **Narishetty S.T.K,Panchagnula R.,**2004:Transdermal Delivery of Zidovudine ,Effects of Terpens and theirs Mechanism of Action journal of Controlled Release.95:367- 379.
- [169]. **Neish AC.** Biosynthétique Pathways of Aromatic Compounds.Annual Review of plant physiology.juin 1960; 11(1):55 – 80.
- [170]. **Orafidiya, L.O., E.O. Agbani, A.O. Oyedele, O.O. Babalola, and O. Onayemi,** 2002. Preliminary clinical tests on topical preparations of *Ocimumgratissimum*Linn. Leaf essential oil for the treatment of acne vulgaris. Clin. Drug Invest. 22(5): 313–319.
- [171]. **Ostad, S.N., M. Soodi, M. Sharifzadeh, and N. Khorsidi,** 2001 . The effect of fennel essential oil on uterine contraction as a model for dysmenorrhoea, pharmacology and toxicology study. J. Ethnopharmacol., 76:299–304.
- [172]. **P. Collin,** L’aromathérapie Bio contre les maux quotidiens, Le comptoir Aroma. 2011.

- [173]. **Packman, E.W. and S.J. London**, 1980. The utility of artificially induced cough as a clinical model for evaluating the antitussive effects of aromatics delivered by induction. *Eur. J. Resp. Dis.*, 61(Suppl 10): 101–109.
- [174]. **Peiffer, C., J-B. Pline, L. Thivard, M. Aubier, and Y. Samson**, 2001. Neural substrates for the perception of acutely induced dyspnea. *Am. J. Respir. Crit. Care*, 163: 951–957.
- [175]. **Pellecuer J., Allegrini J., De Boucheberg M.S** :HE bactéricides ,fongicides .Revue de l'institut Pasteur de Lyon ,P135 -159 ,1976.  
**BOUKHATEM Mohamed Nadjib , FERHAT Amine et KAMELI Abdelkrim**. Méthodes d'extraction et de distillation des huiles essentielles : Revue de littérature.
- [176]. **Perrin A ; Colsan M. :** l'appareil sécréteur chez les Menthes : Modalités de stockage des essences dans les glandes a tête pluricellulaire .Acte des Colloque : les Menthes en France, Aspect scientifique, économique et industriel. Université Claude Bernard .Lyon I.1983.
- [177]. Pharmacopée Française VIIIème édition (1965).
- [178]. **Phillips, L.R., L. Malspeis, and J.G. Supko**, 1995. Pharmacokinetics of active drug metabolites after oral administration of perillyl alcohol, an investigational antineoplastic agent, to the dog. *Drug Metab. Dispos.*, 23: 676–680.
- [179]. **Poulter ,C.D. ;Marsh , L.L. ; Hughes ,J.M.;Argyle,J.C.; Satterwhite ,D.M.;Good fellow ,R.J.; Moesinger ,S.G.J.**Am. Chem. Soc .1977, 99,3316 - 3823.
- [180]. **Proctor.A.** « Alternatives to conventional Food Processing », Royal Society of Chemistry, Great Britain.P.481. 2011.
- [181]. **Quezel P and Santa S**Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales .Tome II. Ed. C.N.R.S. Paris. 1963.
- [182]. **Rahmouni S. ;Reghis S.**Etudes phytochimique et évaluations des activités antioxydantes et antimicrobiennes des espèces :*Lavandula stoechas*. 2016.
- [183]. **Reddy, B.S., C.-X. Wang, H. Samaha, et al.**, 1997. Chemoprevention of colon carcinogenesis by dietary perillyl alcohol. *Cancer Res.*, 57: 420–425.

