

**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***

**ETUDE DES HUILES ESSENTIELLES DU FAUX  
POIVRIER**

**Thèse d'exercice de fin d'études**

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

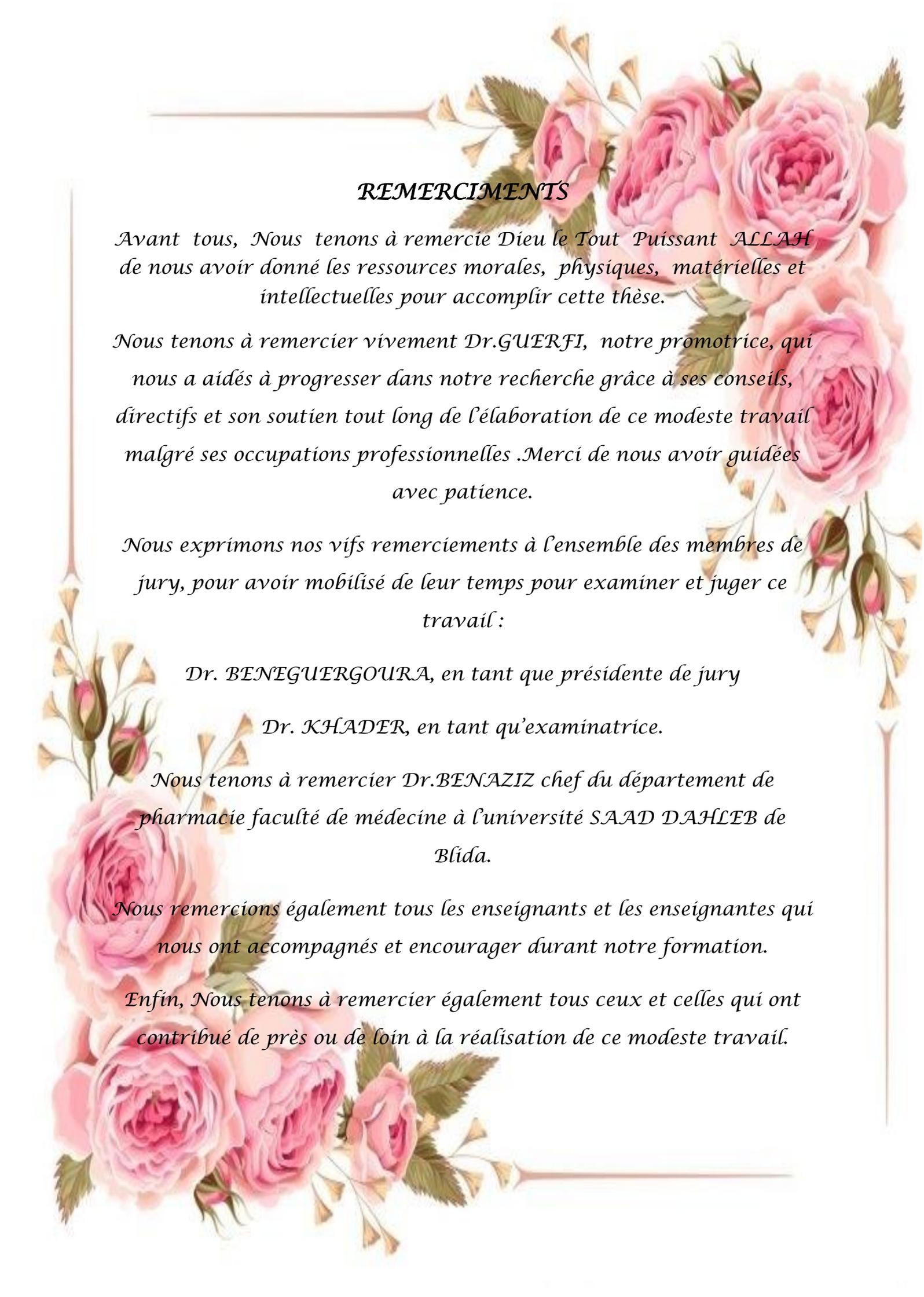
**Session : juillet 2022.**

**Présentée par :**

- BOUDALI Manel.
- DJELLAT Nour el houda.

**Devant le jury :**

- **Présidente** : Pr. BENEGUERGOURA.H Maitre de conférences en Chimie.
- **Examinatrice** : Dr. KHADER.N Maitre Assistante en Biophysique.
- **Promotrice** : Dr. GUERFI.B Maitre Assistante en Chimie Thérapeutique.



## *REMERCIEMENTS*

*Avant tous, Nous tenons à remercier Dieu le Tout Puissant ALLAH de nous avoir donné les ressources morales, physiques, matérielles et intellectuelles pour accomplir cette thèse.*

*Nous tenons à remercier vivement Dr.GUERFI, notre promotrice, qui nous a aidés à progresser dans notre recherche grâce à ses conseils, directifs et son soutien tout long de l'élaboration de ce modeste travail malgré ses occupations professionnelles .Merci de nous avoir guidées avec patience.*

*Nous exprimons nos vifs remerciements à l'ensemble des membres de jury, pour avoir mobilisé de leur temps pour examiner et juger ce travail :*

*Dr. BENEGERGOURA, en tant que présidente de jury*

*Dr. KHADER, en tant qu'examinatrice.*

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

*Nous remercions également tous les enseignants et les enseignantes qui nous ont accompagnés et encourager durant notre formation.*

*Enfin, Nous tenons à remercier également tous ceux et celles qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.*

## *DÉDICACE*

*Je dédie ce modeste travail à :*

*Mes très chers parents MOHAMED et BOUMLID Nadia*

*Aucun mot ne serait suffisant pour vous exprimer ma gratitude, mon amour et mon respect envers vous.*

*C'est surtout grâce à vous, à 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 mon cher mari DJELLALI Samir, pour la patience et le soutien dont il a fait preuve pendant toute la durée de mon cursus, Merci infiniment*

*À mes chères frères Fouad et Ibrahim*

*À ma chère sœur Sabrina*

*À mes beaux parents, qui m'ont beaucoup aidée et soutenue dans les moments difficiles.*

*À mon binôme « Nour el houda » qui a partagé avec moi des moments difficiles. Merci pour les beaux souvenirs qu'on a passés ensemble.*

*À toute ma famille BOUDALI et DJELLALI*

*Merci pour tout.*

**BOUDALI MANEL**



*DÉDICACE*

*A mes chères Parents, que je ne remercierais jamais assez :  
leurs aides,*

*Encouragement, Soutiens, Sacrifices et leur patience  
pendant toute ma vie. Que*

*Dieu les garde et protège.*

*A mes chers frères Mohamed, Sofian, Hamza, Ismail, Tayeb  
et mes chères*

*sœurs Djahida, Salsabil, Les mots ne suffisent guère pour  
exprimer l'attachement, l'amour et l'affection que je porte  
pour vous.*

*A mon binôme « Manel » qui a partagé avec moi les  
moments difficiles, j'ai eu beaucoup de chance de te  
connaître et d'être ton ami.*

*A mes Belles-Sœurs, merci d'être resté a mes cotés.*

*A mes tantes et oncles maternels merci pour leurs amours et  
leurs encouragements.*

*A tous mes amis et en particulier : Fouzia, Hanan, Mariem,  
Sihem*

*Aya, Chahra, Dounia, Chaïma, Imen, Amel, Maroua,  
Wafaa.*

*DJELLAT NOUR EL HOUDA*

## ***LISTE DES FIGURES***

<b>Figure 1:</b> Représentation d'une unité isoprène..	10
<b>Figure 2:</b> Structures de sesquiterpènes.	13
<b>Figure 3:</b> Alcool acyclique (géraniol) et Alcool cyclique (menthol) .	14
<b>Figure 4:</b> Structure du néral et du géraniol	14
<b>Figure 5 :</b> Structure de la menthine, une cétone terpénique.	15
<b>Figure 6 :</b> Structure d'un oxyde terpénique cyclique	16
<b>Figure 7:</b> Structure d'un ester terpénique: l'acétate de linalyle	17
<b>Figure 8:</b> Structure d'un phénol terpénique, le carvacrol	18
<b>Figure 9:</b> Structure générale des lactones terpéniques .	19
<b>Figure 10:</b> Dégradation de la matricine en chamazulène .	19
<b>Figure 11:</b> Composés aromatiques rencontrés dans les huiles essentielles	21
<b>Figure 12:</b> Représentation de l'IPP et du DMAPP.	22
<b>Figure 13:</b> Structure de l'acétyl Coenzyme A	23
<b>Figure 14:</b> Condensation de Claisen.....	23
<b>Figure 15:</b> Schéma de la biosynthèse des terpènes par la voie de l'acide mévalonique	24
<b>Figure 16:</b> Schéma de biosynthèse des terpènes par voie du méthylérythriol phosphate.	25
<b>Figure 17:</b> Schéma de biosynthèse des dérivés phénylpropaniques.....	26
<b>Figure 18:</b> Schéma d'un alambic	31
<b>Figure 19:</b> Schéma d'une installation d'entraînement à la vapeur.....	32
<b>Figure 20:</b> Schéma représentant l'hydrodiffusion.....	33
<b>Figure 21:</b> Schéma d'une installation de distillation sèche	34
<b>Figure 22:</b> Photo à gauche d'une pelatrice et à droite d'une centrifugeuse séparatrice de l'essence de Citrus .	34
<b>Figure 23:</b> Schéma simplifié d'un extracteur au CO2 supercritique.....	36
<b>Figure 24:</b> Dispositif d'extraction assistée par micro-ondes	37
<b>Figure 25:</b> Schéma d'extraction assistée par ultrason.....	38
<b>Figure 26:</b> Résultats des aromatogrammes et classement des HE testées en fonction des diamètres d'inhibition de <i>Streptococcus pugenes</i> induits	66
<b>Figure 27:</b> Inflorescence paniculé	76
<b>Figure 28:</b> Fleur des anacardiées.....	76
<b>Figure 29:</b> Ovules apotropes chez les Anacardiaceae. A: Ovule apotrope pendant à raphé dorsal, B: Ovule apotrope à raphé ventral	77

<b>Figure 30:</b> Différent types de fruits chez les Anacardiaceae .....	78
<b>Figure 31:</b> Répartition géographique de la famille Anacardiaceae .....	79
<b>Figure 32:</b> « <i>Schinus molle</i> » .....	82
<b>Figure 33:</b> Carte géographique de distribution de « <i>Schinus molle</i> » .....	83
<b>Figure 34:</b> Feuilles de « <i>Schinus molle</i> » .....	85
<b>Figure 35:</b> Fleur du « <i>Schinus molle</i> » .....	86
<b>Figure 36:</b> Bais rose de " <i>Schinus molle</i> ". .....	86
<b>Figure 37:</b> Graines de « <i>Schinus molle</i> » .....	87
<b>Figure 38:</b> Diamètres des zones d'inhibition de l'huile essentielle des fruits de « <i>Schinus molle</i> » .....	91
<b>Figure 39:</b> Activité cytotoxique des extraits de fruits de « <i>Schinus molle</i> » envers la lignée cellulaire du carcinome de foie (HepG-2) .....	95
<b>Figure 40:</b> CL50 des extraits de fruit de « <i>Schinus molle</i> » et doxorubicine testés contre la lignée cellulaire HepG2 .....	96

## ***LISTE DES TABLEAUX***

<b>Tableau 1:</b> Monoterpènes acycliques et cycliques rencontrés dans les huiles essentielles ....	11
<b>Tableau 2:</b> Posologies indicatives de l'utilisation des huiles essentielles par voie orale .....	50
<b>Tableau 3:</b> Représentation de la concentration minimal inhibitrice et la concentration minimal bactéricide de plusieurs composants entrant dans la composition des HE à l'encontre d' <i>E. coli</i> et de <i>S. aureus</i> . .....	66
<b>Tableau 4:</b> Répartition géographique des principaux genres des Anacardiacees. ....	79
<b>Tableau 5:</b> Représente le pourcentage de mortalité de <i>T. granarium</i> à différentes moments d'exposition et la concentration d'huile essentielle de « <i>Schinus molle</i> ». ....	100
<b>Tableau 6:</b> Représente le pourcentage de mortalité de <i>T. castanum</i> à différente exposition et la concentration d'huile essentielle de « <i>Schinus molle</i> ». ....	100
<b>Tableau 7:</b> Représente la réponse des insectes adultes de <i>T. garnarium</i> et <i>T. cataneum</i> aux huiles essentielles de « <i>Schinus molle</i> ». ....	101
<b>Tableau 8:</b> Représente le pourcentage de répulsion de <i>T. granarium</i> et <i>T. castaneum</i> à différentes concentrations d'huile essentielle de « <i>Schinus molle</i> ». ....	103

## ***LISTE DES ABRÉVIATION***

**°C** : Degré celsius

**AB** : Agriculture biologique

**ADN** : Acide désoxyribonucléique

**AFNOR/ISO** : Association française de normalisation /Organisation internationale de normalisation

**AINS** : anti-inflammatoires non stéroïdiens

**ANSM** : Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé.

**ATP** : Adénosine-Triphosphate

**AVK** : Anti vitamine k

**BHT** : butylhydroxytoluène

**CCM** : Chromatographie sur Couche Mince

**CHC** : carcinome hépatocellulaire

**CL50** : concentration létale 50

**CLHP** : Chromatographie Liquide à Haute Performance

**CMB**: concentration minimale bactéricide

**CMI** : concentration minimale inhibitrice

**CPG** : Chromatographie en Phase Gazeuse

**CSP** : contrat de sécurisation professionnelle

**CT** : chimiotype

**DHB** : 6,7-dihydroxybergamottine

**EMA** : European Medicines Agency

**H.E.C.T** : Huiles Essentielles Chémotypées

**HEBBD** : huile essentielle botaniquement et biochimiquement définie

**HepG-2** : lignée cellulaire du carcinome du foie humain

**HEs** : Huiles essentielles

**HMPC** : Committee on Herbal Medicinal Products

**HSV** : Herpès

**HV** : huile végétale

**IA** : Indice d'acide

**IC50** : concentration inhibitrice médiane

**IE** : Indice d'ester

**IMAO** : Inhibiteurs de la monoamine-oxydase

**INR** : International Normalized Ratio  
**Is** : Indice de saponification  
**ISRS** : inhibiteur sélectif de la recapture de la sérotonine  
**MeOH** : méthanol  
**MEP** : Méthylérythritol phosphate  
**MVA** : Acide mévalonique  
**NADPH** : Nicotinamide adénine dinucléotide phosphate  
**n-BuOH** : n-butanol  
**NCI** : National Cancer Institute  
**NF** : Normes françaises  
**OMS** : l'Organisation mondiale de la santé  
**PPF** : Pyrophosphate de farnésyle  
**PPG** : Pyrophosphate de géranyle  
**PPI2** : Diméthylallyl-diphosphate  
**PPI3** : Isopentényl-diphosphate  
**RP** : pourcentage de répulsion  
**SM** : Spectrométrie de masse  
**SPF** : protection solaire  
**UV-Vis** : Ultraviolet-Visible  
**VIH** : virus de l'immunodéficience humaine

## **TABLE DES MATIERES**

REMERCIEMENTS.....	i
DÉDICACE.....	ii
LISTE DES FIGURES.....	iv
LISTE DES TABLEAUX.....	vi
LISTE DES ABRÉVIATIONS.....	vii
INTRODUCTION.....	1
<b>ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE</b>	
<b>CHAPITRE I : PHYTOTHÉRAPIE.....</b>	<b>3</b>
I. 1 DÉFINITION:.....	3
I. 2 HISTORIQUE : .....	3
I. 2 . 1 Phytothérapie : petit point d'histoire : .....	3
I. 2 . 2 Naissance des huiles essentielles et avènement de l'aromathérapie moderne :.....	4
I. 3 TYPES DE PHYTOTHERAPIE : .....	5
I. 3 . 1 Gemmothérapie :.....	5
I. 3 . 2 Homéopathie :.....	5
I. 3 . 3 Aromathérapie : .....	6
I. 4 PRÉPARATIONS A BASE DE PLANTES :.....	6
I. 4 . 1 Tisane :.....	6
I. 4 . 1 . 1 Infusion .....	6
I. 4 . 1 . 2 Décoction :.....	6
I. 4 . 1 . 3 Macération : .....	6
I. 4 . 2 Teinture :.....	7
I. 4 . 3 Cataplasme :.....	7
I. 4 . 4 Sirop :.....	7
<b>CHAPITRE II : LES HUILES ESSENTIELLES.....</b>	<b>8</b>
II . 1 DÉFINITION : .....	8
II . 2 HISTOIRE ET ORIGINE :.....	9
II . 3 RÉPARTION ET LOCALISATION DES HUILE ESSENTIELLES : .....	9

II . 4 PRINCIPALES MOLÉCULES CHIMIQUES ENTRANT DANS LA COMPOSITION DES HUILES ESSENTIELLES :	10
II . 4 . 1 TERPÉNOIDES :	10
II . 4 . 1 . 1 Monoterpènes :	11
A. Propriétés thérapeutiques :	12
B. Toxicité :	12
II . 4 . 1 . 2 Sesquiterpènes :	12
A. Principales propriétés thérapeutiques :	13
B. Toxicité :	13
II . 4 . 1 . 3 Dérivés terpéniques fonctionnalisés :	13
A. Alcools acycliques, monocycliques ou bicycliques :	13
B. Aldéhydes terpéniques :	14
C. Cétones terpéniques :	15
D. Oxydes terpéniques :	16
E. Esters terpéniques :	17
F. Phénols terpéniques :	18
G. Lactones terpéniques :	18
II . 4 . 2 COMPOSÉS AROMATIQUES :	20
II . 4 . 3 COMPOSSÉ D'ORIGINES DIVERSES :	21
II . 5 BIOGENESE DES CONSTITUANTS DES HUILES ESSENTIELLES :	22
II . 5 . 1 VOIE DES TERPENOÏDES :	22
II . 5 . 2 VOIE DES PHENYLPROPANOIDES (COMPOSÉS AROMATIQUES) :	25
II . 6 FACTEURS INFLUENÇANT LA COMPOSITION ET LE RENDEMENT DES HUILES ESSENTIELLES :	26
II . 6 . 1 FACTEURS INTRINSÉQUES :	27
II . 6 . 1 . 1 Chémotype :	27
II . 6 . 1 . 2 Organe producteur :	27
II . 6 . 1 . 3 Cycle végétatif :	27
II . 6 . 1 . 4 Tissus sécréteur :	28
II . 6 . 2 FACTEURS EXTRINSÉQUES :	28
II . 6 . 2 . 1 Conditions environnementales :	28
A. Durée d'ensoleillement et l'époque de récolte :	28

B. Fréquence et intensité des précipitations :	29
II . 6 . 2 . 2 Degré de fraîcheur :	29
II . 6 . 2 . 3 Modes et durée d'extraction :	29
II . 6 . 2 . 4 Type de sol :	30
II . 6 . 2 . 5 État du matériel végétal :	30
II . 6 . 2 . 6 Altitude :	30
II . 6 . 2 . 7 Conditions de stockage :	30
II . 7 MÉTHODES D'OBTENTION DES HUILES ESSENTIELLES :	31
II . 7 . 1 MÉTHODES CLASSIQUES :	31
II . 7 . 1 . 1 Hydrodistillation :	31
II . 7 . 1 . 2 Entraînement a la vapeur d'eau :	32
II . 7 . 1 . 3 Hydrodiffusion ou percolation :	33
II . 7 . 1 . 4 Distillation sèche :	33
II . 7 . 1 . 5 Expression a froid :	34
II . 7 . 1 . 6 Enfleurage :	35
II . 7 . 1 . 7 Extraction par les solvants :	35
II . 7 . 2 MÉTHODES INNOVANTES :	36
II . 7 . 2 . 1 Extraction au CO2 supercritique :	36
II . 7 . 2 . 2 Hydrodistillation par micro-ondes :	37
II . 7 . 2 . 3 Extraction par ultrasons :	37
II . 7 . 2 . 4 Procédure par épuisement :	38
II . 8 CARACTÉRISTIQUES DES HUILES ESSENTIELLES :	38
II . 8 . 1 CRITÈRES FONDAMENTAUX DE QUALITÉ D'UNE HUILE ESSENTIELLE :	38
II . 8 . 1 . 1 Garanties sur la plante et son mode de culture :	38
A. Dénomination botanique :	38
B. Conditions de production de la plante :	39
C. Organe productif de la plante utilisée :	39
D. Notion de chémotype ou chimiotype :	39

II . 8 . 2 NORMES ET LABELS RÉGISSANT LA QUALITÉ DES HUILES ESSENTIELLES:	40
II . 8 . 2 . 1 Niveaux de qualité :	40
A. Qualité industrielle standard :	40
B. 100% pures et naturelles :	41
C. Authentiques et chimiotypées :	41
II . 8 . 2 . 2 Normes et labels attribués aux huiles essentielles :	41
A. Norme française AFNOR :	41
B. Norme ISO/TC :	41
C. Normes françaises (NF) :	42
D. Label HEBBD (huile essentielle botaniquement et biochimiquement définie) :	42
E. Label BIO :	42
F. Label AB (Agriculture biologique) :	43
G. Label HECT (Huile essentielle chemotypée) :	43
II . 8 . 3 CONTROLES DE QUALITÉ DES HUILES ESSENTIELLES :	43
II . 8 . 3 . 1 Contrôles organoleptiques :	43
II . 8 . 3 . 2 Contrôles physico-chimiques :	44
A. Contrôles physiques :	44
B. Contrôles chimiques :	45
II . 8 . 3 . 3 Analyses chromatographiques :	45
II . 8 . 3 . 4 Autres contrôles :	46
II . 9 CONDITIONS DE CONSERVATION ET DE STOCKAGE :	47
II . 10 ETIQUETAGE :	48
II . 11 VOIES D'ADMINISTRATION, FORMES GALENIQUES ET POSOLOGIES :...	49
II . 11 . 1 Voie orale :	49
II . 11 . 1 . 1 Voie orale classique :	49
II . 11 . 1 . 2 Voie perlinguale ou sublinguale :	49
II . 11 . 1 . 3 Sur la langue :	49
II . 11 . 2 VOIE CUTANÉE :	50
II . 11 . 3 VOIE OLFACTIVE OU RESPIRATOIRE :	52
A. Diffusion atmosphérique :	52
B. Inhalation :	52