- [184]. Réglementation des médicaments à base de plantes La situation dans le monde .Organisation Mondiale de la Santé.1998.
- [185]. **Seck, D-** Revue Sénégalaise des Recherches Agricoles et Halieutiques 1989, 2,11-20.
- [186]. **Shoff, S.M., M. Grummer, M.B. Yatvin, and C.E. Elson,** 1991. Concentration dependent increase of murine P388 and B16 population doubling time by the acyclic monoterpene geraniol. *Cancer Res.*, 51: 37–42.
- [187]. **Singh A.K., Dikshit A., Dixit S.M :** Fungitoxic properties of essential oil of *Mentha arvensis var pepiraxens* .Perfumer and flavorist. P : 55- 58 ,1983.
- [188]. **Sloan, A., S.C. De Cort, and R. Eccles,** 1993. Prolongation of breath-hold time following treatment with an l-menthol lozenge in healthy man. *J. Physiol.*, 473: 53.
- [189]. **Sosa.S. Altinier G** Extracts and constituents of *Lavandula multifida* with topical anti-inflammatory activity. *Phytomedicine*.P271, 277. 2005.
- [190]. **Stayrock, K.R., J.H. McKinzie, Y.D. Burke, Y.A. Burke, and P.L. Crowell,** 1997. Induction of the apoptosis promoting protein Bak by perillyl alcohol in pancreatic ductal adenocarcinoma relative to untransformed ductal epithelial cells. *Carcinogenesis*, 18: 1655–1653.
- [191]. **Thomas, J.G.**(1962).Peppermint fibrillation .*the lancet*,279(7222),222.
- [192]. **Thormar H.** Lipids and essential oils as antimicrobial agents. Wiley (2011). 315p.
- [193]. **Tisserand et Young,** 2013.
- [194]. **Tisserand R,Young R.** Essential oil safety .Elsevier ,2014.
- [195]. **Unsicker .S. B.G et kunert G** .2009.protective perfumers :the role of vegetative volatiles in plant defence against herbivores .*Current opinion in plant Biology* vd .12(4):479 – 485.
- [196]. **Upson. T.M., Grayer. R.** Leaf flavonoids as systematic characters in the genera *Lavandula* and *Sabaudia*. *Biochem. Syst. Ecol*, 28.P 991, 1007. 2000.
- [197]. **V. A. Kurkin,** *Chem. Nat. Compd.* 2003, 39,123.
- [198]. Val de Marne. Le jardin des simples voyages au pays des plantes médicinales [internet]. [Cited 2018 Mar 18]. Available from: <http://marceron-col.Spip.ac-roven.fr/MG/PdF/Fiche-végétale-Web-2.Pdf>.

- [199]. **Veillet,S,Tomao,V ;&Chemat,F.** Ultrasound assisted maceration :An original procedure for direct aromatization of olive oil with basil .Food chemistry.P123;905.2010.
- [200]. **Wattenberg, I.W., 1991.** Inhibition of azoxymethane-induced neoplasia of the large bowel by 3-hydroxy-3,7,11-trimethyl-1,6,10-dodecatriene (nerolidol). *Carcinogenesis*, 12: 151–152.
- [201]. **WEEKS B.** (2009) Formulations of dietary supplements and herbal extracts for relaxation and anxiolytic action: *Relarian. Med Sci Monit* 15(11), 256-262.
- [202]. **Wright, C.E., E.A. Laude, T.J. Grattan, and A.H. Morice,** 1997. Capsaicin and neurokinin A-induced bronchoconstriction in the anaesthetised guinea pig: Evidence for a direct action of menthol on isolated bronchial.
- [203]. **Xing, H., J.X. Ling, M. Chen, et al.,** 2008. TRPM8 mechanism of autonomic nerve response to cold in respiratory airway. *Mol. Pain*, 4: 22. <http://www.molecularpain.com/content/4/1/22> smooth muscle. *Br. J. Pharmacol.*, 121: 1645–1650.
- [204]. **Yu, S.G., L.A. Hildebrandt, and Ch. E. Elson,** 1995. Geraniol, an inhibitor of mevalonate biosynthesis, suppresses the growth of hepatomas and melanomas transplanted to rats and mice. *J. Nutr.*, 125(11): 2763–2767.
- [205]. **ZHIRI A., BAUDOUX D.** (2005) Huiles essentielles chémotypées et leurs synergies, *Aromathérapie scientifique*. Luxembourg, Inspir Development.