C. Aérosolthérapie :.....	53
II . 11 . 4 VOIE AURICULAIRE : .....	53
II . 11 . 5 VOIE RECTALE :.....	53
II . 11 . 6 VOIE VAGINALE :.....	54
II . 12 DOMAINES D'UTILISATION DES HUILES ESSENTIELLES :.....	55
II . 12 . 1 EN PHARMACIE :.....	55
II . 12 . 2 EN DOMAINE DENTAIRE :.....	56
II . 12 . 3 EN PARFUMERIE ET COSMÉTOLOGIE: .....	56
II . 12 . 4 EN INDUSTRIE ALIMENTAIRE : .....	57
II . 13 REGLEMENTATION : .....	57
II . 13 . 1 RÉGLEMENTATION ALGERIÉENNE : .....	57
II . 13 . 1 . 1 Huiles essentielles et médicament : .....	57
II . 13 . 1 . 2 Huiles essentielles et vente en l'état :.....	58
II . 13 . 2 RÉGLEMENTATION FRANÇAISE : .....	58
II . 14 TOXICITÉS DES HUILES ESSENTIELLES :.....	59
II . 14 . 1 LA TOXICITÉ CUTANÉE :.....	59
II . 14 . 1 . 1 Irritation cutanée :.....	59
II . 14 . 1 . 2 Dermocausticité :.....	59
II . 14 . 1 . 3 Photosensibilisation :.....	60
II . 14 . 1 . 4 Risque allergique : .....	60
II . 14 . 2 TOXICITÉ RESPIRATOIRE : .....	61
II . 14 . 3 NÉPHROTOXICITÉ :.....	61
II . 14 . 4 HÉPATOTOXICITÉ :.....	61
II . 14 . 5 NEUROTOXICITÉ :.....	62
II . 14 . 6 TÉRATOGENICITÉ ET RISQUE ABORTIF : .....	62
II . 14 . 7 TOXICITÉ CARDIOVASCULAIRE :.....	62
II . 14 . 8 HÉMATOTOXICITÉ :.....	63
II . 15 PRECAUTIONS D'EMPLOI DES HUILES ESSENTIELLES :.....	63
II . 16 PROPRIÉTÉS PHARMACOLOGIQUES GÉNÉRALES DES HUILES ESSENTIELLES :.....	65
II . 16 . 1 ACTIVITÉS ANTI-INFECTIEUSES :.....	65
II . 16 . 1 . 1 Activité antibactérienne :.....	65

II . 16 . 1 . 2	Activité antifongique :	67
II . 16 . 1 . 3	Activité antivirale :	67
II . 16 . 1 . 4	Activité antiparasitaire :	68
II . 16 . 2	PROPRIÉTÉS SPASMOLYTIQUES ET APAISANTES :	68
II . 16 . 2 . 1	Propriétés spasmolytiques :	68
II . 16 . 2 . 2	Propriétés apaisantes :	68
II . 16 . 2 . 3	Propriétés irritantes :	69
II . 16 . 3	PROPRIÉTÉS DIGESTIVES :	69
II . 16 . 4	PROPRIÉTÉS CIRCULAIRES ET CARDIOVASCULAIRES :	69
II . 16 . 5	PROPRIÉTÉS DERMATOLOGIQUES :	70
II . 16 . 6	PROPRIÉTÉS ANTALGIQUE, ANALGESIQUE, ANTI-INFLAMMATOIRE :	70
II . 16 . 7	DYSMÉNORRHÉES ET TROUBLES MENSTRUELS :	70
II . 16 . 8	DRAINANTES RESPIRATOIRES :	71
II . 16 . 9	ENDOCRINO-RÉGULATRICES :	71
II . 17	INTERACTIONS MÉDICAMENTEUSES :	71
II . 17 . 1	INTERFÉRENCES AVEC LA CHIRURGIE :	71
II . 17 . 2	ANTICOAGULANTS :	72
II . 17 . 3	SÉDATIFS :	72
II . 17 . 4	MÉDICAMENTS AFFECTÉS PAR LES AGRUMES :	72
II . 17 . 5	ANTIDÉPRESSEURS ET ANTIPSYCHOTIQUES :	73
II . 17 . 6	ANTIDIABÉTIQUES :	73
II . 17 . 7	INTERFÉRENCES AVEC LES TRAITEMENTS DU CANCER :	73
<b>CHAPITRE III : GÉNÉRALITÉS SUR LE FAUX POIVRIER</b>		
<b>« <i>Schinus molle</i> ».</b>		<b>75</b>
III . 1	PRÉSENTATION DE LA FAMILLE DES ANACARDIACÉES :	75
III . 1 . 1	GÉNÉRALITÉS SUR LES ANACARDIACÉES :	75
III . 1 . 2	DESCRIPTION BOTANIQUE DES ANACARDIACEAE :	75
III . 1 . 3	RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE D'ANACARDIACEAE :	78
III . 1 . 4	UTILISATIONS MÉDICINALES ET EFFETS BIOLOGIQUES ET PHARMACOLOGIQUES :	80
III . 1 . 5	TOXICITÉ :	81
III . 2	ETUDE BOTANIQUE DU « <i>Schinus molle</i> »:	81
III . 2 . 1	ORIGINE :	81

III . 2 . 2 RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE :	82
III . 2 . 3 TAXONOMIE DE « <i>Schinus molle</i> » :	83
III . 2 . 4 NOM ET SYNONYMES :	84
III . 2 . 5 DESCRIPTION DE LA PLANTE « <i>Schinus molle</i> »:	84
III . 2 . 6 USAGES TRADITIONNELS :	87
III . 2 . 7 ASPECT ÉCONOMIQUE :	87
III . 2 . 8 CARACTÈRE TOXIQUE DE LA PLANTE :	88
III . 3 HUILE ESSENTIELLE DU « <i>Schinus molle</i> » :	88
III . 3 . 1 CARACTÈRES ORGANOLEPTIQUES :	88
III . 3 . 2 RENDEMENT DES HUILES ESSENTIELLES DU « <i>Schinus molle</i> » :	88
III . 3 . 3 COMPOSITION CHIMIQUE :	89
III . 3 . 4 PROPRIÉTÉS PHARMACOLOGIQUES DE L'HE DU « <i>Schinus molle</i> » :	89
III . 3 . 4 . 1 Activité antimicrobienne :	89
III . 3 . 4 . 2 Activité anti parasitaire :	92
A. Activité antipaludéenne :	92
B. Activité anti helminthique :	93
III . 3 . 4 . 3 Activité antioxydante, inhibitrice d'alpha -glucosidase, anticholinestérasique et photoprotectrice des parties aériennes de « <i>Schinus molle</i> » :	93
III . 3 . 4 . 4 Activité anticancéreuse :	94
III . 3 . 4 . 5 Effet des extraits de feuilles et de fruits de « <i>Schinus molle</i> » sur la stabilité oxydative des huiles par oxydation accélérée :	96
III . 3 . 4 . 6 Effet inhibiteur de corrosion :	97
III . 3 . 4 . 7 Activité insecticide et insectifuge de l'huile essentielle de « <i>Schinus molle</i> » : ..	97
A. Activité insecticide :	99
B. Activité répulsive :	102
CONCLUSION.....	105
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	I
ANNEXE.....	XXIV

# ***INTRODUCTION***

## **INTRODUCTION :**

Les plantes sont un élément important de la biodiversité et sont principalement utilisées pour le bien-être de l'humanité. Les grandes civilisations utilisent les plantes depuis l'Antiquité.

Les plantes ont une valeur médicinale en raison de leurs propriétés thérapeutiques, cosmétiques, chimiques, diététiques; agro-alimentaires, industriel et pharmaceutique [122].

En effet, ces plantes sont une ressource précieuse pour l'industrie pharmaceutique, beaucoup d'entre eux sont connus pour leur énorme potentiel attribué aux métabolites secondaires.

Ces composés sont synthétisés dans différentes parties de la plante (racines, tiges, feuilles, etc.), quelle que soit leur partie et leur forme après métabolisme, ces molécules bioactives sont extrêmement complexes d'un point de vue structure et composition [123].

De nos jours entre 20000 et 25000 plantes sont utilisées dans la pharmacopée humaine, 75% des médicaments ont une origine végétale et 25% d'entre eux contiennent au-moins une molécule active d'origine végétale. L'un des produits d'extraction d'origine végétale se trouve les substances qui ont la forme galénique, et plus précisément ce qu'on appelle « les huiles essentielles» ou «Essences» [1].

Les huiles essentielles sont des mélanges complexes de molécules volatiles issues des organismes vivants tels que le métabolisme secondaire des végétaux [2].

Ce sont des substances caractérisées par un ensemble d'activités biologiques prouvées par la communauté scientifique, parmi lesquelles on peut citer l'activité antimicrobienne, antioxydante, anti-inflammatoire, analgésique et immunostimulante.

Actuellement, les plantes aromatiques possèdent un atout considérable grâce à la découverte progressive des applications de leurs huiles essentielles dans le domaine de la santé et dans d'autres domaines d'intérêt économique. Leurs nombreux usages font qu'elles connaissent une demande de plus en plus forte sur les marchés mondiaux. La popularité dont jouissent depuis longtemps les huiles essentielles et les plantes aromatiques en général reste liée à leurs propriétés médicinales en l'occurrence les propriétés anti-inflammatoires, antiseptiques, antivirales, antifongiques, bactéricides, antitoxiques, insecticides, tonifiantes, stimulantes, et calmantes [2].

Le continent Africain est doté d'une biodiversité parmi les plantes riche dans le monde, avec un nombre très élevé des plantes utilisées comme médicaments, comme aliments naturels et pour des buts thérapeutiques. De nombreuses substances naturelles ont été identifiées et beaucoup d'entre elles sont utilisées dans la médecine traditionnelle pour la prophylaxie et le

traitement des maladies. Mais il y a eu peu d'efforts consacrés au développement des agents thérapeutiques de ces plantes [124].

L'Algérie est connue par sa richesse en plantes aromatique et médicinales, au regard de sa superficie et de sa diversité bioclimatique [5].

En Afrique du nord, le *Schinus molle* L. a été introduit comme espèce ornementale à la fin des années 1900 par les colonisateurs, son introduction réussie dans un domaine non-natif est attribuée à sa forte sécheresse et sa tolérance à la chaleur [122].

Les médecines traditionnelles pratiquées de part et d'autre des rives de la méditerranée utilisent les huiles essentielles du *Schinus-Molle* comme analgésique, anti inflammatoire, anti tumoral, anti bactérien et insecticide [210].

Les études expérimentales effectuées sur le *S.molle* ont mis en évidence différentes activités biologiques et pharmacologiques de *S.molle* qui montrent que cette plante est un hypotenseur. Anti-tumorale, antibactérien, antifongique, anti-inflammatoire [125], analgésique [118], Des extraits de ses feuilles est aussi utilisé pour traiter l'ophtalmie et les rhumatismes. Autre effets médicaux des huiles de l'écorce sont connus pour traiter l'ulcère, l'urétrite, les verrues, les plaies et les maladies vénériennes [181].

Dans leur région native (Sud d'Amérique), cette espèce très aromatique a fait l'objet de nombreuses enquêtes pour évaluer son activité antibactériennes, antifongiques, anti inflammatoires, insecticides et allélopathique [7].

Notre étude est une synthèse bibliographique riche qui représente l'importance des huiles essentielles du *schinus molle* selon les différents résultats des études et des expériences et comment elles peuvent être exploitées dans d'autres domaines à l'avenir

Ce travail comprenant trois chapitres, où le premier donnera un bref aperçu sur la phytothérapie, le second sera consacré à l'étude des huiles essentielles d'une manière générale, tandis que le troisième concernera le faux poivrier et les propriétés de ses huiles essentielles.

**ETUDE  
BIBLIOGRAPHIQUE**

## **CHAPITRE I : PHYTOTHÉRAPIE**

### **I. 1 DÉFINITION:**

Phytothérapie : est un mot d'origine grecque : « phyto » qui veut dire plante et « therapeuein » qui veut dire soigner. Autrement dit, au sens étymologique, c'est « la thérapeutique par les plantes ». La Phytothérapie peut donc se définir comme étant une discipline allopathique destinée à prévenir ou à traiter certains troubles fonctionnels et/ou certains états pathologiques au moyen de plantes, de parties de plantes ou de préparations à base de plantes, qu'elles soient consommées ou utilisées en voie externe; la phytothérapie est considérée par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) comme une médecine conventionnelle [4].

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

#### **I. 2. 1 Phytothérapie : petit point d'histoire :**

L'homme n'a découvert les vertus bénéfiques des plantes que par une approche progressive, facilitée par l'organisation des rapports sociaux. L'observation liée à l'expérience et la transmission des informations glanées au cours des temps font que certains hommes deviennent capables de poser un diagnostic, de retrouver la plante qui soigne et finalement de guérir le malade [5].

Les traces de l'utilisation des plantes médicinales existent dans des textes chinois datant de plus de 5000 ans avant J.C. Le *papyrus égyptien d'Ebers*, que l'on fait remonter à 1600 avant J.C, est le premier recueil consacré aux plantes médicinales. En Inde, les *Veda*, livres sacrés rédigés vers 1500 ans avant J.C, contiennent eux aussi des témoignages de la connaissance des plantes [6] [7].

Plus tard, la Grèce antique s'est distinguée avec les premiers thérapeutes du monde occidental [7].

*Hippocrate* (460-356 avant J.C), auquel on attribue la rédaction de l'ensemble des documents du *Corpus Hippocratique* et Théophraste, auteur d'ouvrages considérables tels que « *Historia Plantarum* » dans lesquels il réalise la première tentative de classification de plante [8].

Au 1<sup>er</sup> siècle après J.C, Discoride, un herboriste grec, écrivit un recueil de plus de 500 plantes médicinales, sous le nom de « *Materia medica* » qui a eu une influence considérable sur la

médecine occidentale. Il resta la référence principale en Europe jusqu'au XVIIe siècle et a été traduit dans plusieurs langues [6] [7].

Excellent pharmaciens, les Arabes mélangeaient les plantes pour en accroître les effets [6]. ABU BAKR AL-RAZI ou RHAZES (865-925), qui fut l'un des grands médecins de son temps. Il fut suivi par IBN-SINA ou AVICENNE (980-1037) qui écrivit une œuvre qui s'intitule *Canon de la médecine*. Mais le plus grand d'entre eux fut sans aucun doute IBN AL-BAYTAR (1197-1248) qui rédigea le très complet *Somme des Simples* (livre qui contenait une liste de 1400 Préparations et plantes médicinales) [9].

### **I . 2 . 2 Naissance des huiles essentielles et avènement de l'aromathérapie moderne :**

C'est en Perse, mille ans avant notre ère, que les essences ont été extraites pour la première fois avec l'invention de la distillation.

Les Grecs et les Romains ont été de grands utilisateurs de parfums, notamment sous forme de bains et de massages aromatiques. De nombreux auteurs se sont penchés sur les vertus thérapeutiques de ces substances.

Cependant, les vrais fondateurs de l'aromathérapie sont les arabes qui, avec l'invention de l'alambic ont affiné la technique de distillation.

Avicenne (980-1037), produit la premier huile essentielle pure, l'huile essentielle de *Rosa centifolia*, et en décrit plusieurs autres dans le *Canon de la médecine*.

A la fin du XVIe siècle, les propriétés thérapeutiques d'une centaine d'huiles essentielles sont connues. De nombreuses préparations contiennent des plantes aromatiques comme notamment les «eaux florales», dont certaines existent encore de nos jours [10].

Le terme « aromathérapie » fut employé pour la première fois par le chimiste et parfumeur français René Maurice Gattefossé (1881-1950) au début du XXe Siècle.

Néanmoins, celui que l'on considère comme étant le « père de la phyto-aromathérapie moderne » n'est autre que Jean Valnet, médecin français. Il étudia notamment les propriétés des huiles essentielles, définissant ainsi les indications et les posologies à respecter pour une bonne utilisation de l'aromathérapie [11].

Par la suite, l'intérêt pour l'aromathérapie n'a pas décliné, du fait de l'engouement actuel pour les médecines naturelles et des échecs de l'allopathie à l'encontre de certaines pathologies virales ou des résistances bactériennes [10].

### **I. 3 TYPES DE PHYTOTHERAPIE :**

#### **I. 3.1 Gemmothérapie :**

Communément appelée « médecine des bourgeons ». Du terme latin *gemma*, qui signifie à la fois bourgeon et pierre précieuse. La gemmothérapie utilise exclusivement les tissus embryonnaires frais des plantes, arbres et arbustes, c'est-à-dire les bourgeons, les jeunes pousses et les radicules. Ces embryons, macérés dans un mélange d'eau, d'alcool et de glycérine, servent à fabriquer des solutions dans lesquelles se concentrent les principes actifs des végétaux. On les nomme macérât. Leurs vertus thérapeutiques alléguées varient, évidemment, selon la plante dont ils proviennent : le cassis pour l'énergie, le sapin contre la toux, l'aubépine pour le cœur...

Selon la théorie, les bourgeons posséderaient certaines propriétés thérapeutiques supérieures à celles des diverses parties de la plante mature.

Le bourgeon, étant un embryon, porterait en lui le potentiel de développement de la plante, un peu comme s'il était à la fois les racines, les tiges, les feuilles, les fleurs et les fruits. Il contient également de fortes concentrations d'éléments actifs comme des hormones, des oligo-éléments, de vitamines, des minéraux, etc. [228].

#### **I. 3.2 Homéopathie :**

Le terme « homéopathie » provient du grec *homoios* qui signifie « semblable » et de *pathos*, qui veut dire « maladie ». Elle a été mise au point par le médecin allemand Samuel Hahnemann il y a environ deux cents ans [12].

Le principe de base de l'homéopathie est la règle de similitude « les semblables sont guéris par les semblables » [12].

C'est-à-dire soigner en donnant au patient une quantité infime de substances diluées (d'origine végétale, animale ou minérale) afin de provoquer des symptômes semblables à ceux de la maladie qu'on désire combattre [229].

L'action de l'homéopathie a souvent été considérée comme une stimulation des défenses immunitaires qui conduit à des processus de guérison naturelle [12].

### **I . 3 . 3 Aromathérapie :**

L'aromathérapie est l'art et la science d'utiliser des huiles essentielles qui mettent les arômes et les bienfaits des plantes au service de la santé et de la beauté.

Le mot « Aromathérapie » issu du latin « *aroma* : odeur » et du grec « *therapein* : soin » fut inventé en 1928 par le chimiste français René-Maurice Gattefossé [230].

Une définition plus complète est : « l'aromathérapie scientifique médicale est définie comme étant l'utilisation d'huiles essentielles chémotypées, c'est à dire de composition biochimique bien connue, par voie cutanée, orale, vaginale, rectale, nasale, auriculaire et olfactive afin d'assurer un complément de soin ou un soin préventif ou curatif d'un large panel d'affections chez l'homme, l'animal et la plante, tant au niveau de la destruction des foyers infectieux pathogènes que de la gestion des troubles symptomatiques, organiques ou fonctionnels de ladite affection » [13].

## **I . 4 PRÉPARATIONS A BASE DE PLANTES :**

### **I . 4 . 1 Tisane :**

Les tisanes sont des préparations aqueuses de plantes médicinales entières ou de parties de celles-ci, convenablement divisées pour être plus facilement pénétrées par l'eau. Elles sont administrées à des fins thérapeutiques.

Les tisanes sont obtenues par macération, infusion ou décoction selon la partie de plante utilisée, dans des récipients couverts, en utilisant de l'eau potable [14].

#### **I . 4 . 1 . 1 Infusion**

Elle consiste à verser de l'eau bouillante sur la plante hachée. Il est préférable de remuer légèrement avec une cuillère afin que la diffusion des principes actifs soit complète. Laisser infuser le temps nécessaire (quelques minutes à 1h selon la plante) ensuite filtrer [15].

#### **I . 4 . 1 . 2 Décoction :**

Il s'agit de mettre la plante dans une casserole, la recouvrir d'eau froide et porter à ébullition, elle s'applique généralement aux parties les plus dures des plantes [15].

#### **I . 4 . 1 . 3 Macération :**

La plante est trempée dans un liquide : eau, alcool, huile, vinaigre...pendant une période d'au moins 15 jours. Elle se garde plus longtemps [15].

#### **I . 4 . 2 Teinture :**

Pour l'obtenir, il suffit de laisser macérer la plante dans l'alcool : les principes actifs se dissolvent ainsi facilement. Elle est plus efficace que la décoction et l'infusion. D'un emploi simple, elle se conserve pendant 2 ans [6].

#### **I . 4 . 3 Cataplasme :**

Obtenu en chauffant la plante pendant 2 min. La presser pour en extraire le liquide, ensuite appliquer la plante encore chaude sur la partie atteinte. Il est appliqué sur la peau pour soulager les douleurs musculaires et les névralgies [6].

#### **I . 4 . 4 Sirop :**

Obtenu en faisant chauffer à feu doux la décoction ou l'infusion dans une casserole. Ensuite ajouter le sucre ou le miel, tout en remuant jusqu'à ce que la préparation prenne une consistance sirupeuse. Laisser refroidir, puis verser le dans des flacons en verre stérilisé [6].

## **CHAPITRE II : LES HUILES ESSENTIELLES**

### **II.1 DÉFINITION :**

Le terme « huile essentielle » est défini à la fois par l'Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé (ANSM) pour les usages pharmaceutiques et cosmétiques et par l'Association française de normalisation /Organisation internationale de normalisation (AFNOR/ISO) pour les usages aromatiques et alimentaires.

L'Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé (ANSM) définit les huiles essentielles comme suit :

« 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 ».

Selon la norme ISO, une huile essentielle est définie comme un « produit obtenu à partir d'une matière première d'origine végétale, après séparation de la phase aqueuse par des procédés physiques : soit par entraînement à la vapeur d'eau, soit par des procédés mécaniques à partir de l'épicarpe des Citrus, soit par distillation sèche » [16].

Il est d'usage de faire la distinction entre les « huiles essentielles » issues de distillation de végétaux sans autre modification, et les « essences », qui peuvent faire l'objet d'adjonctions chimiques, tandis que les milieux professionnels utilisent aussi des huiles essentielles rectifiées, qui ont fait l'objet d'un fractionnement ou d'une décoloration, mais sans ajout.

Les huiles obtenues par distillation à sec sont aussi appelées huiles empyreumatiques. Les deux procédés de distillation à sec et à la vapeur d'eau peuvent être utilisés pour certaines plantes et donner des extraits différents (cade, ciste...).