#### LIENS INTERNET :

- [206]. <http://andre.mornard.free.fr/index.php?page=turbodistillation>.
- [207]. [http://nature.jardin.free.fr/arbrisseau/ft\\_lavande.html](http://nature.jardin.free.fr/arbrisseau/ft_lavande.html) consulté le 26/06/2021].
- [208]. <http://nature.jardin.free.fr/lexiqueetymologique.html#:~:text=Angustifolia%20%3A%20vient%20de%20'angustus',Aquifolius%20%3A%20%C3%A0%20feuilles%20piquantes>. Consulté le 26/06/2021].
- [209]. <http://tpe-huiles-essentielles-2014-2015.e-monsite.com/pages/procede-d-extraction/l-extraction-au-co2-supercritique.html> .
- [210]. <http://tpehuilesessentiellesetsante.e-monsite.com/pages/i-les-huiles-essentielles-une-utilisation-millenaire/definition/b-les-differentes-techniques-d-extraction-des-huiles-essentielles.htm> consulté le 15/03/2021.

- [211]. [http://www.Compagnie des sens – Fr /histoire des - HΞ\) »](http://www.Compagnie des sens – Fr /histoire des - HΞ) ») [consulté le 08 avril 2021]
- [212]. <http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/arbres/lavande.htm> consulté le 20/06/2021.
- [213]. <http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/arbres/lavande.htm> consulté le 20/06/2021.
- [214]. <http://www.tout-aide.info/histoire-des-plantes-medicinales/> (consulté le 25/04/2021).
- [215]. <https://sante.journaldesfemmes.fr/fiches-sante-du-quoti.dien/2694233-lavande-vraie-officinale-proprietes-phytotherapie-poux-stress-brulure-tisane> 27/06/2021.
- [216]. <https://sites.google.com/site/medicinalesplantes/historique-des-plantes-medicinales>
- [217]. <https://www.lesproduitsnaturels.com/plante-lavande-122.htm> consulté le 05/06/2021.
- [218]. <https://www.sylvaine-delacourte.com/fr/guide/l-enfleurage>. consulté le 17/03/2021.
- [219]. <https://www.zayataroma.com/fr/methodes-dextraction?slug=fr/methodes-dextraction>. consulté le 15/03/2021.
- [220]. Normes ISO - Huiles essentielles [Internet]. Disponible sur: [https://www.iso.org/fr/ics/71.100.60/x/..](https://www.iso.org/fr/ics/71.100.60/x/)
- [221]. The safety in aromatherapy - Aromathrapy science- Pharmaceutical Press 2006[Internet].[cité 27 nov 2017]. Disponible sur <http://www.pharmpress.com/files/docs/aromascich07.pdf>
- [222]. Wikipidia. Encyclopédie en ligne. Disponible sur [www.wikipedia.fr](http://www.wikipedia.fr).
- [223]. <https://keldeliceassets.s3.amazonaws.com/attachments/photos/792329/large/lavande-papillon-feuille.jpg?1527346129>
- [224]. [http://www.devenirjardinier.fr/cel/les\\_inflorescences\\_print.php](http://www.devenirjardinier.fr/cel/les_inflorescences_print.php)

### **Autres :**

- [225]. **Miholson. S .Mottet** : Dictionnaire pratique d'horticulture de jardinage.