L'obtention des huiles essentielles se fait soit par entraînement par la vapeur d'eau dans une opération de distillation, soit par distillation sèche, soit par expression à froid (zestes). Dans ce dernier cas, une certaine ambiguïté existe sur la dénomination d'huile essentielle. Selon l'AFNOR, il faut utiliser le terme d'essence alors que la Pharmacopée française et la Pharmacopée européenne utilisent le terme d'huile essentielle. Le terme d'huile essentielle a été retenu par les spécialistes en pharmacognosie [16].

La quantité d'huile essentielle contenue dans les plantes est toujours faible, parfois très faible, voire infime. Ceci explique le coût élevé des huiles essentielles, il est lié à la rareté et non au procédé d'extractions qui reste le même pour la plupart des plantes, il faut parfois plusieurs tonnes de plantes pour obtenir un litre d'huile essentielle.

Pour être de qualité optimale, une huile essentielle doit être 100% naturelle (c'est-à-dire non dénaturée par des molécules de synthèse chimique), 100% pure (c'est-à-dire non mélangée avec d'autres huiles essentielles ayant des caractéristiques proches) et 100% intégrale (c'est-à-dire que le distillateur aura recueilli la totalité des molécules contenues dans la matière végétale distillée). La détermination du chémotype permet de le garantir [17].

## **II . 2 HISTOIRE ET ORIGINE :**

Les utilisations des substances odorantes des plantes sont connues depuis l'Antiquité. Les premiers textes relatant l'utilisation d'*huiles fines* et de parfums sont des papyrus hiéroglyphes égyptiens datant de plus de 2 800 ans. Le papyrus Ebers en Égypte ainsi que les récits d'Hérodote, de Pline et des médecins Dioscoride et Galien montrent que les Égyptiens utilisaient les huiles extraites des plantes, les parfums et les essences de plusieurs plantes aromatiques, auxquels ils recouraient pour la pharmacologie et l'embaumement. Ils connaissaient trois méthodes pour extraire les huiles essentielles, la macération (cuisine, parfumerie et pharmacopée), l'enfleurage et une forme archaïque de distillation [18].

Les civilisations chinoises et indiennes employaient également les huiles essentielles pour les soins thérapeutiques et cosmétiques : l'empereur Chen Ning rédigea un traité de phytothérapie, et l'on sait qu'en Inde, la médecine ayurvédique et les livres sacrés des *Védas* connaissaient plus de sept cents épices (basilic, cannelle, nard, myrrhe, santal, entre autres) et on utilisait les parfums à des fins liturgiques et thérapeutiques [19].

Plus généralement la phytothérapie, l'utilisation de substances issues des plantes dans la médecine, est connue de toutes les civilisations. La naissance de l'aromathérapie moderne est due au chimiste *René Maurice Gattefossé*, dans les années 1920.

## **II . 3 RÉPARTITION ET LOCALISATION DES HUILE ESSENTIELLES :**

Dans le règne végétal, les huiles essentielles se retrouvent généralement chez les végétaux supérieurs. Les genres capables d'élaborer les constituants qui les composent sont répartis dans une cinquantaine de familles dont beaucoup appartiennent aux ordres des lamiales, des

astérales, des rutaes, des laurales et des magnoliales. Les huiles essentielles sont produites dans le protoplasme cellulaire des plantes aromatiques et représentent les produits du métabolisme cellulaire dit "secondaire". La synthèse et l'accumulation de ces métabolites dans un organe sont associées à la présence de structures histologiques spécialisées qui selon l'espèce botanique peuvent être des cellules sécrétrices, des poches sécrétrices, des poils sécréteurs ou des canaux sécréteurs [126].

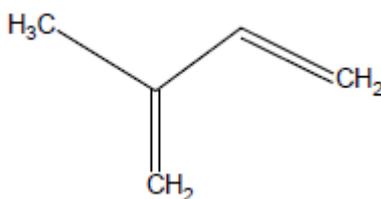
Les huiles essentielles peuvent être stockées dans tous les organes de la plante, par exemples: dans les sommités fleuries (menthe, lavande), les feuilles (eucalyptus, laurier), les rhizomes (gingembre), les fruits (agrumes, badiane, anis), les racines (vétiver), les graines (muscades), bien que cela soit moins habituel dans des écorces (cannelier) [127].

## **II.4 PRINCIPALES MOLÉCULES CHIMIQUES ENTRANT DANS LA COMPOSITION DES HUILES ESSENTIELLES :**

D'une façon générale, les molécules chimiques entrant dans la composition des huiles essentielles (HEs) appartiennent à deux groupes différents : le groupe des terpénoïdes d'une part (beaucoup plus fréquent) et celui des composés aromatiques dérivés du phénylpropane d'autre part. Les HE peuvent aussi renfermer différents composés volatils issus de la dégradation des acides gras [20]. (**Annexe I**)

### **II.4.1 TERPÉNOÏDES :**

Les terpénoïdes sont des molécules constituées de 2 (monoterpènes) ou 3 (sesquiterpènes) unités isoprènes (**figure 1**). Ils peuvent être aromatisés ou fonctionnalisés avec différents groupements tels que des alcools, des cétones ou encore des aldéhydes. Seuls les terpènes les plus volatils, mono- et sesquiterpènes sont retrouvés dans la composition chimique des huiles essentielles [20].



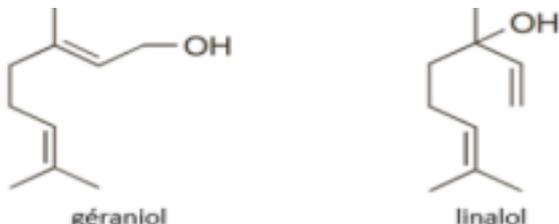
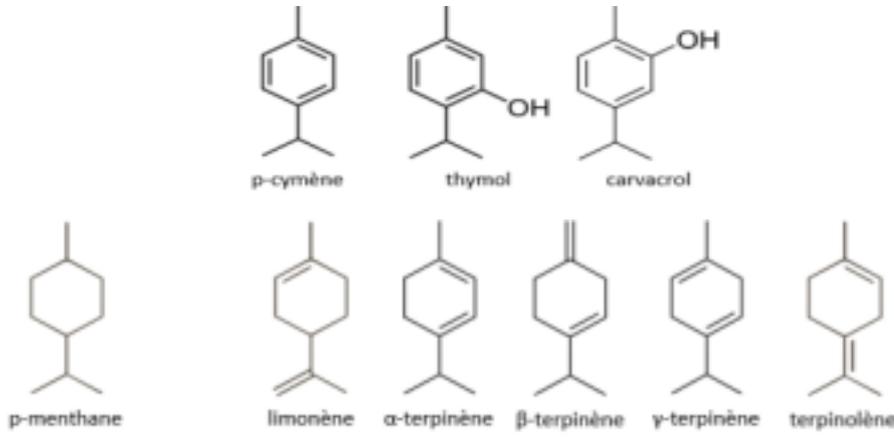
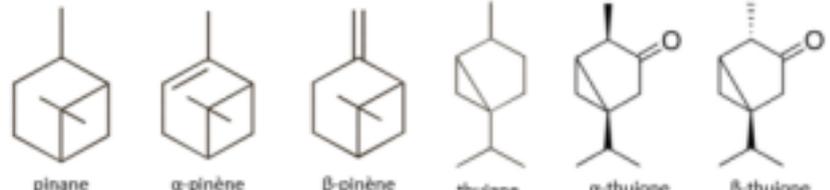
**Figure 1: Représentation d'une unité isoprène [20].**

### II.4.1.1 Monoterpènes :

Les hydrocarbures monoterpéniques ont un suffixe en « -ène ». Ce sont des structures à 10 atomes de carbones et peuvent être acycliques (myrcène), monocycliques ( $\rho$ -cimène) ou bicycliques (camphène). On les retrouve fréquemment dans la composition des huiles essentielles (HE) [20].

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

**Tableau 1: Monoterpènes acycliques et cycliques rencontrés dans les huiles essentielles [21].**

Structures acycliques	 <p style="text-align: center;">géraniol                      linalol</p>
Structures monocycliques	 <p style="text-align: center;">p-cymène      thymol      carvacrol</p> <p style="text-align: center;">p-menthane      limonène      α-terpinène      β-terpinène      γ-terpinène      terpinolène</p>
Structures bicycliques	 <p style="text-align: center;">pinane      α-pinène      β-pinène      thujane      α-thujone      β-thujone</p>

Structure tricyclique	 <p>tricyclène</p>
-----------------------	---

### **A. Propriétés thérapeutiques :**

Les HE contenant majoritairement des monoterpènes ont, en général, des propriétés positivantes (ou tonifiantes), antimicrobiennes et stimulantes au niveau digestif.

Parmi les HE contenant ces molécules, on peut citer :

- L'HE de pin sylvestre (*Pinus sylvestris*) contenant de l' $\alpha$ -pinène.
- L'HE de sarriette des montagnes (*Satureja montana*) contenant du  $p$ -cymène.
- L'HE de sapin argenté (*Abies alba*) contenant du camphène [22].

### **B. Toxicité :**

Les monoterpènes sont irritants pour la peau et les muqueuses et nécessitent de ce fait, une dilution à 50% dans une huile végétale avant une utilisation cutanée [23].

### **II . 4 . 1 . 2 Sesquiterpènes :**

Les hydrocarbures sesquiterpéniques ont un suffixe en **-ène**. Il s'agit de terpènes en C15 composés de trois unités isoprène. Ils peuvent être cycliques ou acycliques en fonction des voies enzymatiques activées lors de leur synthèse. Ces molécules sont rarement retrouvées dans les HE ou en faible quantité [24].

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*) [25] [26].

A titre indicatif, quelques structures de sesquiterpènes sont représentées sur la **figure 02** :

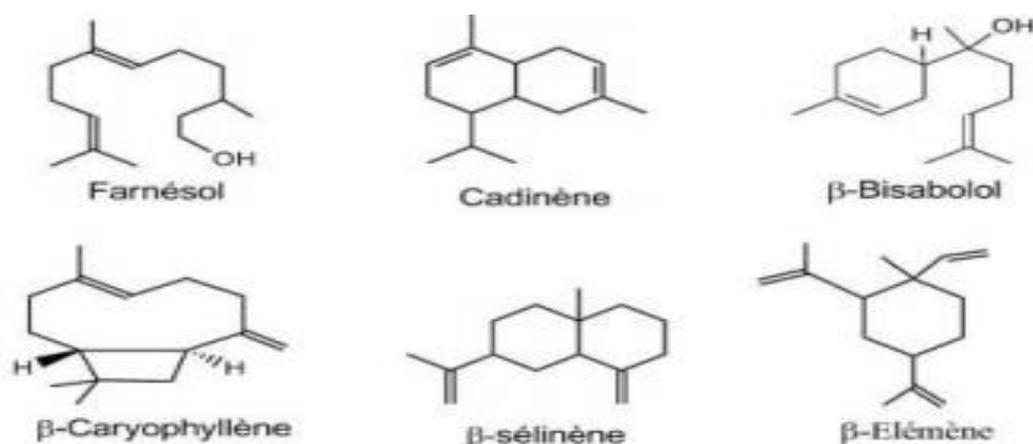


Figure 2: Structures de sesquiterpènes [26].

### A. Principales propriétés thérapeutiques :

Les HE contenant majoritairement des sesquiterpènes ont, en général, des propriétés anti-inflammatoires et antiallergiques (notamment les HE contenant du chamazulène) [23].

Parmi ces HE, on peut citer :

- L'HE de gingembre (*Zingiber officinale*) contenant du zingibérène.
- L'HE d'hélichryse italienne (*Hélichrysum italicum*) contenant du curcumène.
- L'HE de matricaire (*Matricaria recutita*) contenant du chamazulène [22].

### B. Toxicité :

Les sesquiterpènes ne présentent généralement aucune toxicité aux doses thérapeutiques. Contrairement aux monoterpènes, ils sont mieux tolérés au niveau cutané et ne provoquent pas d'irritation [21].

## II.4.1.3 Dérivés terpéniques fonctionnalisés :

### A. Alcools acycliques, monocycliques ou bicycliques :

Ils ont un suffixe en « -ol » qui indique le rattachement d'un groupement hydroxyle à l'un des carbones de la structure terpénique. Ils peuvent être acycliques (géraniol), monocycliques (menthol) ou bicycliques (bornéol) (Figure 3) [20].

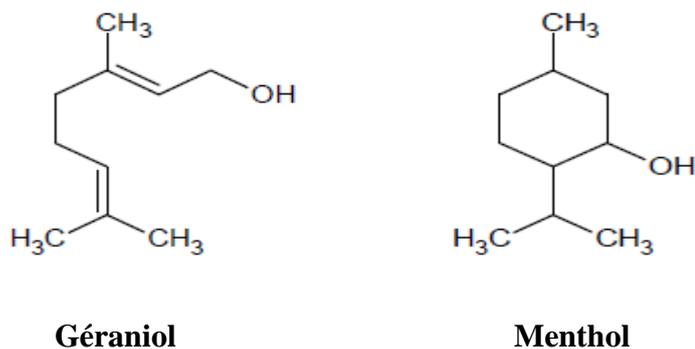


Figure 3: Alcool acyclique (géraniol) et Alcool cyclique (menthol) [22].

### A.1. Principales propriétés thérapeutiques :

Les HE contenant majoritairement des alcools terpéniques ont, en général, des propriétés antibactériennes, antifongiques, antivirales et antiparasitaires. Parmi ces HE on peut citer:

- L'HE de menthe poivrée (*Mentha x piperita*) contenant du menthol ;
- L'HE de thym (*Thymus vulgaris CT linalol*) à linalol ;
- L'HE de ravintsara (*Cinnamomum camphora*) contenant de l'  $\alpha$ -terpinéol [22].

### A.2. Toxicité :

Des cas de convulsions pouvant aller jusqu'au coma ainsi que des cas de détresse respiratoire aiguë avec cyanose et arrêt respiratoire ont été recensés suite à l'application directe de menthol dans les narines ou sur le visage des nourrissons et des jeunes enfants [20].

## B. Aldéhydes terpéniques :

Les aldéhydes (figure 4) ont un suffixe en « -al » qui indique le rattachement d'un carbonyle à l'un des carbones de la structure moléculaire ainsi que la fixation d'un atome d'hydrogène à ce même carbone [20].

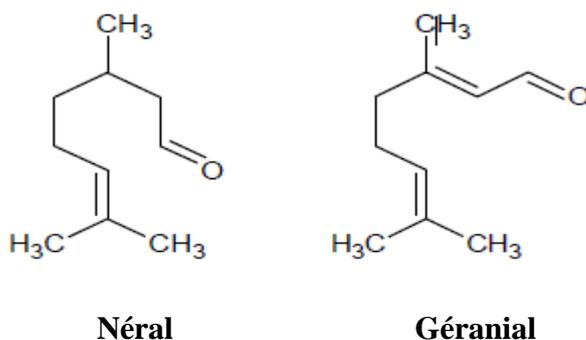


Figure 4: Structure du néral et du géraniol [23].

### B.1. Principales propriétés thérapeutiques :

Les HE contenant majoritairement des aldéhydes terpéniques ont, en général, des propriétés anti-inflammatoires, antalgiques et sédatives. Elles sont employées pour soulager les pathologies articulaires, rhumatismales ou tendineuses mais également pour les pathologies affectant le système nerveux. Parmi ces HE on peut citer:

- L'HE de mélisse officinale (*Melissa officinalis*) contenant du géraniol.
- L'HE de verveine citronnée (*Lippia citriodora*) contenant du néral.
- L'HE d'eucalyptus citronné (*Eucalyptus citriodora*) contenant de la citronnellal [22] [23].

### B.2. Toxicité :

Les aldéhydes terpéniques sont irritants pour la peau et les muqueuses. De ce fait, il est important de les diluer dans une huile végétale avant toute utilisation par voie cutanée [27].

### C. Cétones terpéniques :

Les cétones (**figure 05**) ont un suffixe en « **-one** » qui indique la présence d'un carbonyle dans la structure. Contrairement aux aldéhydes, il n'y a pas d'atome d'hydrogène relié au carbone [20].

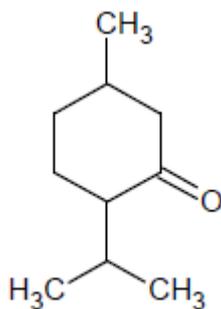


Figure 5 : Structure de la menthine, une cétone terpénique [20].

### C.1. Principales propriétés thérapeutiques :

Les HE contenant majoritairement des cétones terpéniques ont, en général, des propriétés mucolytiques, antifongiques et antivirales. Parmi ces HE, on peut citer :

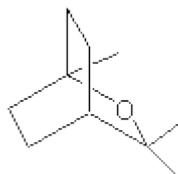
- L'HE de menthe poivrée (*Mentha x piperita*) contenant de la menthone.
- L'HE d'hélichryse italienne (*Helichrysum italicum*) contenant de l'italidione.
- L'HE de sauge officinale (*Salvia officinalis*) contenant de la thuyone [23] [22].

## **C.2. Toxicité :**

Les cétones terpéniques sont toxiques pour le système nerveux et sont donc contre-indiquées chez les patients neurologiquement fragiles (épileptiques, jeunes enfants et personnes âgées). Ces molécules possèdent également une action abortive et les HE les contenant sont donc contre-indiquées chez la femme enceinte ou allaitante [28].

## **D. Oxydes terpéniques :**

Les oxydes terpéniques (**figure 06**) sont fréquemment présents dans les HE. Il s'agit d'éthers [20].



Eucalyptol (Cinéol)

**Figure 6 : Structure d'un oxyde terpénique cyclique [22].**

## **D.1. Principales propriétés thérapeutiques :**

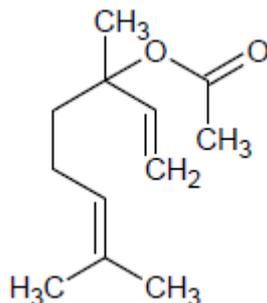
Les HE contenant majoritairement des oxydes terpéniques ont, en général, des propriétés mucolytiques, expectorantes, antibactériennes et antivirales. Elles sont utilisées pour soulager les infections se répercutent sur la sphère respiratoire. Parmi ces HE, on peut citer l'HE d'eucalyptus globuleux (*Eucalyptus globulus*) et l'HE de niaouli (*Melaleuca quinquenervia*) contenant toutes les deux du 1,8-cinéol [22] [23].

## **D.2. Toxicité :**

Les oxydes terpéniques sont en général bien tolérés au niveau cutané et les HE les contenant pourraient, de ce fait, être appliquées pures sur la peau (sur une petite surface). Le 1,8-cinéole est une molécule irritante, notamment au niveau des voies respiratoires, pouvant entraîner une crise d'asthme chez les personnes asthmatiques [22] [23].

## E. Esters terpéniques :

Les esters terpéniques (**figure 07**) ont un suffixe « -ate ». Ils résultent de la réaction chimique entre une fonction alcool et une fonction acide entraînant la perte d'une molécule d'eau [20].



**Figure 7: Structure d'un ester terpénique: l'acétate de linalyle [22].**

### E.1. Principales propriétés thérapeutiques :

Les HE contenant majoritairement des esters terpéniques ont, en général, des propriétés antispasmodiques, antalgiques, anti-inflammatoires et sédatives. Parmi ces HE, on peut citer :

- L'HE de gaulthérie couchée (*Gaultheria procumbens*) contenant du salicylate de méthyle ;
- L'HE de giroflier (*Eugenia caryophyllata*) contenant de l'acétate d'eugényle ;
- L'HE de lavande vraie ou officinale (*Lavandula angustifolia*) contenant de l'acétate de linalyle [22] [23].

### E.2. Toxicité :

Les esters terpéniques possèdent généralement une bonne tolérance aux doses thérapeutiques [28] [29].

Cependant, de nombreux accidents ont été recensés aux Etats-Unis avec le salicylate de méthyle. Cet ester est particulièrement dangereux car bien résorbé au niveau cutané. Il peut également interagir avec les anticoagulants et potentialiser leur action. Une patiente traitée et stabilisée par de la warfarine a vu son INR (International Normalized Ratio) grimper à 12,2 suite à l'utilisation topique pendant 8 jours d'un gel antalgique à base de salicylate de méthyle. Les patients traités par Anti vitamine k (AVK) doivent donc être informés de ce risque [30].

## F. Phénols terpéniques :

Les phénols terpéniques (**figure 08**) possèdent une fonction hydroxyle fixée sur un noyau benzénique. Ce sont les constituants majoritaires des HE après les terpènes. Les phénols ont un suffixe en « -ol » [20].

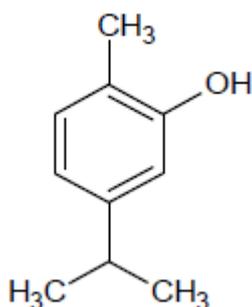


Figure 8: Structure d'un phénol terpénique, le carvacrol [22].

### F.1. Principales propriétés thérapeutiques :

Les HE contenant majoritairement des phénols terpéniques ont, en général, des propriétés antibactériennes, antivirales, antifongiques et antiparasitaires. Elles sont aussi généralement antioxydantes et stimulantes. Parmi ces HE on peut citer par exemple :

- L'HE de thym (*Thymus vulgaris CT thymol*) contenant du thymol.
- L'HE d'origan compact (*Origanum compactum*) contenant du carvacrol.
- L'HE de giroflier (*Syzygium aromaticum*) contenant de l'eugénol [22].

### F.2. Toxicité :

Les phénols sont dermocaustiques. De ce fait, les HE les contenant nécessitent une dilution avant une utilisation par voie cutanée. A forte dose, les phénols peuvent s'avérer hépatotoxiques [28] [29].

## G. Lactones terpéniques :

Quelques plantes aromatiques (matricaire ou achillée millefeuille) renferment, en quantité infime, des lactones terpéniques mais dans la majeure partie des cas, ces lactones sont dégradées au cours du procédé d'hydrodistillation. Les lactones sont des esters cycliques (**figure 09**). Cette cyclisation leur confère des propriétés différentes de celles des esters terpéniques [28].

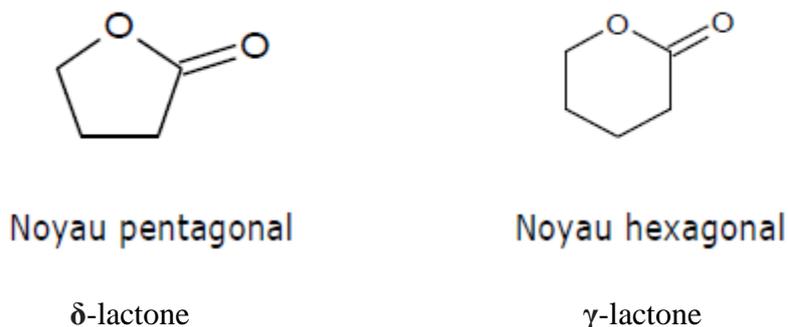


Figure 9: Structure générale des lactones terpéniques [22].

### G.1. Principales propriétés thérapeutiques :

Les HE contenant des lactones terpéniques ont, en général, des propriétés antibactériennes (notamment à l'encontre des bactéries à Gram positif), antifongiques et antiparasitaires [22]. Le chamazulène « produit de dégradation de la matricine lors de l'hydrodistillation (figure 10) » possède également *in vivo* des propriétés anti-inflammatoires [128].

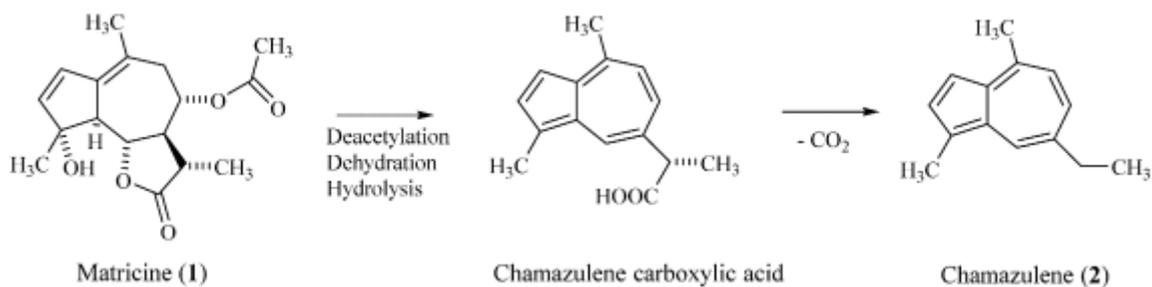


Figure 10: Dégradation de la matricine en chamazulène [128].

### G.2. Toxicité :

Les lactones terpéniques sont neurotoxiques (à fortes doses) mais sont finalement présentes uniquement à l'état de trace au sein des HE obtenues par hydrodistillation. Les HE les contenant sont donc, comme les cétones, contre-indiquées chez les personnes neurologiquement fragiles (épileptiques, jeunes enfants et personnes âgées) ainsi que chez la femme enceinte ou allaitante [28] [29].

## II.4.2 COMPOSÉS AROMATIQUES :

Les composés aromatiques (**figure 11**) dérivés du phénylpropane (C6-C3), ils sont bien moins fréquents que les terpènes et se retrouvent généralement en plus petite quantité dans les huiles essentielles et ils peuvent également contenir des fonctions différentes. Il s'agit généralement d'allyl et de propénylphénols [31].

Les phénylpropanoïdes sont des composés volatiles issus de la voie de biosynthèse de l'acide shikimique. Cette voie que l'on retrouve chez les micro-organismes 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 [32].

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 cinnamique et l'acide benzoïque, ou encore l'eugénol et ses dérivés[33].

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 sur la concentration finale de ces composés dans l'huile [32].

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...)[31].

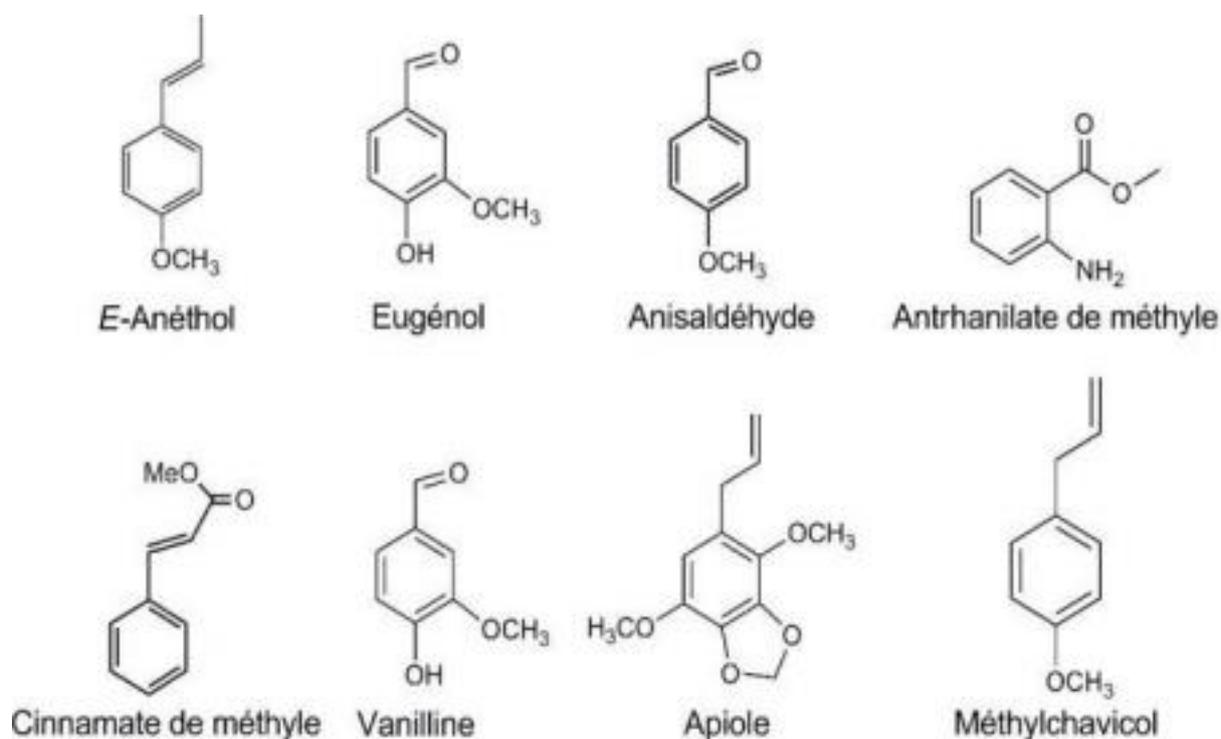


Figure 11: Composés aromatiques rencontrés dans les huiles essentielles [31].

### II.4.3 COMPOSÉ D'ORIGINES DIVERSES :

Les composés d'origines diverses résultent de la transformation des molécules non volatiles. Il s'agit de composés issus de la dégradation d'acide gras ou de terpènes. Les HE obtenues par entraînement à la vapeur d'eau peuvent en contenir [20].

D'autres composés, les composés azotés et soufrés, peuvent également être retrouvés dans la composition des HE. Les composés azotés sont rarement présents au sein des HE ou en faibles concentrations ne permettant pas de définir clairement une activité pharmacologique. Certaines HE dégagent une odeur particulière indiquant la présence de ces composés. Parmi les composés azotés, on peut citer:

- Les anthranilates et notamment le N-méthyl anthranilate de méthyle, principale molécule de la famille des composés azotés, caractéristique du mandarinier (*Citrus reticulata*).
- Les composés indoliques (composé aminé) retrouvés dans les extraits de fleurs d'oranger bigaradier et de jasmin ;

- Les cyanides retrouvés dans le chrysanthemum (*Chrysanthemum sp.*) ;
- Les pyrazines retrouvés dans la fêrule gommeuse (*Ferula gummosa*) [22] [34].

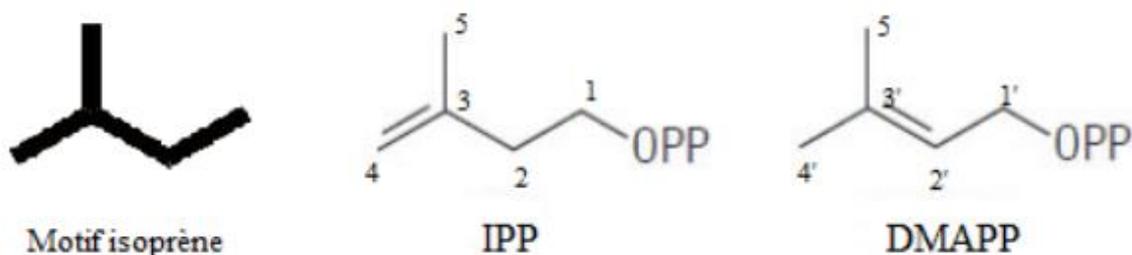
Les composés soufrés sont retrouvés plus fréquemment que les composés azotés au sein des HE. Ils sont retrouvés à l'état de trace dans certaines HE, comme la menthe poivrée ou la sauge sclarée, mais ne détiennent pas de propriétés thérapeutiques particulières. En revanche, ils sont présents majoritairement dans certaines HE de la famille des *Apiaceae* (ex : HE de carvi, *carum carvi* ou HE d'anis vert, *pimpinella anisum*) ou des *Liliaceae* (ex : HE d'oignon, *Alium cepa* ou d'ail, *Alium sativa*) [28].

## II . 5 BIOGENESE DES CONSTITUANTS DES HUILES ESSENTIELLES :

La biosynthèse des constituants des huiles essentielles emprunte deux voix utilisant comme intermédiaire soit l'acide mévalonique, soit l'acide shikimique respectivement pour les terpénoïdes et les phénylpropanoïdes [35] (**Annexe II**).

### II . 5 . 1 VOIE DES TERPENOÏDES :

L'unité de base de la synthèse des terpènes est l'Isopentényl-diphosphate : (PPI3) et son isomère le Diméthylallyl-diphosphate: (PPI2) (**Figure 12**) [35].



**Figure 12: Représentation de l'IPP et du DMAPP (Annexe III).**

Deux voies de biosynthèse conduisent à ces unités de bases à 5 atomes de carbone.

- La première est la voie du mévalonate. Elle prend son origine au niveau de l'acétylcoenzyme A (produit de la glycolyse), (**figure 13**).

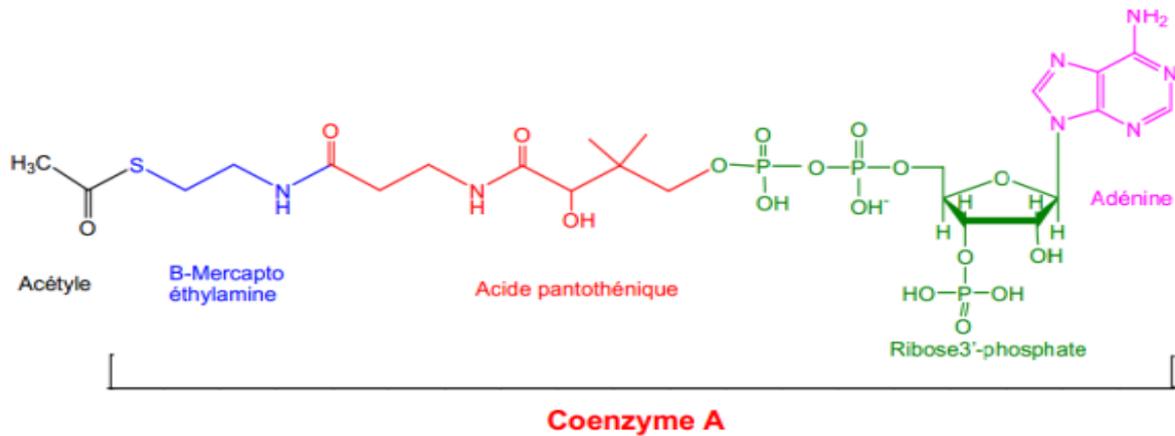


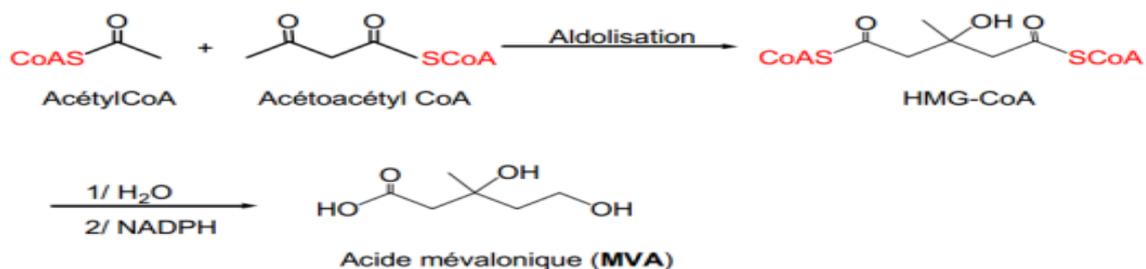
Figure 13: Structure de l'acétyl Coenzyme A [31].

Elle débute par la condensation de trois unités d'acétylCoA, 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'acétylCoA pour conduire à l'acétoacétylCoA (figure 14) [35].

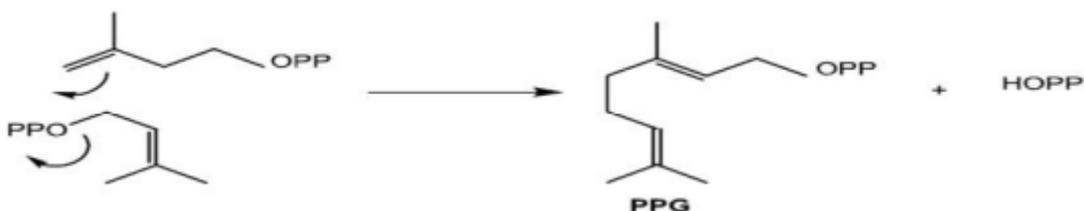


Figure 14: Condensation de Claisen [35].

-La deuxième étape est une réaction d'aldolisation entre une 3ème molécule d'acétylCoA et l'acétoacétylCoA. Après hydrolyse et réduction par le Nicotinamide adénine dinucléotide phosphate (NADPH), il y a formation de l'acide mévalonique [35].



La déshydratation et la décarboxylation de l'Acide mévalonique (MVA) par une élimination concertée après sa pyrophosphorylation par l'Adénosine-Triphosphate (ATP) permettent d'aboutir aux deux intermédiaires en C5, bio-précurseur des terpènes : le PPI3 et le PPI2. Les deux intermédiaires PPI3 et PPI2 réagissent entre eux pour générer le Pyrophosphate de géranyle (PPG) point de départ de tous les monoterpénoides.



La condensation d'une autre unité de PPI3 sur le pyrophosphate de géranyle donne le pyrophosphate de farnésyle (PPF), précurseur de tous les sesquiterpènes. Selon ce processus, le squalène (triterpènes) est obtenu, ainsi que les autres terpénoides (**figure 15**).

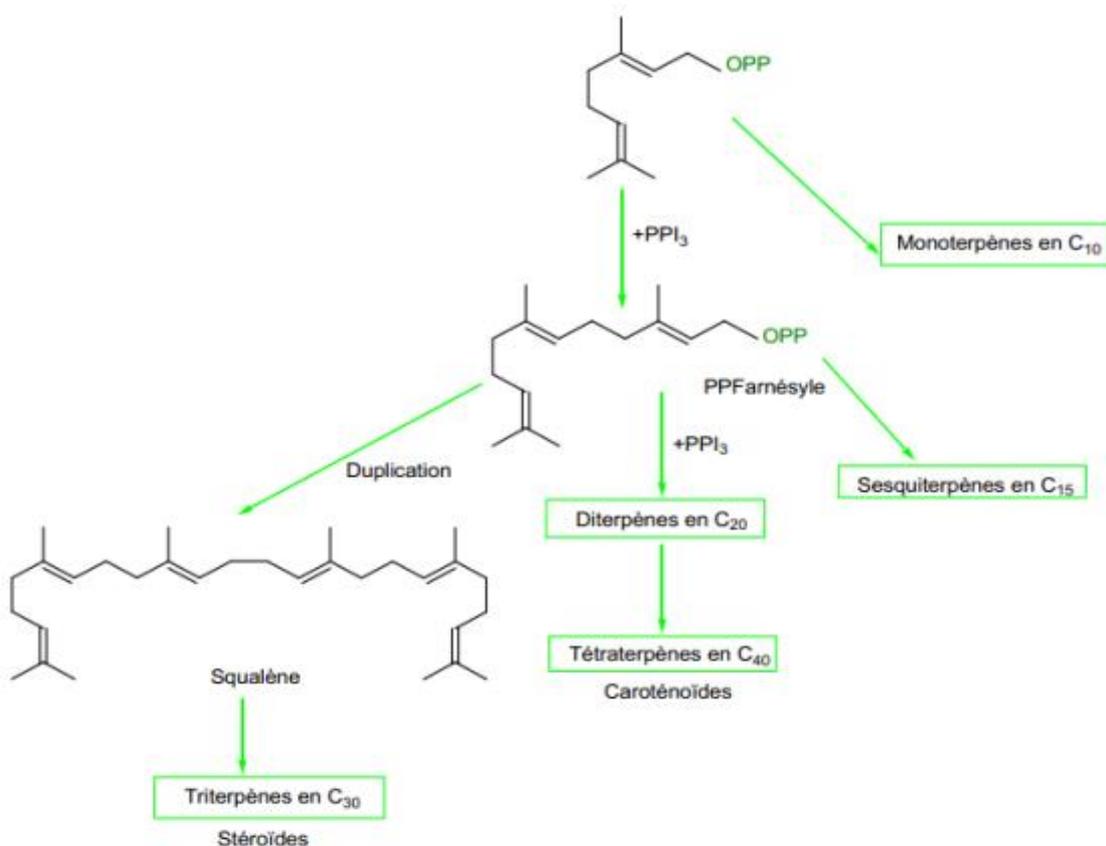
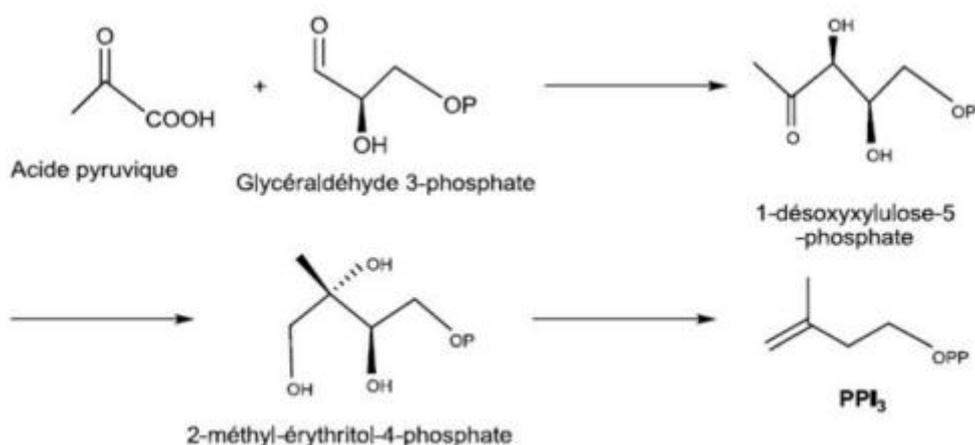


Figure 15: Schéma de la biosynthèse des terpènes par la voie de l'acide mévalonique

[31].

La seconde voie, la voie du méthylérythritol phosphate (MEP) nommée aussi la voie non mévalonique. Elle commence par la condensation d'une unité pyruvate (C3) avec une unité de glycéraldéhyde 3-phosphate (C3) et conduit au méthylérythritol phosphate, un composé intermédiaire en C5. Plusieurs étapes enzymatiques conduisent ensuite à la synthèse de PPI<sub>3</sub> (**figure 16**) [35].



**Figure 16: Schéma de biosynthèse des terpènes par voie du méthylérythriol phosphate [35].**

## II.5.2 VOIE DES PHENYLPROPANOÏDES (COMPOSÉS AROMATIQUES) :

La biosynthèse des dérivés du phénylpropane se fait par l'intermédiaire de l'acide shikimique qui représente le principal mode d'accumulation des phénols dans les plantes. Cette voie fait intervenir une série de réactions et représente le chemin biosynthétique des acides aminés aromatiques (phénylalanine, tryptophane...).

L'acide est obtenu par condensation de l'acide pyruvique activé par phosphorylation sur un sucre phosphorylé. L'addition d'une deuxième molécule d'acide pyruvique activé fournit l'acide préphénique qui par déshydratation et décarboxylation donne l'acide phénylpyruvique. Cet acide aromatique se transforme en phénylalanine, acide aminé aromatique, qui est à l'origine du métabolisme des composés aromatiques. La figure 1 illustre les principales étapes de la formation des dérivés aromatiques (**figure 17**) [22].