***ANNEXES***



## ***LISTE DES ANNEXES***

**ANNEXE 1 : DONNEES SUR LES HUILES ESSENTIELLES..... XX**

**ANNEXE 2 : MATIERES PREMIERES ET REACTIFS UTILISES ..... XXII**

## ANNEXE 1 : DONNEES SUR LES HUILES ESSENTIELLES

1	2	3	4	5
<p><b>Alcools</b></p> <p>Alcools monofonctionnels : alcools primaires, secondaires, tertiaires.</p> <p>Alcools polyfonctionnels : diols, triols, polyols.</p> <p>Alcools terpéniques : alcools à squelette terpénique.</p>	<p><b>Alcènes</b></p> <p>Alcènes monoinsaturés : alcènes à chaîne ouverte, alcènes à chaîne fermée.</p> <p>Alcènes polyinsaturés : alcènes à chaîne ouverte, alcènes à chaîne fermée.</p>	<p><b>Alcadiènes</b></p> <p>Alcadiènes monoinsaturés : alcadiènes à chaîne ouverte, alcadiènes à chaîne fermée.</p> <p>Alcadiènes polyinsaturés : alcadiènes à chaîne ouverte, alcadiènes à chaîne fermée.</p>	<p><b>Alcatriènes</b></p> <p>Alcatriènes monoinsaturés : alcatriènes à chaîne ouverte, alcatriènes à chaîne fermée.</p> <p>Alcatriènes polyinsaturés : alcatriènes à chaîne ouverte, alcatriènes à chaîne fermée.</p>	<p><b>Alcatriènes</b></p> <p>Alcatriènes monoinsaturés : alcatriènes à chaîne ouverte, alcatriènes à chaîne fermée.</p> <p>Alcatriènes polyinsaturés : alcatriènes à chaîne ouverte, alcatriènes à chaîne fermée.</p>

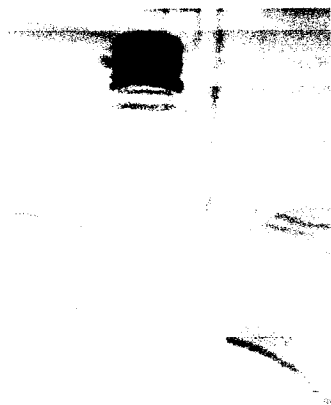
Figure 53: Action anti-infectieuse des huiles essentielles : les familles chimiques principales.



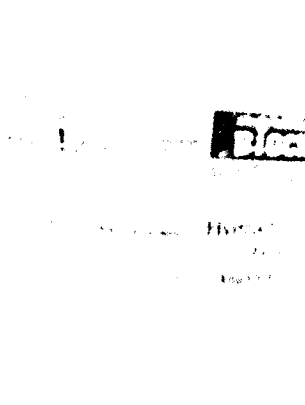
Figure 54: Détail d'une bractée.



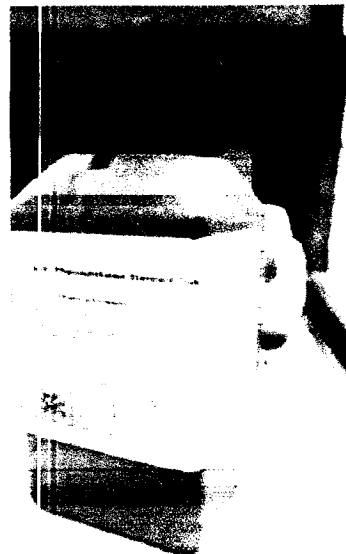
## ANNEXE 2 : MATIERES PREMIERES ET REACTIFS UTILISES



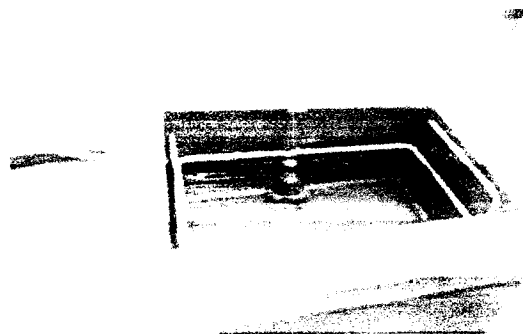
**Figure 57:** Ethanol 96%



**Figure 58:** Acide Chlorhydrique.



**Figure 59:** Phénophtaléine.



**Figure 60:** Homogénéisation de KOH Avec Ethanol.



**Figure 61:** Rouge de Congo.

## RÉSUMÉ :

Les huiles essentielles se définissent comme le produit de la distillation d'une plante ou d'une partie de la plante. Ce sont des substances de consistance huileuse, mais sans corps gras, plus ou moins fluides voire rétinolides, très odorantes, volatiles et souvent colorés, leur composition chimique est généralement très complexe.

Dans cette étude, nous nous sommes intéressés à l'extraction et la caractérisation des huiles essentielles des deux espèces du genre *Lavandula*, à savoir « *Lavandula stoechas* » et « *Lavandula angustifolia* » originaires de l'Algérie.