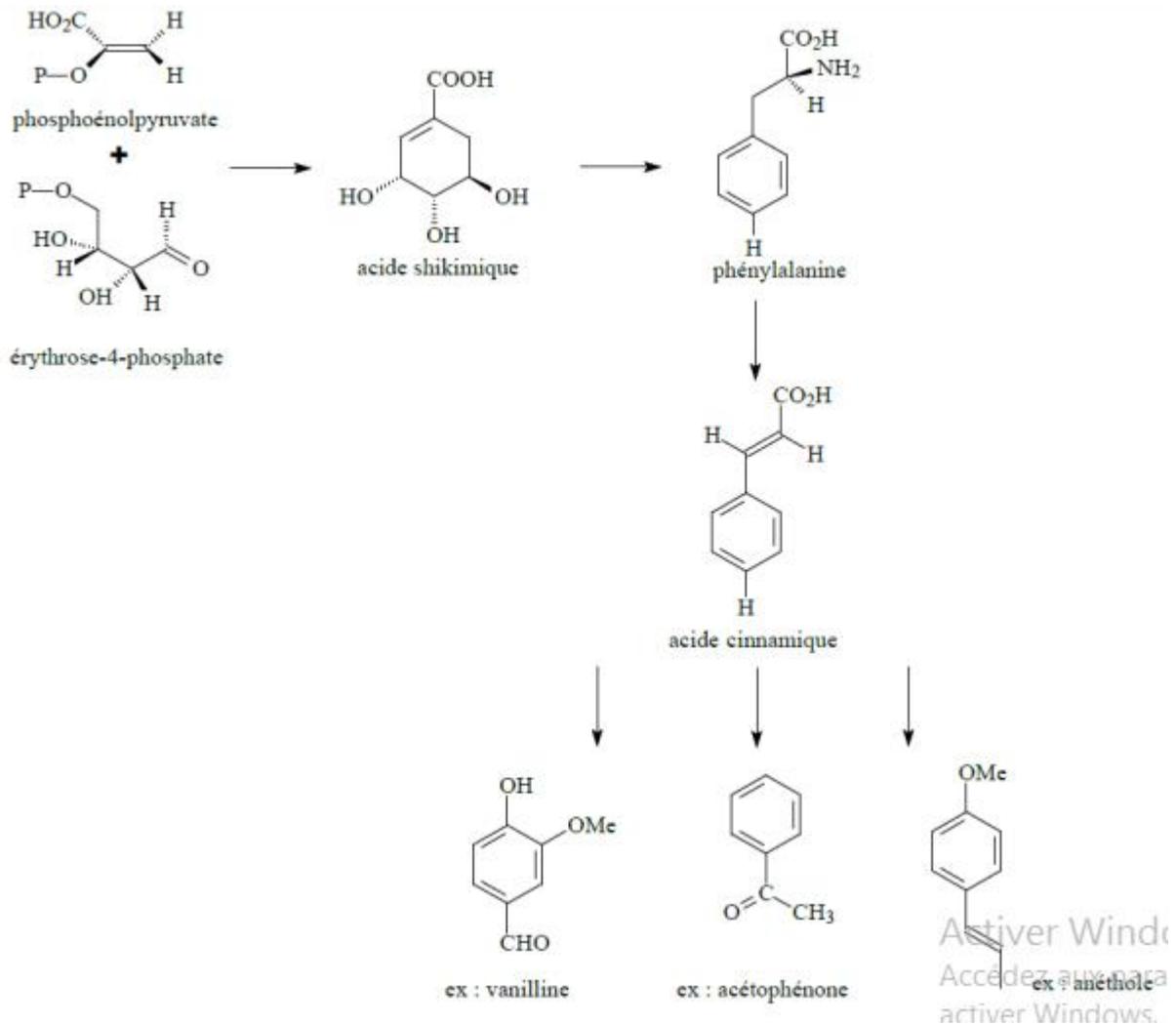


Figure 17: Schéma de biosynthèse des dérivés phénylpropaniques [34].

## II.6 FACTEURS INFLUENÇANT LA COMPOSITION ET LE RENDEMENT DES HUILES ESSENTIELLES :

Le rendement et la composition chimique des huiles essentielles varient d'une espèce à une autre. Cette variabilité peut s'expliquer par différents facteurs d'origine intrinsèque spécifiques du bagage génétique de la plante, et/ou extrinsèque liés aux conditions de croissance et de développement de la plante.

## **II . 6 . 1 FACTEURS INTRINSÉQUES :**

### **II . 6 . 1 . 1 Chémotype :**

Le chémotype ou (chimiotype ou race chimique), introduite par PIERRE FRANCHOMME en 1975 a été officialisée au sein de l'Union Européenne en 2006. Elle désigne une entité chimique distincte au sein d'une même espèce [37].

C'est une forme de classification chimique, biologique et botanique désignant la molécule majoritairement présente. Cette classification dépend des facteurs liés directement aux conditions de vie spécifique de la plante, à savoir, le pays, le climat, le sol et la période de récolte qui peuvent influencer sa composition. On parle alors d'une huile essentielle chémotypée [38] [129] [130].

Le chimiotype est la signature de l'HE et le principe actif que l'on recherche pour ses effets thérapeutiques ; Certaines espèces de plantes, présentent des variations chimiques de leur métabolite secondaire en fonction des influences de leurs écosystèmes (altitude, humidité, ensoleillement), bien que leur morphologie ainsi que leur génétique ne soient pas substantiellement transformées, seul leur phénotype chimique est mouvant [131].

### **II . 6 . 1 . 2 Organe producteur :**

Le rendement et la composition des huiles essentielles varient selon les différents organes végétaux. Une étude effectuée sur « *Schinus molle L* » par DJEBAILI (2013) a révélé selon la partie analysée les pourcentages d'huiles essentielles suivantes : 1,66% dans les feuilles, 1,07% dans les fruits, et 0,45% dans la plante entière. GUENTHER (1972) insiste sur le fait que les différentes parties de la plante fournissent des huiles essentielles dont la quantité et la qualité diffèrent. Il a indiqué que les feuilles contiennent une huile essentielle riche en ester[39] [132].

### **II . 6 . 1 . 3 Cycle végétatif :**

Pour une espèce donnée, la proportion des différents constituants d'une huile essentielle peut varier tout au long du cycle de développement. Il découle des travaux de RASMUSSEN et al (1972) et BELGAT (1987), que les constituants terpéniques (camphre, verbénone, acétate de bornyle et  $\alpha$ -terpinéol) se trouvent en forte concentration dans les feuilles jeunes, puis diminuent avec l'âge de la plante [133].

GRANGER et al (1973) indiquent que la quantité des huiles essentielles demeure relativement fixe, présentant seulement un léger maximum en période estivale et, par

conséquent, c'est surtout de mars à juillet que s'effectuent les distillations d'essence. Ils ont indiqué aussi que la qualité des composants secondaires (bornéol, verbénone, linalol) reste toute l'année stable. Cependant, ils ont remarqué que celle du camphre et du 1,8-cinéole augmente en juillet. RASMUSSEN et al (1972) ont indiqué qu'une différence notable dans la quantité des monoterpènes des feuilles est constatée au printemps [133] [40].

#### **II . 6 . 1 . 4 Tissus sécréteur :**

L'huile essentielle est produite et stockée dans les tissus sécréteurs de la plante sous formes de petites gouttelettes comme la plupart des substances lipophiles [134].

Elles sont généralement associées à la présence des structures histologique spécialisés, souvent localisée sur ou à proximité de la surface de la plante [135].

Les huiles essentielles sont élaborées par des glandes sécrétrices qui se trouvent sur presque toutes les parties de la plante. Il est intéressant de remarquer que les organes d'une même espèce peuvent renfermer des huiles essentielles de composition différente selon la localisation dans la plante [135].

#### **II . 6 . 2 FACTEURS EXTRINSÉQUES :**

##### **II . 6 . 2 . 1 Conditions environnementales :**

Les conditions environnementales influencent la composition et le rendement des huiles essentielles pour la même espèce, même génotype et le même stade de développement, BAKKALI et al (2008) et APROTOSOAIE et al (2010) ainsi que l'origine géographique de la matière première [136] [137].

Par exemple dans la zone sub-humide, « *Schinus molle* » est le plus riche en HE avec un taux de (0,66%) dans les feuilles et (0,53%) dans les fruits par rapport aux rendements des faux poivriers qui poussent dans les zones arides et semi-arides, ce qui signifie que la formation et l'accumulation des HE de « *Schinus molle* » au niveau des feuilles et des fruits favorisent le climat humide, dont le degré d'humidité est élevé et la température moyenne annuelle ne dépasse pas 34°C [39].

##### **A. Durée d'ensoleillement et l'époque de récolte :**

La photopériode intervient à 2 niveaux : celui de l'induction florale et celui de la durée journalière de la photosynthèse (thermo photopériode). Une étude sud-africaine récente MOSTA (2006) a révélé que les récoltes de géranium espacées de 8-12 semaines en période ensoleillée donnent de meilleurs résultats quantitatifs et qualitatifs [41].

YAYI-LADEKAN et al (2011), à étudie la variation diurne de la composition chimique et son influence sur les propriétés antimicrobiennes de l'huile essentielle de *Ocimum canum*, Sims, Le rendement de l'huile varient selon le temps et l'ensoleillement.

Abondant le matin à 7h « 1,71% », le rendement décroît progressivement avec l'augmentation des rayons solaires, jusqu'à son minimum à 13 h « 1,35% » quand le soleil est au zénith, avant de croître à nouveau à sa valeur la plus élevée « 1,78% » à 19 h, au coucher du soleil [138].

## **B. Fréquence et intensité des précipitations :**

La fréquence et l'intensité des précipitations peut intervenir sur la sécrétion des huiles essentielles.

### **II . 6 . 2 . 2 Degré de fraîcheur :**

GRECHE et al (2008) montrent l'effet de séchage sur la variation des rendements des huiles essentielles de l'espèce *Tanacetum annuum* L. de 1.38, 0.8ml et 1ml /100g Ms (matière sèche) respectivement dans le 1er, 2ème et 7ème jours de séchage à l'air libre.

Ces résultats démontrent que le séchage à l'ombre de la partie aérienne de *T.annuum* L. n'affecte pas d'une manière significative la composition chimique de l'huile essentielle qui reste dans l'ensemble relativement constante [139] [140].

### **II . 6 . 2 . 3 Modes et durée d'extraction :**

GOMES et al (2004) avaient montré l'influence de la technique d'extraction sur le rendement et la qualité de l'HE. La labilité des constituants des HEs explique que la composition du produit obtenu par hydro distillation soit, le plus souvent, différente de celle du mélange initialement présent dans les organes sécréteurs du végétal [42].

L'hydrodistillation possède des limites, le chauffage prolongé et puissant engendre une détérioration de certains végétaux et la dégradation de certaines molécules aromatiques.

L'eau, l'acidité et la température peuvent induire des réarrangements, des isomérisations, des racémisations et/ou des oxydations [43].

La durée de la distillation influe non seulement sur le rendement mais également sur la composition de l'extrait. C'est ainsi que pour certains végétaux fragiles, comme par exemple les pétales de fleurs, une technique d'extraction plus appropriée est utilisée. Il s'agit de la distillation dite sèche. Cette technique ancestrale, utilisée autrefois par les alchimistes arabes [43] [141].

#### **II . 6 . 2 . 4 Type de sol :**

Des études fait par MUHAMMAD et al (2010) sur la variation de rendement et la composition chimique d'huile essentielle d'*Eucalyptus cacaldulensis* dans les sols salé et non salé, ils ont trouvées que le rendement pétrolier est de 0.98 et 0.96% de sol salé et non salé respectivement et le major constituant 1,8-cineole varie de 34.42 à 40.0% respectivement pour les sols salé et non salé, cette variation est due au stress de salinité de sol [44].

#### **II . 6 . 2 . 5 État du matériel végétal :**

HETTIARACHICHI (2008) montre l'influence de l'état du matériel végétal sur la composition et le rendement des huiles essentielles. L'état sauvage ou les conditions de culture, ainsi que les facteurs environnementaux jouent un rôle non négligeable, à la fois sur les aspects qualitatifs mais aussi quantitatifs des constituants élaborés par la plante [45].

#### **II . 6 . 2 . 6 Altitude :**

L'altitude est un facteur important dans la culture et la production de plantes médicinales et aromatiques, ainsi il affecte la quantité et la qualité de substances actives de ces plantes. Nous savons que la température décroisse avec la hauteur au-dessus du niveau de la mer, ceci sera conduit à un changement des conditions environnementales malgré que le lieu géographiquement n'a pas été changé, et cette diminution de la température entraîne une diminution de la croissance végétative de la plante et la réduction de cette période provoque souvent une accélération des fonctions biologiques. L'altitude qui convient le mieux pour la culture des plantes aromatiques est variable. La plupart des plantes aromatiques préfèrent, cependant, une altitude comprise entre 800 et 1300 m d'après FLUCK (1942). Il a été trouvé chez le genre *Mentha* que les basses altitudes (300 m d'altitude) produisent des herbes riches en HE (menthol, menthyle acétate et menthofurane) que celles poussant à haute altitude (1290 et 1900 m d'altitude) d'après SHAHI et al (1999). Chez *Laurus nobilis*, la teneur en huile essentielle des feuilles exposées au sud est plus importante que celle des feuilles exposées au nord [39].

#### **II . 6 . 2 . 7 Conditions de stockage :**

Le stockage des matières premières avant distillation peut également influencer la composition et le rendement des huiles essentielles. Pour assurer une bonne conservation, c'est-à-dire favoriser l'inhibition de toute activité enzymatique après la récolte, il faut éviter la dégradation de certains constituants ainsi que la prolifération microbienne, la distillation immédiate ou un séchage soigneux étant les deux procédés utilisés [39].

## II. 7 MÉTHODES D'OBTENTION DES HUILES ESSENTIELLES :

De nombreuses techniques sont utilisées pour extraire les substances aromatiques. Cette opération est particulièrement difficile, et délicate, destinée à capter le produit fabriqué par le végétal ; et ce, en prenant soin de ne pas en altérer la qualité. Par conséquent, les techniques d'extraction doivent répondre autant que possible aux difficultés d'obtenir des extraits de haute qualité tout en tenant compte des coûts de production liés au rendement, au temps passé et au matériel utilisé. C'est-à-dire aussi proche que possible de l'essence d'origine [231]. On a des méthodes classiques et des méthodes innovantes.

### II. 7. 1 MÉTHODES CLASSIQUES :

#### II. 7. 1. 1 Hydrodistillation :

Cette technique d'extraction est connue depuis l'antiquité, a été transmise par les Arabes et a été perfectionnée par les industriels de Grasse (Alpes-Maritimes). Cette méthode, une des plus anciennes mais aussi une des plus simples, est depuis peu délaissée au profit de nouveaux procédés de distillation pour des raisons de qualité et de coût de production [232].

Aujourd'hui, c'est une méthode normée, que ce soit pour l'extraction des huiles essentielles ou pour le contrôle de leur qualité [143].

Le principe général (représenté dans la **figure 18**) de l'hydrodistillation est le suivant : On chauffe dans un alambic jusqu'à ébullition une suspension d'une matière première végétale dans l'eau de sorte que la vapeur d'eau entraîne les substances volatiles de la plante. Cette vapeur est récupérée et condensée. L'huile essentielle constituée de ces différentes substances volatiles se sépare par gravité de l'eau à laquelle elle n'est pas miscible.

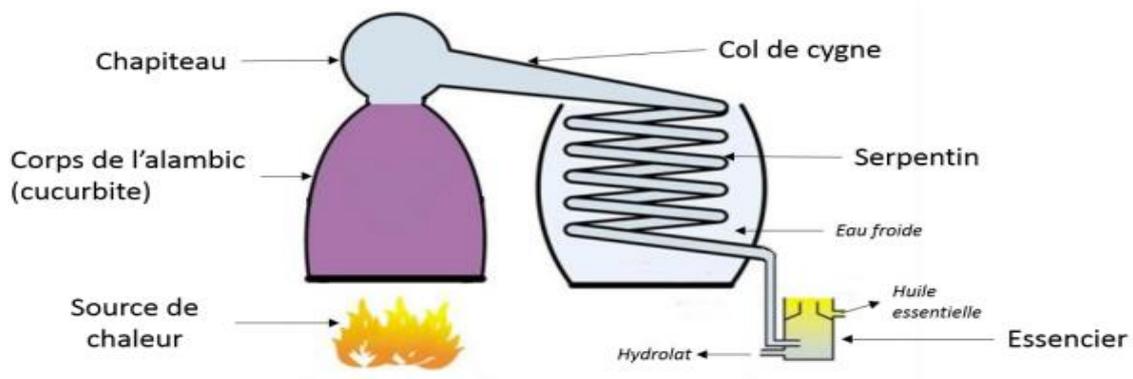
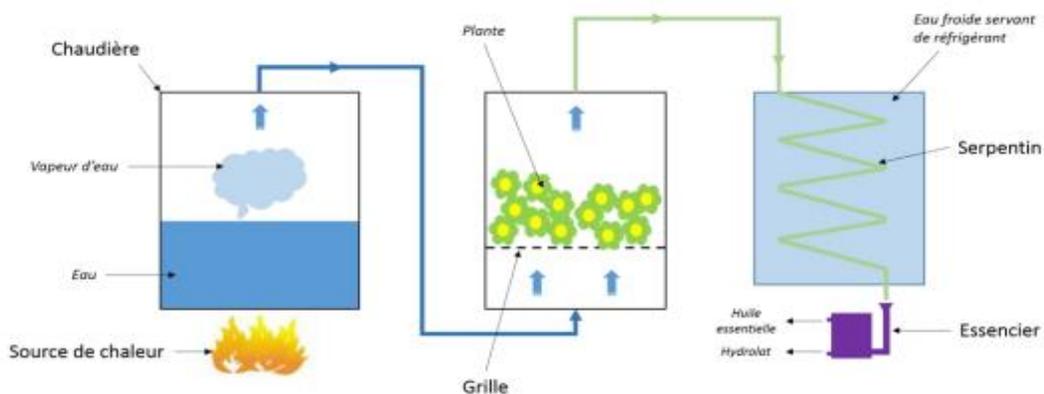


Figure 18: Schéma d'un alambic [48].

La chaleur qui s'applique sur la matière première végétale permet l'éclatement des cellules et la libération des molécules contenues. Il se forme un mélange azéotrope comprenant l'eau et les molécules volatiles dont la température d'ébullition est proche des 100 °C alors que la température d'ébullition des molécules aromatiques seules est souvent très supérieure [46]. L'hydrodistillation permet donc de limiter le chauffage à appliquer sur la matière première.

### **II. 7. 1. 2 Entraînement a la vapeur d'eau :**

L'entraînement à la vapeur d'eau est une variante plus récente de distillation dans laquelle il n'y a pas de contact direct entre la matière végétale et l'eau. Ici, de la vapeur d'eau est produite dans une chaudière séparée, puis injectée à la base de l'alambic dans lequel se trouve la plante. La vapeur remonte dans l'alambic et traverse la plante. De la même façon que dans l'hydrodistillation, on assiste à un éclatement des cellules et à la formation d'un mélange azéotrope, récupéré en haut de la cuve et condensé [46] (**Figure 19**).



**Figure 19: Schéma d'une installation d'entraînement à la vapeur.**

L'un des principaux intérêts de cette méthode par rapport à l'hydrodistillation est la préservation de la qualité de l'essence. En effet, dans le cas présent, la plante ne macère pas dans l'eau, ce qui limite les phénomènes d'hydrolyse mais également de solubilisation de certains composés hydrosolubles (comme les phénols) qui sont donc mieux extraits. Le risque de dégradation par la chaleur est également mieux maîtrisé puisque le chauffage ne se fait pas directement sur la cuve contenant la matière première végétale [47].

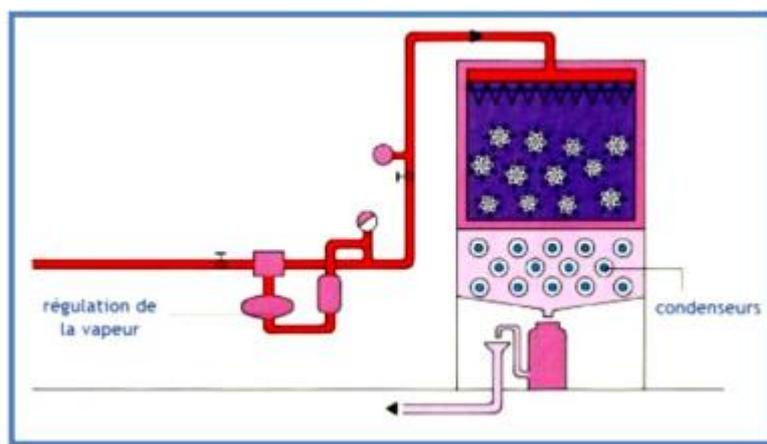
Cependant, cette méthode trouve sa limite dans le coût des installations nécessaires à sa mise en œuvre, bien plus important que pour l'hydrodistillation. Cela pose un problème de

rentabilité pour les huiles essentielles présentes en grande quantité et à faible prix sur le marché. Un problème d'accessibilité du matériel se présente également dans les zones pauvres ou particulièrement reculées [142].

### **II . 7 . 1 . 3 Hydrodiffusion ou percolation :**

La percolation est une méthode consistant à envoyer la vapeur d'eau de haut en bas et non de bas en haut comme pour la distillation. L'avantage de cette méthode est d'être plus rapide donc moins dommageable pour les composés volatils. De plus, l'hydrodiffusion permet une économie d'énergie due à la réduction de la durée de la distillation et donc à la réduction de la consommation de vapeur (**figure 20**) [232].

Cependant, la percolation possède l'inconvénient de charger les HE en substances non volatiles. Il en résulte des « essences de percolation » et non des HE à proprement parler [49].



**Figure 20: Schéma représentant l'hydrodiffusion.**

### **II . 7 . 1 . 4 Distillation sèche :**

La distillation sèche est une méthode d'extraction des huiles essentielles reconnue par la pharmacopée européenne mais on ne retrouve dans la pratique que peu de documents s'y rapportant. Cette technique, très peu utilisée, consiste en un chauffage doux de la matière première, sans eau ni solvant organique. Les substances volatiles sont ensuite condensées et récupérées (**figure 21**).

La température est ici inférieure à 100°C, ce qui limite une nouvelle fois les phénomènes de dénaturation liés au chauffage. L'absence d'eau permet également de préserver les substances volatiles de l'hydrolyse. On obtient par ce procédé une huile essentielle de grande qualité,

assez fidèle à l'essence présente dans la plante, mais avec un rendement très faible. C'est donc une méthode qui convient aux matières première particulièrement fragiles [46] [232].

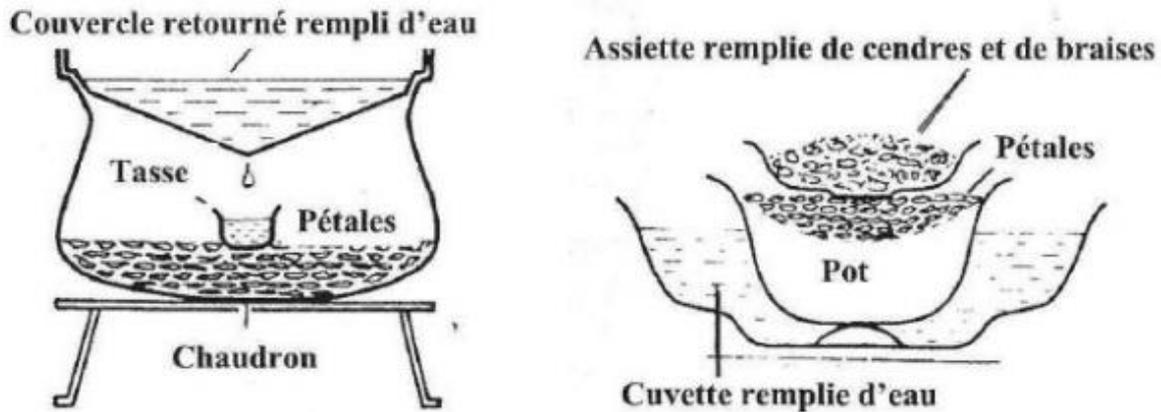


Figure 21: Schéma d'une installation de distillation sèche (D'après [232]).

### II . 7 . 1 . 5 Expression a froid :

C'est le procédé le plus ancien et le plus simple pour obtenir une HE. Cependant, il reste limité car il ne s'applique qu'aux agrumes dont le péricarpe des fruits possède des poches sécrétrices d'essences. Cette technique, née en Sicile et en Calabre, est uniquement mécanique et consiste à broyer, à l'aide de presses, les zestes frais afin de détruire les poches sécrétrices d'essences et donc de libérer l'essence qu'elles contiennent (**figure 22**). L'expression à froid permet de limiter l'oxydation en conservant les antioxydants naturels présents dans la fraction non volatile de l'essence. Le produit final obtenu est appelé essence car il n'a subi aucune modification chimique lors de son procédé d'extraction [50] [51].

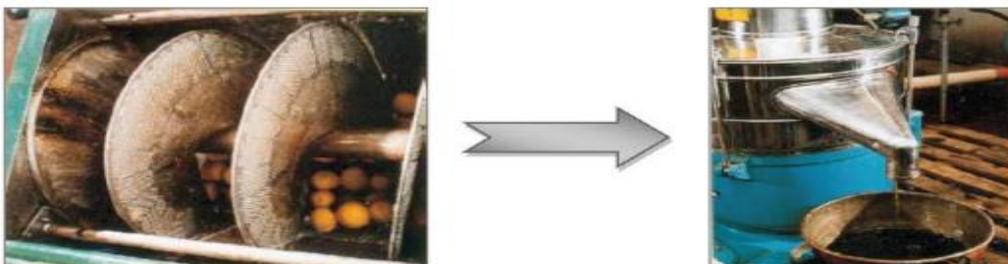


Figure 22: Photo à gauche d'une pelatrice et à droite d'une centrifugeuse séparatrice de l'essence de Citrus [52].

### **II . 7 . 1 . 6 Enfleurage :**

Cette technique est l'un des plus anciens procédés, elle a été au départ utilisée par les égyptiens. Il semblerait que l'application majeure soit en parfumerie, et ne concerne que les fleurs fragiles, qui gardent l'odeur après la cueillette, mais dont l'hydro distillation risque de dégrader les molécules odorantes présentes. Cette technique consiste à mettre les fleurs en contact avec un corps gras inodore. Le mélange est ensuite épuisé par un solvant organique, puis ce dernier est évaporé [53].

Lorsque les fleurs sont peu fragiles à la chaleur (par exemple, les fleurs d'oranger, d'acacia, de mimosa), un enfleurage à chaud est réalisé vers 60-70°C, par leur infusion dans des graisses fondues ou des huiles. Cette méthode est plus rapide que celle à température ambiante [53].

### **II . 7 . 1 . 7 Extraction par les solvants :**

L'extraction par les solvants est un procédé inspiré de l'enfleurage qui utilise des solvants non aqueux. Il peut s'agir de l'hexane, d'éthers de pétrole, d'huiles, de gaz... Le solvant idéal devant répondre aux critères suivants [54]:

- Être sélectif: extraire les molécules aromatiques mais pas les molécules indésirables comme les pigments.
- Avoir une température d'ébullition basse, pour permettre une élimination simple.
- Être chimiquement inerte vis-à-vis des substances à extraire.
- Ne pas être miscible à l'eau, qui rendrait la purification de l'extrait plus délicate.
- Être peu coûteux.
- Ne pas présenter de contre-indication dans les domaines d'application de l'extrait obtenu.
- Ne pas être inflammable.
- Présenter la plus faible toxicité possible.

Aucun solvant ne remplit la totalité de ces conditions, mais le plus utilisé est l'hexane. L'intérêt de ces solvants est leur pouvoir d'extraction des parfums très supérieur à celui de l'eau. Cependant, ils n'entraînent pas seulement les composés volatils.

Le point négatif des solvants organiques est leur toxicité. Cela réduit les champs d'application des extraits obtenus (appelés « concrètes »), notamment dans les domaines pharmaceutiques et agroalimentaires [55].

## II.7.2 MÉTHODES INNOVANTES :

### II.7.2.1 Extraction au CO<sub>2</sub> supercritique :

Entraîner les substances aromatiques en faisant passer un courant de CO<sub>2</sub> à haute pression dans la masse végétale (en générale les fleurs) [49].

On utilise le CO<sub>2</sub> car il possède de nombreux atouts : il s'agit d'un produit naturel, inerte chimiquement, ininflammable, facile à éliminer totalement, aisément disponible, peu réactif chimiquement et enfin peu coûteux. Le CO<sub>2</sub> a également la capacité de fournir des extraits de compositions très proches de celles obtenues par méthodes décrites dans la pharmacopée européenne. Tous ces avantages permettent à ce procédé de se développer malgré un investissement financier important [20].

Le principe général de la méthode (représenté de manière schématique dans la **figure 23**) est le suivant. Le CO<sub>2</sub>, porté aux conditions de température et de pression souhaitées, chemine au travers de la matière première végétale dont elle tire et volatilise les molécules aromatiques. Le mélange passe ensuite dans un séparateur, où le CO<sub>2</sub> est détendu et se vaporise. Il est soit éliminé, soit recyclé. L'extrait se condense et est récupéré [144].

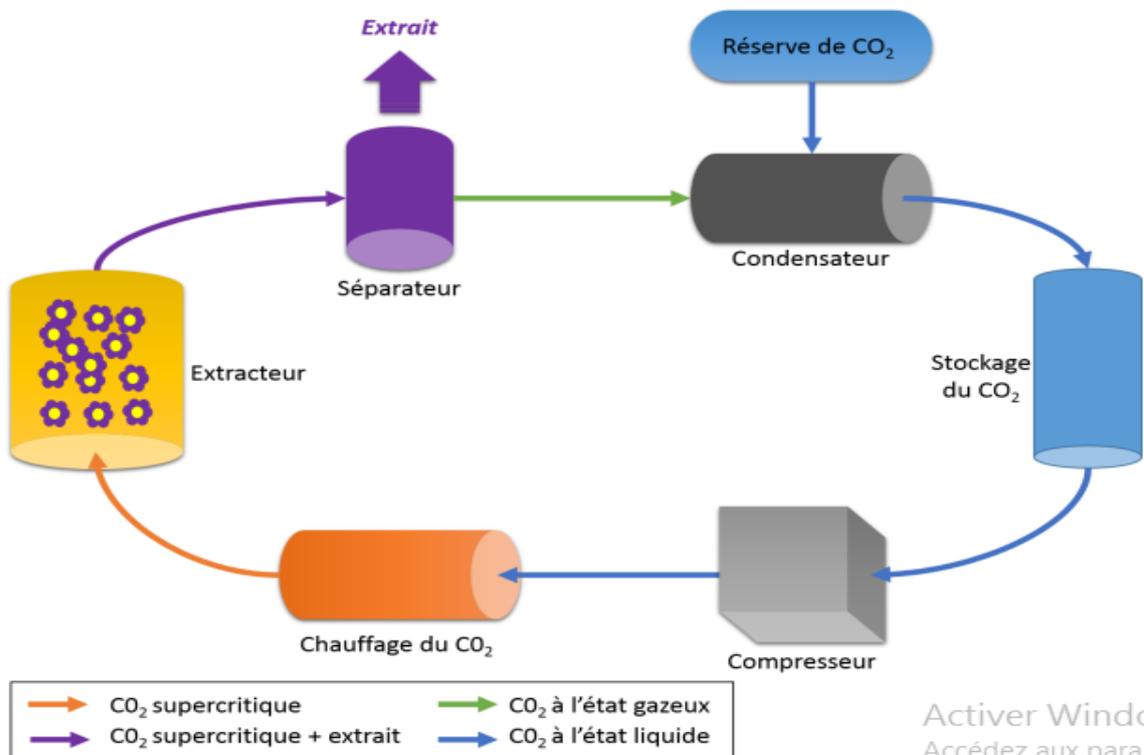
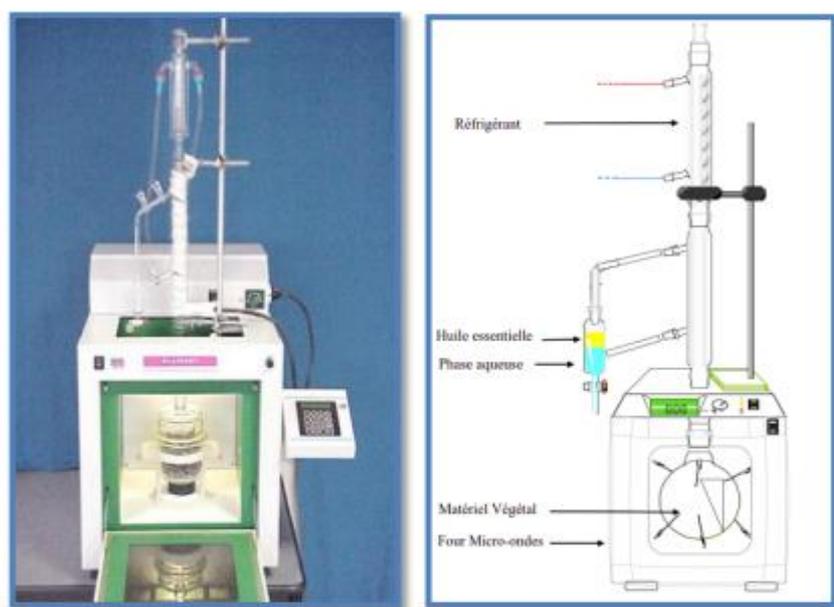


Figure 23: Schéma simplifié d'un extracteur au CO<sub>2</sub> supercritique.

### II . 7 . 2 . 2 Hydrodistillation par micro-ondes :

L'hydrodistillation par micro-ondes (**figure 24**) est une méthode très rapide (temps de travail divisé par 5 à 10 par rapport à l'hydrodistillation traditionnelle), peu consommatrice d'énergie (température plus basse) et de qualité supérieure à l'hydrodistillation traditionnelle. Elle consiste à chauffer sélectivement une plante par un rayonnement micro-ondes dans une enceinte où la pression est diminuée de façon séquentielle : l'HE est alors entraîné dans un mélange azéotropique formé par la vapeur d'eau de la plante traité (sans ajout d'eau pour les produits traités en frais) [20].



**Figure 24: Dispositif d'extraction assistée par micro-ondes [56].**

### II . 7 . 2 . 3 Extraction par ultrasons :

L'extraction de composés biologiquement actifs par ultrasons (20-100 kHz) est une technologie émergente qui peut fournir une grande reproductibilité en peu de temps, trois fois plus vite qu'une simple extraction par solvant. Il est facile à mettre en œuvre et consomme très peu de solvant et d'énergie. En effet, les matières premières sont immergées dans de l'eau ou des solvants tout en étant soumises à des ondes ultrasonores. Cette technologie peut être utilisée pour extraire des composés aromatiques ou des essences végétales, mais elle est principalement utilisée pour extraire certaines molécules thérapeutiquement significatives (**figure 25**) [57].



**Figure 25: Schéma d'extraction assistée par ultrason.**

#### **II . 7 . 2 . 4 Procédure par épuisement :**

Les HEs peuvent être extraites par des solvants volatils, type benzène. A partir des concrètes de feuilles et de fleurs obtenues, des « absolues » sont obtenues après extraction par de l'éthanol. L'évaporation de l'éthanol conduit aux « essences concrètes ». Ces dernières contiennent généralement 2 à 3% de solvants résiduels et ne peuvent être utilisées que pour l'aromachologie [233].

### **II . 8 CARACTÉRISTIQUES DES HUILES ESSENTIELLES :**

#### **II . 8 . 1 CRITÈRES FONDAMENTAUX DE QUALITÉ D'UNE HUILE ESSENTIELLE :**

##### **II . 8 . 1 . 1 Garanties sur la plante et son mode de culture :**

##### **A. Dénomination botanique :**

L'aromathérapie étant une science fondée sur des connaissances botaniques précises, il est impératif que les HEs soient appelées par leur dénomination scientifique latine binomiale et non par un langage vernaculaire imprécis et trompeur. La méconnaissance ou le non-respect de cette dénomination peut entraîner des abus et des effets secondaires potentiellement graves. Une HE doit donc être désignée par le nom français le plus courant de l'espèce productrice ainsi que les deux noms latins du genre et de l'espèce avec éventuellement le nom de la sous-espèce, de la variété cultivée ou de l'hybride. La famille botanique est aussi généralement précisée [22] [50].

Voici quelques exemples de dénomination :

- Eucalyptus radié (nom courant) : *Eucalyptus (genre) radiata (espèce) ssp (sous espèce) radiata, Myrtaceae* (famille) ;
- Bois de rose (nom courant): *Aniba (genre) rosaeodora (espèce) var.amazonica* (hybride), *Lauraceae* (famille) ;
- Menthe poivrée (nom courant) : *Mentha (genre) x piperita (variété), Lamiaceae* (famille).

### **B. Conditions de production de la plante :**

- **Origine géographique** (nom du pays ou de la région) apporte des précisions importantes sur le biotype (l'environnement) de la plante aromatique et influence la composition de l'HE.
- **Mode de récolte** indique si la plante est cultivée ou sauvage et si elle est issue ou pas d'une culture biologique.
- **Stade de développement** de la plante (cueillette avant, pendant ou après la floraison) au cours de la récolte influence également la composition chimique de l'HE. Il convient donc de le préciser car les caractéristiques des chémotypes en dépendent[51].

### **C. Organe productif de la plante utilisée :**

Les HEs peuvent être accumulées par exemple dans les fleurs de la plante (oranger, rose, lavande), dans les feuilles (citronnelle, eucalyptus, laurier noble, menthe), dans les écorces (cannelier), mais aussi dans les racines (vétiver), les rhizomes (gingembre, curcuma) ou encore les graines (muscade).

Tous les organes d'une même espèce peuvent renfermer une HE. La composition qualitative et quantitative des HE variera en fonction des organes de la plante utilisée. Il est donc impératif de préciser la partie de la plante dont l'HE est issue [50].

### **D. Notion de chémotype ou chimiotype :**

La notion de chémotype (ou race chimique) également appelée chimiotype (CT) est indispensable lorsqu'on aborde l'aromathérapie.

C'est une précision apportée à l'HE pour définir la ou les molécule(s) majoritaire(s), souvent supposée(s) responsable(s) de l'activité. Une même plante aromatique synthétise une HE de

composition différente en fonction notamment des conditions écologiques, climatiques, pédologiques, de l'altitude, de l'ensoleillement et du stade de développement botanique. Deux CT différents présenteront des activités thérapeutiques et des toxicités différentes. Ces différences chimiques et donc pharmacologiques doivent, de ce fait, impérativement être prises en compte dans l'utilisation des HE en aromathérapie. Prenons l'exemple du thym (*Thymus vulgaris*), il possède différents CT: il peut être à carvacrol, à linalol, à géraniol ou à thymol. Il est donc primordial de préciser le type chimique de l'HE car en fonction de celui-ci, les propriétés pharmacologiques et toxicologiques seront différentes [20] [23] [50].

## **II.8.2 NORMES ET LABELS RÉGISSANT LA QUALITÉ DES HUILES ESSENTIELLES:**

Pour garantir leur qualité, les HEs doivent être obtenues à partir de matières premières précisément identifiées (nom latin, CT, partie de plante utilisée, stade végétal, zone de culture...), contrôlées selon des procédés définis (ce sont ces différents niveaux de qualité qui vont induire le ou les types de contrôles à effectuer), présenter des caractères physico-chimiques précis et être conservées de façon satisfaisante. Dans cette partie, les différents niveaux de qualité des HE seront détaillés ainsi que les différents labels pouvant leur être attribués [58].

### **II.8.2.1 Niveaux de qualité :**

Il existe 3 niveaux de qualité, détaillés ci-dessous, en fonction du type d'emploi de l'HE.

#### **A. Qualité industrielle standard :**

Il s'agit d'espèces non définies botaniquement, ayant subi une culture industrielle, une distillation rapide et donc incomplète à haute température et pression. Ces HEs ne sont pas recommandées pour une utilisation thérapeutique, elles sont réservées à l'industrie cosmétique et à la parfumerie. En effet, seuls les composants principaux sont obtenus. Or c'est la notion de « *totum* » qui est importante en aromathérapie car elle considère l'action de l'HE dans sa globalité et non pas seulement en fonction des constituants majoritaires de cette HE.

Dans certains cas, une HE peut subir une déterpénation (privation partielle ou totale des hydrocarbures terpéniques) afin de limiter le risque allergène. En effet, les terpènes sont très allergisants mais ils sont également parfois responsables de l'activité thérapeutique. C'est pourquoi, les HEs déterpénées ne sont pas recommandées en aromathérapie [58].

### **B. 100% pures et naturelles :**

Ces HE sont dites de « qualité intermédiaire ». Elles sont issues de plantes définies botaniquement et cueillies à l'état sauvage ou cultivées mais ont été distillées de façon incomplète (temps plus court et à une température et une pression élevée). Leur utilisation à des fins thérapeutiques est possible mais non recommandée en raison des grandes variabilités de compositions pouvant être observées [22].

### **C. Authentiques et chimiotypées :**

Ces HES sont 100% pures, 100% naturelles et 100% complètes c'est-à-dire qu'elles n'ont subi aucun traitement après leur identification et elles ont bénéficié d'une distillation complète. Sur le conditionnement, y est spécifié : le genre, l'espèce botanique en latin, l'organe de la plante utilisé, le stade végétal ainsi que la zone de culture. Ces HES peuvent être utilisées en thérapeutique [22].

## **II. 8. 2. 2 Normes et labels attribués aux huiles essentielles :**

Différents labels et normes peuvent être attribués aux HE, ils sont détaillés ci-dessous.

### **A. Norme française AFNOR :**

Les caractéristiques physico-chimiques, organoleptiques et chromatographiques des HE sont définies sur le plan français par des normes établies par l'Association Française de Normalisation (Normes AFNOR), élaborées par une commission spécifique. Ces normes sont établies en étroite collaboration avec les producteurs ainsi que les importateurs et sont le fruit d'un échange entre experts. Avec les pharmacopées, la norme AFNOR constitue la référence utilisée par les organismes publics de contrôle. C'est une référence européenne et internationale [51].

### **B. Norme ISO/TC :**

La plupart des normes AFNOR sont reprises sur le plan mondial pour devenir des normes ISO (*International Organization for Standardization* ou Organisation internationale de normalisation) en prenant en considération les informations des experts mondiaux. Le groupe de travail responsable de ces normes est le groupe ISO TC 54 « Huile essentielles » (TC représente les listes classées selon le comité technique de l'ISO responsable de l'élaboration et de la mise à jour des normes). La norme ISO/TC concerne 54 HE fréquemment employées pour lesquelles sont établies les règles générales d'emballage, de conditionnement et de stockage [51].

### **C. Normes françaises (NF) :**

Il existe deux normes françaises :

- La norme NF-T. 75-002 : cette norme concerne l'étiquetage de l'HE qui doit comporter le nom latin, la partie de plante utilisée ainsi que la technique de production ;
- La norme NF-T. 75-004 : elle précise les dénominations, le ou les chimiotype(s), les hybrides ainsi que l'origine géographique de la plante [50].

### **D. Label HEBBD (huile essentielle botaniquement et biochimiquement définie) :**

Il s'agit d'un label privé utilisé par certains laboratoires (comme par exemple Phytosun arômes), qui reprend les normes définies par l'AFNOR. Il garantit que l'HE est 100% pure et naturelle c'est-à-dire qu'elle provient uniquement de la plante indiquée sur l'étiquette, et qu'elle n'est ni mélangée, ni coupée avec d'autres substances.

Une HE botaniquement et biochimiquement définie (HEBBD), définit quatre critères fondamentaux de qualité :

- L'espèce botanique exacte en latin, selon la nomenclature internationale ainsi que le nom du genre et le qualificatif de la variété.
- L'organe producteur de la plante utilisé (tel que les feuilles ou les fleurs).
- L'origine de la plante (pays producteur).
- La qualité des méthodes d'extraction (Hydrodistillation, distillation sèche ou expression à froid).

Une HEBBD (**Annexe IV**) permet donc l'assurance de l'origine, de la composition et du contrôle des produits ainsi qu'une garantie d'efficacité sans effets secondaires inattendus [234].

### **E. Label BIO :**

Les HE exigent un niveau de qualité élevé, c'est pourquoi, les plantes distillées proviennent en priorité de l'agriculture biologique. La culture est effectuée par des producteurs spécialisés qui s'engagent à exclure tout emploi d'herbicide, de pesticide ou d'engrais chimique, évitant ainsi toute trace de polluant. Pour obtenir le label BIO (**Annexe IV**), il faut au moins 95% d'ingrédients d'origine naturelle et une bonne traçabilité du produit. Le contrôle est assuré par

un organisme de certification indépendant (de type Ecocert) dont l'activité est encadrée par les pouvoirs publics et la législation [235].

### **F. Label AB (Agriculture biologique) :**

Les HE labellisées Agriculture Biologique (**Annexe IV**) garantissent une qualité attachée à un mode de production respectueux de l'environnement. Elles sont 100% naturelles et excluent la présence de tout résidu chimique (pesticides ou minéraux indésirables) nuisible à la santé et à l'environnement. Ce label est un label français, décerné par le ministère de l'Agriculture. Il n'est pas obligatoire pour les HE utilisées en aromathérapie. Aucune garantie concernant les procédés d'obtention des huiles essentielles n'est apportée par ce label [236].

### **G. Label HECT (Huile essentielle chemotypée) :**

Ce label (**Annexe IV**) est une forme de classification biologique, botanique et chimique, désignant la molécule principale d'une HE. Il garantit que l'HE est :

- 100% naturelle c'est-à-dire non dénaturée par des composants synthétiques, par des huiles ni par des essences minérales ;
- 100% pure c'est-à-dire non coupée avec de l'alcool ou d'autres HE ;
- 100% totale c'est-à-dire non rectifiée, non décolorée et non déterpénée [47].

## **II. 8. 3 CONTROLES DE QUALITÉ DES HUILES ESSENTIELLES :**

En fonction des niveaux de qualité énoncés précédemment, différents contrôles peuvent être effectués. L'objectif principal de ces contrôles est d'encadrer au mieux l'utilisation des matières premières pour la production des HE afin de garantir qualité et sécurité au consommateur.