Ces deux espèces ont fait l'objet d'une étude histologique. Puis des extractions de leurs huiles essentielles par hydrodistillation ont été effectuées avec des rendements allant de 1,17% à 3,9 %, suivies d'une étude physico-chimique.

Les résultats obtenus sont satisfaisants et méritent d'être complétés pour la détermination de la composition chimique des essences extraites.

**Mots clés :** Huile essentielle, « *Lavandula stoechas* », « *Lavandula angustifolia* », hydrodistillation, caractérisation.

## ABSTRACT:

Essential oils are defined as the product of the distillation of a plant or part of the plant. They are substances of oily consistency, but without fatty acid, more or less fluid or resinoid, very odorous, volatile and often colored, their chemical composition is usually very complex.

In this study, we looked at the extraction and characterization of the essential oils of the two species of the genus *Lavandula*, namely "*Lavandula stoechas*" and "*Lavandula angustifolia*" originating in Algeria.

Both species have been histologically studied. Then extraction of their essential oils by hydrodistillation was carried out with yields ranging from 1.17% to 3.9, followed by a physico-chemical study.

The results obtained are satisfactory and deserve to be completed for the determination of the composition of the extracted species.

**Keywords :** Essential oil, "*Lavandula stoechas*", "*Lavandula angustifolia*", hydrodistillation, characterization.

## الملخص:

تعرف الزيوت الأساسية بأنها ناتج تقطير نبات أو جزء من النبات وهي مواد تتسم بالاتساق الزيتي لكن بدون دهون سائلة، لحد. ما معطرة للغاية ومتطايرة وغالبا ما تكون ملونة، تركيبها الكيميائي معقد جدا بشكل عام.

في هذه الدراسة اهتمنا باستخراج وتحديد خصائص الزيوت الأساسية لنوعين من جنس لافوندولا وهما "لافوندولا ستيكاس" و" لافوندولا أنغوستيفوليا" من الجزائر.

النتائج التي تم الحصول عليها مرضية وتستحق أن تكتمل لتحديد التركيبة الكيميائية للأنواع المستخرجة.

**الكلمات المفتاحية:** الزيت الأساسي "لافوندولا ستيكاس"، "لافوندولا أنغوستيفوليا"، استخراج الخصائص، التقطير المائي.

## RÉSUMÉ :

Les huiles essentielles se définissent comme le produit de la distillation d'une plante ou d'une partie de la plante. Ce sont des substances de consistance huileuse, mais sans corps gras, plus ou moins fluides voire rétinolide, très odorantes, volatiles et souvent colorés, leur composition chimique est généralement très complexe.

Dans cette étude, nous nous sommes intéressés à l'extraction et la caractérisation des huiles essentielles des deux espèces du genre *Lavandula*, à savoir « *Lavandula stoechas* » et « *Lavandula angustifolia* » originaires de l'Algérie.

Ces deux espèces ont fait l'objet d'une étude histologique. Puis des extractions de leurs huiles essentielles par hydrodistillation ont été effectuées avec des rendements allant de 1,17% à 3,9 %, suivies d'une étude physico-chimique.

Les résultats obtenus sont satisfaisants et méritent d'être complétés pour la détermination de la composition chimique des essences extraites.

**Mots clés :** Huile essentielle, "*Lavandula stoechas*", "*Lavandula angustifolia*", hydrodistillation, caractérisation.

## ABSTRACT:

Essential oils are defined as the product of the distillation of a plant or part of the plant. They are substances of oily consistency, but without fatty acid, more or less fluid or resinoid, very odorous, volatile and often colored, their chemical composition is usually very complex.

In this study, we looked at the extraction and characterization of the essential oils of the two species of the genus *Lavandula*, namely "*Lavandula stoechas*" and "*Lavandula angustifolia*" originating in Algeria.

Both species have been histologically studied. Then extraction of their essential oils by hydrodistillation was carried out with yields ranging from 1.17% to 3.9, followed by a physico-chemical study.

The results obtained are satisfactory and deserve to be completed for the determination of the composition of the extracted species.

**Keywords :** Essential oil, "*Lavandula stoechas*", "*Lavandula angustifolia*", hydrodistillation, characterization.