### **II. 8. 3. 1 Contrôles organoleptiques :**

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 [47] [34].

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, ect [28].

\*Trois aspects peuvent être contrôlés :

- **La couleur** : chaque HE présente une couleur qui lui est propre permettant de confirmer son identification ou sa qualité. Elle varie en fonction du vieillissement et de l'oxydation, allant souvent dans le sens d'un brunissement ;

- **L'odeur** : elle est caractéristique à chaque HE mais nécessite une bonne habitude olfactive ;

- **La saveur** : généralement les HE de mauvaises qualités ou falsifiées ont un goût désagréable qui est amplifié avec le vieillissement [22].

### **II . 8 . 3 . 2 Contrôles physico-chimiques :**

#### **A. Contrôles physiques :**

Chaque HE est caractérisée par différentes constantes physiques permettant de l'identifier et de contrôler son origine géographique, sa pureté ainsi que son absence de falsification.

Les critères à déterminer selon la pharmacopée européenne, les normes ISO et l'AFNOR sont :

-**Pouvoir rotatoire** : le pouvoir rotatoire, est l'angle de déviation du plan de polarisation d'une lumière polarisée rectilignement, pour un observateur situé en face du faisceau incident. Les huiles essentielles sont le plus souvent optiquement actives [59] [237].

-**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 sassafras, de cannelle et de girofle [60].

-**Indice de réfraction** : C'est une grandeur sans dimension, caractéristique d'un milieu, décrivant le comportement de la lumière dans celui-ci [237]; Il est mesuré couramment par le réfractomètre d'Abbe [59].

La détermination de l'indice de réfraction pour une huile essentielle permet seulement de vérifier si elle est conforme aux normes établies [59].

Les HES ont souvent un indice de réfraction élevé (1,45-1,56) [61].

-**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 [62].

**\*Dans les huiles fixes** : elles sont totalement solubles dans les huiles grasses [238].

**\*Dans l'éthanol** : Une huile essentielle est dite miscible à V volumes et plus de l'éthanol de titre alcalimétrique 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 [36].

**\*Dans les solvants organiques** : les HE s'y solubilisent très bien [62].

## **B. Contrôles chimiques :**

**-Indice d'acide** : « **IA** » est le nombre de milligramme (mg) de potasse nécessaire pour neutraliser les acides libres contenus dans 1gramme (g) d'HE [59].

**-Indice de saponification** : « **Is** » 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 [237].

**-Indice d'ester** : « **IE** » est le nombre de milligramme de potasse nécessaire pour saponifier les esters présents dans 1 gramme d'HE [59].

### **II . 8 . 3 . 3 Analyses chromatographiques :**

Selon la pharmacopée européenne et les normes ISO et AFNOR, les analyses chromatographiques à effectuer sont les suivantes :

- **Chromatographie sur Couche Mince (CCM)** en routine pour mettre en évidence rapidement les principaux constituants d'une HE mais cette technique n'est pas suffisante à elle seule ;

Cette méthode 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 [63].

- **Chromatographie Liquide à Haute Performance (CLHP)** pour les molécules des péricarpes des fruits des *Citrus* (présence de furanocoumarines, molécules non volatiles) ;

- **Chromatographie en Phase Gazeuse (CPG)** : cette méthode permet de réaliser le profil chromatographique de l'HE en laboratoire et ainsi d'établir une véritable « carte d'identité » propre à chaque HE. La CPG sépare les différents constituants de l'HE. La comparaison des temps de rétention et de certaines propriétés de ces molécules à ceux de témoins connus permet de proposer une composition pour l'HE. Le pourcentage de chaque molécule est alors indiqué. C'est la méthode de référence. Lorsqu'il existe plusieurs chimiotypes pour une même HE il est impératif de demander au laboratoire fournisseur le résultat de l'analyse CPG. Un exemple de CPG est donné en annexe 3 (Bulletin d'analyse de l'HE d'eucalyptus citronné, *Eucalyptus citriodora*, du laboratoire Helvetica Pharma) [27].

- **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 [35].

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 [145].

- **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[145].

#### **II . 8 . 3 . 4 Autres contrôles :**

Il convient de rechercher la présence de **résidus de pesticides et d'insecticides**, car, étant lipophiles, ils peuvent se concentrer dans l'HE.

Dans certains cas, les HE peuvent être falsifiées et il est donc important de rechercher les éventuelles fraudes, à savoir :

- La **déterpénation** ;

- La **présence de solvant** (ajout d'alcool, d'huile...) [145] [64].

En résumé, une certification précise et complète de l'authenticité, de la pureté et de l'intégralité de l'HE est fondamentale. Il est indispensable de s'approvisionner auprès de laboratoires commercialisant des HE de qualité supérieure et capable de fournir des bulletins de contrôle pour chaque HE.

## **II.9 CONDITIONS DE CONSERVATION ET DE STOCKAGE :**

La relative instabilité des molécules constitutives des HE implique des précautions particulières pour leur conservation. En effet, les possibilités de dégradation sont nombreuses, facilement objectivées par la mesure d'indices chimiques (indice de peroxyde, indice d'acide...), par la détermination de grandeurs physiques (indice de réfraction, pouvoir rotatoire, miscibilité à l'éthanol, densité...) et/ou par l'analyse chromatographique. Les conséquences sont multiples par exemple, photo-isomérisation, photocyclisation, coupure oxydative, peroxydation et décomposition en cétones et alcools, thermo-isomérisation, hydrolyse, transestérification. Ces dégradations pouvant modifier les propriétés et /ou mettre en cause l'innocuité de l'huile essentielle, il convient de les éviter : utilisation de 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), stockage à l'abri de la chaleur et de la lumière. Dans certains cas, un antioxydant approprié peut être ajouté à l'huile essentielle. Dans ce cas, cet additif est à mentionner lors de la vente ou l'utilisation de l'huile essentielle. Par ailleurs, des incompatibilités sérieuses peuvent exister avec certains conditionnements en matières plastiques.

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) [64].

-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)[65].

❖ 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 [66].

❖ 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 [239].

❖ 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.) [67].

❖ 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) [65].

❖ 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 [239].

## **II . 10 ETIQUETAGE :**

Les informations qui doivent figurer sur l'étiquète sont les suivantes :

- Nom scientifique et vernaculaire de la plante.
- La partie de la plante utilisée.

- L'origine de la plante ou lieu de production.
- Mode d'obtention de l'HE.
- La variété et le chémotype s'il existe.
- Numéro de lot, date de production et date de péremption.
- Nom, adresse et numéro de téléphone du fournisseur [68].

## **II . 11 VOIES D'ADMINISTRATION, FORMES GALENIQUES ET POSOLOGIES :**

### **II . 11 . 1 Voie orale :**

Il existe différentes façons d'administrer des HE par voie orale suivant l'effet recherché.

#### **II . 11 . 1 . 1 Voie orale classique :**

L'administration par la voie orale classique nécessite un processus de déglutition puis la forme médicamenteuse liquide ou solide sera absorbée par la muqueuse intestinale.

La prise se fait de préférence avant le repas pour permettre une meilleure absorption de l'HE, puisque la présence d'un bol alimentaire dans l'estomac retarde l'absorption. Cependant, si l'HE est irritante pour la muqueuse gastrique, l'HE sera plutôt pris au milieu du repas [50].

#### **II . 11 . 1 . 2 Voie perlinguale ou sublinguale :**

Cette voie permet une action rapide de l'HE grâce au réseau veineux buccal très développé qui débouche dans la veine jugulaire externe. Cette configuration permet un passage sanguin très rapide des molécules aromatiques (permettant de soulager rapidement les symptômes) et évite un premier passage hépatique. La biodisponibilité des HE par cette voie est donc excellente. Cette voie est également adaptée aux patients souffrant de troubles de la déglutition ou de troubles digestifs [50].

#### **II . 11 . 1 . 3 Sur la langue :**

Cette voie d'administration est surtout utilisée pour traiter les infections rhino-pharyngées. Les substances volatiles placées sur la langue entraînent l'ouverture des choanes olfactives et permettent ainsi une action rapide au niveau de la muqueuse nasale et des sinus [50].

- Différentes formes galéniques peuvent être utilisées pour l'administration des HE par voie orale.
- Comprimé neutre : C'est une forme facile pour l'utilisation des huiles essentielles.
- 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 [65].

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

**Tableau 2: Posologies indicatives de l'utilisation des huiles essentielles par voie orale**

[69].

<b>Catégorie des patients</b>	<b>Posologies</b>
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 . 11 . 2 VOIE CUTANÉE :**

La voie cutanée s'utilise pour une action locale ou générale. Les HE étant lipophiles, elles pénètrent facilement et rapidement (en 10 minutes environ) les différentes couches cutanées et sont donc susceptibles d'exercer une action systémique avec les risques de toxicité que cela implique [70].

Lors d'une application cutanée, il convient toujours de se méfier des HE contenant des phénols ou des aldéhydes car elles sont agressives pour la peau et les muqueuses. Il est également impératif de ne pas s'exposer au soleil après l'application cutanée d'HE photosensibilisantes type angélique, citron ou bergamote contenant des furanocoumarines[50].

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 [66].

- Différentes formes sont utilisées :

**-Solutions huileuses :** Il s'agit de diluer une ou plusieurs HE dans une huile végétale (HV) (telle que l'amande douce, le macadamia ou l'huile de germe de blé). La concentration maximale est de 20% m/m en fonction de la toxicité des HE [50].

**-Solutions aqueuses :** Ce type de préparation consiste à solubiliser une ou plusieurs HE dans de l'huile en présence d'émulsifiants (type Polysorbate® ou Ricinon®) et de les disperser ensuite dans la quantité d'eau souhaitée [50].

**-Lotions hydro-alcooliques :** Une solution hydro-alcoolique permet la dissolution des HE. Ces lotions augmentent le passage transcutané des HE et par conséquent, leur action systémique. Ce type de préparation ne doit pas être utilisé chez les enfants [50].

**-Crèmes (ou émulsions) :** Les crèmes sont des préparations liquides ou pâteuses obtenues en dispersant une phase hydrophile dans une phase lipophile (crème H/L) ou inversement, une phase lipophile dans une phase hydrophile (crème L/H). Afin d'assurer la stabilité de cette dispersion, un agent tensioactif (ou émulsifiant) y est ajouté [50].

**-Pommades :** Elles sont préparées avec des excipients gras occlusifs (type vaseline ou huile de paraffine) et des agents tensioactifs afin de favoriser la dispersion des HE [71].

**-Bains aromatiques :** Ils sont relativement efficaces car ils allient à la fois la voie cutanée et la voie olfactive. La chaleur de l'eau, en dilatant les pores de la peau, permet une meilleure diffusion des principes actifs au travers de l'épiderme. La vapeur d'eau chargée en HE qui se dégage lors du bain permet, elle, une véritable inhalation [66].

Les HE administrées par voie cutanée pourront être appliquées au niveau du plexus solaire, de la plante des pieds, des tempes ou encore au niveau des plis de flexion des poignets. La posologie exacte dépendra de chaque HE mais, en général, la concentration ne devra pas dépasser 20% m/m d'HE. Concernant les bains, environ 5 à 10 gouttes d'HE pourront y être dispersées [50] [70].

### **II. 11. 3 VOIE OLFACTIVE OU RESPIRATOIRE :**

L'HE pénètre dans les voies respiratoires, procurant un effet apaisant, ou au contraire stimulant selon les cas. Toutes les HE ne peuvent pas s'administrer de cette façon : certaines provoquent une irritation oculaire (HE de menthe poivrée), d'autres renferment une odeur désagréable (HE de lavande aspic). La voie olfactive s'utilise en diffusion ou en inhalation.

#### **A. Diffusion atmosphérique :**

La diffusion atmosphérique d'une HE permet d'assainir et de parfumer une pièce mais elle instaure également un climat de détente. L'activité antiseptique des essences d'agrumes constitue en effet un bon moyen de prévenir certaines infections comme la grippe ou le rhume. Cependant, certaines HE présentent une forte agressivité pour les muqueuses, comme les Origans ou les Sarriettes, riches en phénols. D'autres restent toxiques pour le système nerveux, notamment les HE de Menthe poivrée et de Gaulthérie. Toutes les HEs ne peuvent donc pas être utilisées en diffusion [72].

La diffusion convient particulièrement aux problèmes nerveux de type anxiété ou insomnie, à la purification d'une pièce et à l'élimination des insectes. En absence de diffuseur, laisser diffuser 4 à 5 gouttes dans une soucoupe ou dans un humidificateur à proximité d'un radiateur. Ne jamais laisser diffuser en continu dans une pièce close en présence d'enfants de moins de 10 ans (risque de convulsions) ou de personnes endormies. La durée d'une diffusion ne doit pas dépasser 10 minutes, à raison de fois par jour maximum [73].

#### **B. Inhalation :**

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

L'inhalation est surtout employée dans les cas suivants :

- Troubles ORL (nez, sinus, gorge, poumons) +++
- Troubles nerveux

Deux types d'utilisation :

##### **➤ Inhalation humide :**

L'inhalation humide s'utilise notamment pour le confort de voies aériennes supérieures. Cette voie est déconseillée pour les enfants de moins de 12 ans, ainsi qu'en cas d'asthme, de couperose et d'irritation du visage [74].

➤ **Inhalation sèche :**

Elle est plus facile d'utilisation. Elle consiste simplement à imprégner un mouchoir ou l'oreiller, de 2-3 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.

**C. Aérosolthérapie :**

Il existe deux appareils disponibles en pharmacie : les appareils à aérosols soniques pour traiter les sinus et les appareils à aérosols pneumatiques pour traiter les pathologies des voies respiratoires profondes (bronches et bronchioles). Ces appareils permettent d'émettre des fines gouttelettes de 1 à 3  $\mu\text{m}$  pour atteindre facilement les voies respiratoires profondes et ne pas dégrader les HE. Les HE sont dissous dans de l'alcool à 90° puis sont vaporisées durant 15 à 30 minutes deux fois par jour pendant 5 à 7 jours. Ce mode d'administration n'est jamais utilisé en conseil à l'officine pour les HE. Il peut être délivré sur prescription médicale [50] [66].

A propos de la posologie, en général, il est conseillé d'inhaler 5 à 10 gouttes d'HE dans de l'eau chaude pendant 5 à 10 minutes, 2 à 3 fois par jour.

En diffusion, il est recommandé de ne pas dépasser 1 heure par jour (10 minutes par heure au maximum). Les HEs ne doivent pas être diffusées en présence de jeunes enfants et il est conseillé d'attendre au moins 30 minutes avant de les faire entrer dans une pièce traitée [70].

**II . 11 . 4 VOIE AURICULAIRE :**

Une HE ne peut s'administrer que sur un tympan intègre, afin d'éviter tout risque d'ototoxicité. La plupart des HE ne s'appliquent jamais pures dans le conduit auriculaire. De plus, la concentration en HE doit rester infime. Les HE non toxiques et non irritantes sont à privilégier, à des concentrations inférieures à 2%. En revanche, l'application péri-auriculaire d'HE dévoile tous ses bienfaits pour le traitement d'une otite moyenne par exemple.

La voie auriculaire ne s'utilise que très rarement et avec de très nombreuses précautions chez l'enfant [75] [76].

**II . 11 . 5 VOIE RECTALE :**

Cette voie peut être utilisée chez les adultes et les enfants de plus de 30 mois car la muqueuse rectale possède une grande perméabilité et permet une absorption efficace et rapide (dans les 30 minutes qui suivent l'administration) des HEs. La muqueuse rectale étant très irritable, il

convient bien évidemment d'incorporer les HEs dans un excipient ou une forme galénique (type suppositoire ou microlavement) et non pas pures. Cette voie peut être une alternative à la voie orale lorsque le goût des HE dérange [50].

En revanche, l'HMPC (Committee on Herbal Medicinal Products) de l'EMA (European Medicines Agency) a estimé que le rapport bénéfice/risque des suppositoires contenant des dérivés terpéniques était insuffisant chez les enfants de moins de 30 mois ainsi que chez les personnes ayant des antécédents de convulsions. En effet, les suppositoires contenant des dérivés terpéniques peuvent provoquer, chez ces patients, des troubles neurologiques (convulsions) en raison de l'immaturation de leur système nerveux central qui entraîne une plus grande sensibilité à la toxicité neurologique. Par conséquent l'utilisation des suppositoires chez ce type de patient est contre-indiquée [240].

### **II . 11 . 6 VOIE VAGINALE :**

Cette voie reste peu utilisée pour l'administration des HEs, cependant, grâce à la perméabilité de la muqueuse vaginale, on peut administrer des HEs soit en irrigation soit grâce à des ovules ou des crèmes gynécologiques. Cette voie est surtout utilisée sur prescription médicale lors d'infections bactériennes ou mycosiques dont le traitement nécessite un contact prolongé des HE avec la muqueuse [50] [66].

Les HEs administrées par voie vaginale ne doivent pas agresser ni fragiliser la flore vaginale. Les ovules doivent impérativement être réalisés par un pharmacien. L'ovule de 3g à base de Witepsol dosé à 150mg d'HE présente une meilleure tolérance. Un rinçage sous l'eau froide permet l'élimination des traces d'HE en surface, avant l'introduction vaginale de l'ovule. Celui-ci se désagrège ensuite à la température du corps, libérant son ou ses principes actifs. La voie vaginale reste indispensable pour un contact interne prolongé entre la muqueuse et les HEs. Du fait de leur taille, les ovules préparés à l'officine ne s'administrent pas chez la petite fille [74] [76] [77].

Les HEs riches en dérivés phénoliques ne sont pas recommandées pour la voie vaginale, du fait de leur forte activité dermocaustique. De plus, l'utilisation d'HE cétoniques par voie vaginale reste contre indiquée chez la femme enceinte, en raison de leur possible passage systémique [72] [76].

## **II . 12 DOMAINES D'UTILISATION DES HUILES ESSENTIELLES :**

Les huiles essentielles présentent de multiples propriétés exploitables qui leur permettent de trouver des applications dans des domaines très variés. C'est par exemple le cas de l'huile essentielle de menthe poivrée (*Mentha piperita L.*) qui est utilisée comme agent de saveur par l'industrie cosmétique dans les dentifrices, mais aussi par l'agroalimentaire dans les liqueurs, chewing-gum, glaces et chocolats. En aromathérapie ce sont ses propriétés antalgiques, anesthésiques, toniques et stimulantes du système nerveux central ainsi que ses propriétés digestives qui sont recherchées. Quant à l'huile essentielle de basilic (*Ocimum basilicum L.*), elle est utilisée par l'industrie du parfum, dans l'agroalimentaire comme arôme pour sauces et condiments, et en médecine comme antispasmodique et régulateur du système nerveux [54].

Les huiles essentielles sont appliquées dans plusieurs domaines dans la vie quotidienne.

### **II . 12 . 1 EN PHARMACIE :**

Depuis des milliers d'années, l'homme utilise les huiles essentielles et plus généralement les plantes aromatiques pour se soigner. Aujourd'hui, les médecines dites naturelles rencontrent un succès grandissant auprès du public [54].

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 [146]. 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 [147] [148].

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 [147].

Ainsi que, les huiles essentielles peuvent également être de simples excipients dans d'autres médicaments et servir par exemple d'arôme pour masquer le goût d'un principe actif [119], comme agent de pénétration percutanée [149] ou encore comme source de précurseur d'hémisynthèse. C'est le cas des citrals qui servent à la production de la vitamine A [79].

Notons également que la médecine vétérinaire semble également s'intéresser de près aux huiles essentielles. Une nouvelle fois ce sont leurs propriétés antifongiques et antibactériennes qui sont exploitées, notamment depuis que l'utilisation des antibiotiques a été limitée dans les

élevages par l'union européenne en 2006. Ainsi on 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 [20] [80].

### **II . 12 . 2 EN DOMAINE DENTAIRE :**

L'aromathérapie est une branche de la phytothérapie qui utilise les HE pour traiter un certain nombre de maladies.

Le terme aromathérapie vient du chimiste Français René-Maurice Gattefosse, qui a utilisé l'HE de lavande pendant la première guerre mondiale pour soigner des blessures et des infections.

Selon lui, la lavande était plus appropriée pour traiter les infections que plusieurs antiseptiques utilisés à cette époque. Cette spécialité préoccupe de plus en plus des médecins et des pharmaciens qui ont publié un nombre important d'ouvrages d'aromathérapie [81].

Les HE sont largement utilisés pour traiter certaines maladies internes et externes (infections d'origine bactérienne ou virale, troubles humoraux ou nerveux). En médecine dentaire, plusieurs HE ont donné des résultats cliniques très satisfaisants dans la désinfection de la pulpe dentaire, ainsi que dans le traitement et la prévention des caries. La listerine qui est une solution constituée d'HE de thymol et d'eucalyptol possède une grande activité bactéricide sur les microorganismes de la salive et de la plaque dentaire [82].

### **II . 12 . 3 EN PARFUMERIE ET COSMÉTOLOGIE:**

Les HEs sont recherchées dans l'industrie des parfums et des cosmétiques en raison de leurs propriétés odoriférantes. L'industrie de la parfumerie consomme d'importants tonnages d'essences (60%) en particulier celles de rose, de jasmin, de violette, de verveine,...Les HEs sont aussi consommées en cosmétologie pour parfumer les produits cosmétiques : les dentifrices, les shampoings, les crèmes solaires, les rouges à lèvres, les savons, etc [83].

Les huiles essentielles, matières premières par excellence des parfumeurs, sont classées en fonction de leurs odeurs. Ainsi les huiles essentielles de citron, de bergamote ou encore de 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 20 fonds, la plus durable des trois, comportera plutôt des essences boisées ou épicées comme le santal ou la cannelle [84].

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 [241] [85].

#### **II . 12 . 4 EN INDUSTRIE ALIMENTAIRE :**

L'utilisation des huiles essentielles dans le domaine de l'agriculture est encore débutante mais est appelée à se développer. En effet, le contexte réglementaire actuel incite fortement à développer des produits phytosanitaires d'origine naturelle comme alternative aux moyens de lutte chimique. Les huiles essentielles sont actuellement testées sur différentes cibles : les insectes, les champignons, les bactéries, les adventices et également pour la conservation des semences.

Des produits à base d'huiles essentielles sont déjà commercialisés dans certains pays d'Europe. L'huile essentielle de clou de girofle (*Syzygium aromaticum L.*) est par exemple proposée pour lutter contre des maladies de conservation des pommes et des poires. La menthe verte (*Mentha spicata L.*) est utilisée pour inhiber la germination des pommes de terre. L'orange douce (*Citrus sinensis (L.) Osbeck*) est proposée contre de nombreuses maladies et insectes (mildiou, oïdium, rouille blanche, cicadelles, aleurodes...).

De nouveaux produits à base d'huiles essentielles tardent à arriver sur le marché en raison d'une réglementation complexe. En effet, leur autorisation est soumise à la réglementation des produits phytopharmaceutiques, nécessitant d'apporter la preuve de l'efficacité et de la non dangerosité du produit.

L'utilisation des huiles essentielles en agriculture biologique nécessite également leur inscription sur une liste dite « positive » de produits autorisés [86] [87].

#### **II . 13 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.

##### **II . 13 . 1 RÉGLEMENTATION ALGERIÉENNE :**

###### **II . 13 . 1 . 1 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 [145].

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» [145].

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 [88].

### **II . 13 . 1 . 2 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 [145].

### **II . 13 . 2 RÉGLEMENTATION 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 et/ou des préparations à base de drogue(s) végétale(s) » [89] [90].

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 sabine ect [89] [91].

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

Les HE étant des substances très actives, elles sont potentiellement toxiques et doivent être utilisées avec vigilance, toujours sur la base de connaissances fiables et suffisantes. Les molécules aromatiques ne présentent pas toutes le même degré de toxicité. En général, la toxicité d'une HE dépend de sa composition, de la dose unitaire et journalière ainsi que de la voie d'administration utilisée.

On distingue 2 types de toxicité [20] :

- **Toxicité aiguë** qui se manifeste peu de temps après l'introduction de l'HE dans l'organisme (en général quelques minutes après) ;

- **Toxicité à long terme** ou **toxicité chronique** survenant après plusieurs années d'utilisation. Cette toxicité est relativement mal connue. En effet, les effets indésirables survenant après plusieurs années d'utilisation sont rarement signalés en raison de la difficulté à établir le lien de causalité.

Sur un plan général, la toxicité des HE varie en fonction de leur composition, comme nous allons le détailler ci-dessous [23] [49].

### **II . 14 . 1 LA TOXICITÉ CUTANÉE :**

#### **II . 14 . 1 . 1 Irritation cutanée :**

L'irritation cutanée survient surtout chez les personnes ayant une peau sensible suite à l'application d'HE pure, riche en monoterpènes, en esters ou en aldéhydes terpéniques. Pour prévenir ce type d'irritation, il convient de diluer au préalable les HE à 30% pour une peau normale et à 10% pour une peau sensible [92].

#### **II . 14 . 1 . 2 Dermocausticité :**

Les HE riches en alcools aromatiques (*i.e* phénols) ou en aldéhydes terpéniques ou aromatiques sont dermocaustiques à l'état pur. Il convient donc d'éviter de les appliquer sur la peau ou sur les muqueuses et de ne jamais les utiliser pures mais diluées dans une HV comme

celle d'amande douce ou de noisette « 20% d'HECT (huile essentielle chémotypées) maximum + 80% d'HV » [92].

### **II . 14 . 1 . 3 Photosensibilisation :**

La photosensibilisation se caractérise par une augmentation de la sensibilité cutanée aux rayonnements solaires, notamment aux rayons ultraviolets, souvent due à une substance chimique ou médicamenteuse. Généralement, les symptômes commencent par une rougeur cutanée, puis surviennent les vésicules ou les bulles et enfin une brûlure [242].

Les HE contenant des furanocoumarines issues des plantes de la famille des *Rutaceae*, en particulier du genre *Citrus* (citron, orange, mandarine...), peuvent engendrer une photosensibilisation lors de leur usage externe, mais aussi à un degré moindre, si elles sont utilisées *per os*. Elles ne doivent par conséquent, jamais être utilisées avant une exposition solaire ni dans les 48 heures qui suivent l'application sous peine de brûlures parfois graves. Le risque de photosensibilisation ne doit pas être pris à la légère car répété et prolongé, il est susceptible de favoriser la carcinogénèse [92] [151].

### **II . 14 . 1 . 4 Risque allergique :**

Les lactones sesquiterpéniques, molécules présentes dans certaines HE (*e.g.* HE de matricaire et d'achillée millefeuille) sont responsables de phénomènes allergiques. Ce risque varie selon le terrain du patient. Les symptômes observés sont généralement des gonflements, des rougeurs ou des sensations de brûlures [49].

L'HE de tea-tree (*Melaleuca alternifolia*), de lavande officinale (*Lavandula angustifolia ssp angustifolia*) ou encore de laurier noble (*Laurus nobilis*) sont réputées allergisantes. Pour les patients au terrain allergique, il est recommandé de tester l'HE en appliquant quelques gouttes au pli du coude pour observer ou non l'apparition d'une réaction sur la peau. Si tel est le cas, l'utilisation de l'HE sera à proscrire. De plus, quelques HE comme celle de lavande aspic ou de mélisse, utilisées pour combattre les réactions prurigineuses d'origine allergique, peuvent, après un usage trop prolongé, induire des réactions allergiques chez un patient hypersensible[49].

D'après la directive 2003/15/CE transposée dans le contrat de sécurisation professionnelle (CSP), 26 substances sont soumises à une obligation d'étiquetage en raison de leur potentiel allergisant. Parmi ces substances, on peut citer :

- L'eugénol (clou de girofle) ;
- L'alcool cinnamique (styrax – benjoins) ;

- L'aldéhyde cinnamique (cannellier) ;
- Le linalol (coriandre, lavande) ;
- Le benzoate de benzyle (ylang-ylang) ;
- Le farnésol (rose) ;
- Le limonène (*Citrus*) ;
- Le citronellol et le geraniol (géranium, *Cymbopogon*).

Cette mesure ne vise pas à interdire ces substances mais simplement à avertir le patient de leur présence dans le produit. Ainsi, les patients qui se savent allergiques peuvent identifier la présence de ces substances dans le produit et donc éviter son utilisation [243].

### **II . 14 . 2 TOXICITÉ RESPIRATOIRE :**

Les HE aux propriétés irritantes ne doivent pas être utilisées par voie respiratoire (inhalation, diffusion atmosphérique) chez les personnes asthmatiques. Parmi les HE irritantes, on peut citer :

- Les HE à phénols (thymol, carvacrol, eugénol) : HE de thym, serpolet, sariette des montagnes, giroflier ;
- L'HE de pin (térébenthine) ;
- Les HE contenant du 1,8-cinéole : HE d'eucalyptus et autres *Myrtaceae* (niaouli, cajepout).

L'HE de menthe poivrée contenant du menthol, peut provoquer un bronchospasme chez l'enfant de moins de 7 ans en application sur les muqueuses nasales. Par conséquent, elle est contre-indiquée chez l'enfant de moins de 7 ans ainsi que chez les patients asthmatiques [20].

### **II . 14 . 3 NÉPHROTOXICITÉ :**

Les HEs riches en monoterpènes (surtout pinène et camphène), lorsqu'elles sont utilisées à long terme, sont susceptibles d'enflammer et d'abîmer les néphrons (*e.g.* HE de cyprès ou de genévrier). Elles seront donc contre-indiquées chez l'insuffisant rénal et de façon plus général, chez la personne âgée [93].

### **II . 14 . 4 HÉPATOTOXICITÉ :**

Les HEs à phénols (*Thymus* à thymol ou à carvacrol, *Cinnamomun zeylanicum*, *Origanum compactum* ou *vulgare*) présentent une hépatotoxicité lorsqu'elles sont administrées sur de longues périodes et des doses élevées [22].

### **II . 14 . 5 NEUROTOXICITÉ :**

Le système nerveux représente une cible pour les HE contenant des cétones et/ou des lactones. La neurotoxicité des cétones s'explique par leur forte affinité pour les lipides. En effet, les molécules neurotoxiques seraient capable de traverser la barrière hémato-encéphalique avant d'exercer leur action lipolytique sur les gaines de myéline entourant les neurones, provoquant ainsi un dysfonctionnement électrique avec excitation, puis dépression neuronale pouvant aller jusqu'au coma. D'autre part, certaines d'entre elles présentent un risque abortif c'est-à-dire qu'elles peuvent provoquer une fausse couche chez la femme enceinte ou altérer la croissance neuronale du fœtus par passage de la barrière placentaire. Concernant les HE d'Armoise, de Persil, d'Hysope officinal ou encore de Thuya, le risque de convulsions apparaît pour des doses allant de 35 à 70 gouttes d'HE prises en une seule fois pour un adulte. La majorité de ces HE restent donc contre indiquées en cas de grossesse, allaitement, épilepsie ainsi que chez l'enfant de moins de 7 ans [94].

### **II . 14 . 6 TÉRATOGENICITÉ ET RISQUE ABORTIF :**

L'acétate de sabinyle retrouvé dans l'HE de sauge d'Espagne (*Salvia lavandulifolia*) a été identifié comme tératogène *in vivo* chez le rat [20].

Les HEs riches en cétones, et plus particulièrement en thuyone, sont neurotoxiques et abortives. Elles ne doivent pas être administrées chez la femme enceinte ou allaitante ni chez les sujets neurologiquement fragiles (épileptiques, personnes âgées et jeunes enfants) [23].

### **II . 14 . 7 TOXICITÉ CARDIOVASCULAIRE :**

Certaines molécules aromatiques agissent sur le système cardiovasculaire. Ainsi l'eugénol, le thymol et le carvacrol exercent un blocage au niveau des canaux calciques de cellules cardiaques humaines. Selon la même étude, la quantité de ces composés que l'on peut retrouver dans un unique flacon de divers bains de bouche, serait capable de provoquer une arythmie voire même un arrêt cardiaque [152].

De plus, le thymol et le carvacrol ont montré une action hypotensive chez des rats normotendus.

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 quinidine [153].

Le cinnamaldéhyde contenu dans l'HE d'écorce de cannelle a lui aussi montré un effet hypotenseur en agissant sur les canaux calciques des cellules musculaires lisses vasculaires. Bien d'autres molécules exercent la même action hypotensive, dans l'ordre décroissant d'effet on peut citer : le linalol, citronnellol, nérol, géraniol,  $\alpha$ -terpinéol et 1,8-cinéole [154].

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 [155].

L'huile essentielle d'oignon aurait elle aussi le même effet avec une efficacité supérieure. Le cinnamaldéhyde quant à lui agirait à la fois comme antiagrégant et anticoagulant [156].

#### **II . 14 . 8 HÉMATOTOXICITÉ :**

Une étude expérimentale a montré que certaines huiles essentielles à phénols pourraient entraîner la lyse des érythrocytes [157].

#### **II . 15 PRECAUTIONS D'EMPLOI DES HUILES ESSENTIELLES :**

Compte tenu des risques exposés ci-dessus, avant toute utilisation d'HE, il est préférable de demander conseil à un professionnel de santé compétent.

-Par précaution, il est recommandé de ne pas utiliser d'HE chez la femme enceinte (les HE sont contre-indiquées dans les 3 premiers mois de grossesse) ou allaitante de même que chez les sujets épileptiques ou asthmatiques.

-En cas de peau sensible, il est recommandé de faire un test de tolérance cutanée. Ce test consiste à appliquer une à deux gouttes d'HE pure au niveau du pli du coude avant toute utilisation d'HE. Aucune irritation ne doit apparaître dans le quart d'heure suivant l'application.

-Elles ne doivent pas non plus être injectées (pure ou en complexe) par voie intraveineuse ou intramusculaire.

-L'HE de menthe poivrée ne doit jamais être utilisée chez les enfants de moins de 30 mois en raison du risque de spasme laryngé. Cette HE ne doit pas non plus être appliquée sur une grande surface chez l'adulte car elle provoque une sensation glacée ainsi qu'une vasoconstriction.

-Il est important de se laver les mains à l'eau et au savon après une application d'HE.

- 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.
- 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 HV 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 HV ou à l'aide d'un coton imprégné d'HV.
- Certaines HE sont phototoxiques (le citron, le pamplemousse, la bergamote ou encore l'angélique) et ne doivent par conséquent jamais être utilisées sur la peau en cas d'exposition au soleil. En cas d'application d'une de ces HE, il est recommandé d'attendre au moins 24 heures avant l'exposition.
- Ne jamais laisser les flacons d'HE à la portée des enfants et ne jamais retirer le compte-goutte du flacon d'HE [49] [50] [92].
- Certaines huiles essentielles pures sont dermocaustiques, comme l'huile essentielle de thym vulgaire. Il faudra donc les diluer dans une huile végétale (amande douce, olive...).
- Il faut toujours respecter les voies d'absorption indiquées ainsi que la posologie.
- Il ne faut jamais appliquer d'huile essentielle pure sur les yeux, le nez, le conduit auditif, les muqueuses ano-génitales. Il existe des exceptions avec l'huile essentielle de Géranium bourbon utilisée dans les saignements de nez ou par exemple, l'huile essentielle de Giroflier utilisée pour soigner les aphtes.
- 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.
- L'usage des huiles essentielles doit être très prudent chez les enfants de moins de 12 ans [89] [95].

## II . 16 PROPRIÉTÉS PHARMACOLOGIQUES GÉNÉRALES DES HUILES ESSENTIELLES :

Les HEs possèdent différentes propriétés pharmacologiques et agissent sur de nombreuses cibles de l'organisme. Notons que l'éventail des propriétés qui leur sont attribuées est très large mais pas toujours expérimentalement démontré.

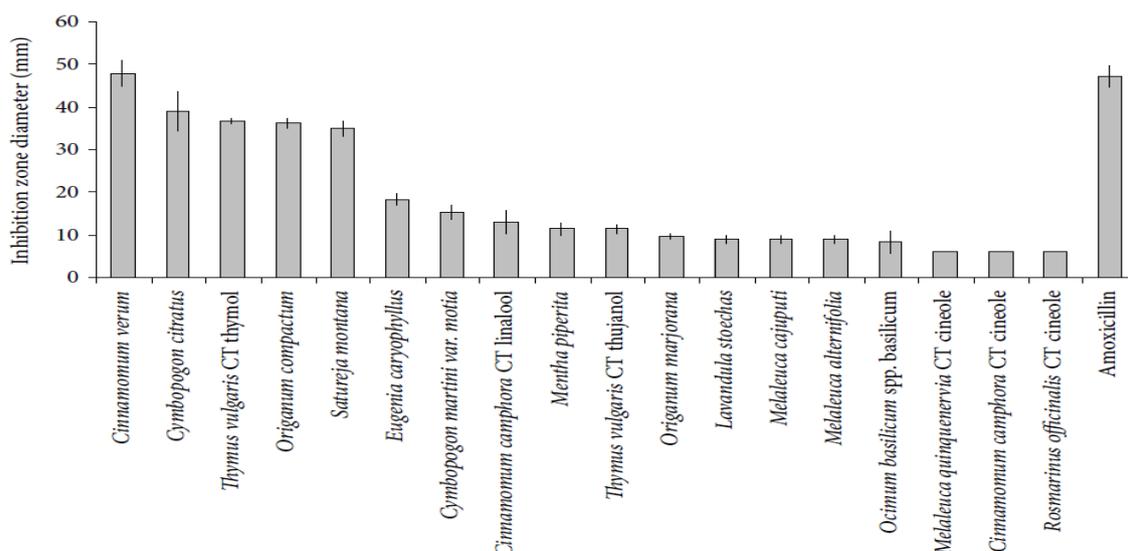
### II . 16 . 1 ACTIVITÉS ANTI-INFECTIONNEUSES :

Les HEs sont utilisées depuis des milliers d'années pour leurs propriétés anti-infectieuses. L'utilisation des HE lors de l'embaumement par les Egyptiens montre que ce savoir est ancestral. Les HE sont des armes d'une grande efficacité à l'encontre des bactéries, des champignons microscopiques, des virus et des parasites.

#### II . 16 . 1 . 1 Activité antibactérienne :

Les HE possèdent, *in vitro*, une activité antibactérienne puissante, y compris sur les souches habituellement antibio-résistantes. Le mode d'action n'est pas clairement élucidé mais il semblerait que de par leurs hydrophobicités, les HE puissent se solubiliser dans les membranes et ainsi altérer la structure et la fonctionnalité membranaires des bactéries [20].

Sfeir *et al.* (2013) ont évalué *in vitro* l'activité antibactérienne de 18 HEs à l'encontre de *Streptococcus pyogenes* en utilisant la méthode de diffusion sur disques. Sur les 18 HE testées, 14 ont montré une activité antibactérienne à l'encontre de *Streptococcus pyogenes* (**figure 26**) et en particulier *Cinnamomun verum*, *Thymus vulgaris CT thymol*, *origanum compactum* et *Satureja montana* [143].



**Figure 26: Résultats des aromagrammes et classement des HE testées en fonction des diamètres d'inhibition de *Streptococcus pugenes* induits [143].**

Andrade-Ochoa *et al.* (2015) ont évalué *in vitro* l'activité antibactérienne de plusieurs molécules entrant dans la composition des HEs à l'encontre de *Mycobacterium tuberculosis*. Toutes les molécules testées ont montré une activité antibactérienne contre *Mycobacterium tuberculosis*. Le carvacrol, le thymol et l'acide cinnamique ont été les molécules les plus actives [46].

Lopez-Romero *et al.* (2015) ont quant à eux démontré l'activité antibactérienne *in vitro* de plusieurs composants (carvéol, carvone, citronellol et citronellal) à l'encontre d'*Escherichia coli* et de *Staphylococcus aureus* [96].

**Tableau 3: Représentation de la concentration minimal inhibitrice et la concentration minimal bactéricide de plusieurs composants entrant dans la composition des HE à l'encontre d'*E. coli* et de *S. aureus*.**

HEs	MIC (µg/ml)		MBC (µg/ml)	
	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>
Carvéol	200	2000	1500	2500
Carvone	200	NA	1500	NA
Citronellol	5	375	15	400
Citronellal	300	400	500	800

NA : no activity (MIC/MBC > 3000 µg/ml)

### **II . 16 . 1 . 2 Activité antifongique :**

Elles agissent à différents niveaux :

- ✓ Sur la paroi ;
- ✓ Sur la membrane ;
- ✓ Sur la synthèse des acides nucléiques ;
- ✓ Sur la synthèse des stérols [244] ;

Certaines huiles essentielles altèrent la perméabilité cellulaire en s'incorporant entre les chaînes grasses acyles constitutives des bicouches lipidiques membranaires et en inhibant la synthèse d'ergostérol, perturbant ainsi la fluidité de la membrane plasmique et conduisant à des altérations et des déformations empêchant l'adhésion des champignons aux muqueuses réduisant ainsi leur virulence et leur contagiosité [97].

Les groupes moléculaires cités en priorité pour leur action antibactérienne se révèlent également actifs sur les champignons. Néanmoins, le traitement sera de plus longue durée [58].

L'activité antifongique est estimée selon la durée d'inhibition de la croissance du champignon déterminée par simple observation macroscopique, elle décroît selon le type de fonction chimique : **Phénols > Alcools > Aldéhydes > Cétones > Ethers > Hydrocarbures** [99].

Les HE de cannelle, clou de girofle ou Niaouli par exemples sont des antifongiques [100].

### **II . 16 . 1 . 3 Activité antivirale :**

La plupart des virus sont sensibles aux HE à phénol. Ces derniers sont très puissants mais également dermocaustiques, les HE les contenant devront donc être utilisées avec précaution.

Etant lipophiles, les HE peuvent pénétrer dans l'enveloppe des virus et sont donc plus actives sur les virus enveloppés comme le HSV 1 et 2 (Herpès). Plusieurs HEs possèdent des propriétés antivirales. On peut citer par exemple, l'HE de ravintsara, l'HE de cannelle de Ceylan ou encore l'HE de bois de Hô riches en aldéhyde cinnamique et linalol respectivement [20] [29].

Sydney *et al.* (2014) ont également suggéré que l'HE d'*Ocimum basilicum* (basilic) ainsi que différentes molécules retrouvées dans les HEs (camphre, thymol et 1,8-cinéole) pouvaient avoir une activité antivirale à l'encontre du virus de la diarrhée bovine [142].

Astani *et al.* (2011) ont quant à eux étudié et suggéré une action antivirale potentielle de l'HE d'anis étoilé contre l'herpès virus simplex de type 1 (HSV-1) ainsi que celle de l'eugénol, du

trans-anéthol, du  $\beta$ -caryophyllène et d'autres molécules retrouvées dans la composition des HE [158].

#### **II . 16 . 1 . 4 Activité antiparasitaire :**

Les HE à phénols et à alcools terpéniques possèdent, une action puissante contre les parasites. Les cétones ont également une activité antiparasitaire mais leur utilisation est plus limitée en raison de leurs neurotoxicités [20] [29].

Certains oxydes, comme l'ascaridole, sont également très spécifiques de la lutte antiparasitaire, et constituent de bons anthelminthiques [101].

Le thym à linalol, la sarriette des montagnes ont d'excellentes huiles essentielles antiparasitaires [102].

#### **II . 16 . 2 PROPRIÉTÉS SPASMOLYTIQUES ET APAISANTES :**

##### **II . 16 . 2 . 1 Propriétés spasmolytiques :**

De nombreuses HEs, comme par exemple la menthe poivrée ou le basilic exotique, sont réputées efficaces dans le soulagement des spasmes gastro-intestinaux. Cette propriété est en partie liée à leur effet carminatif qui entraîne une toxicité sur les bactéries du côlon. Cette toxicité contribue à diminuer la production gazeuse des bactéries et ainsi elle favorise le soulagement des douleurs gastro-intestinales. Un certain nombre d'HE (menthe, thym, mélisse, girofle, basilic) ont exercé, une action spasmolytique importante sur l'iléon isolé de cobaye (ou cochon d'Inde) ainsi que sur la trachée du même animal. Il semblerait que cette activité soit liée à une inhibition de l'entrée du calcium dans les cellules entraînant une relaxation des fibres musculaires [20].

##### **II . 16 . 2 . 2 Propriétés apaisantes :**

De plus en plus de patients utilisent l'aromathérapie pour ses propriétés apaisantes. Les aldéhydes monoterpéniques de type citrals présents dans la verveine citronnée ou la mélisse officinale favorisent la détente et le sommeil [34].

### **II . 16 . 2 . 3 Propriétés irritantes :**

Les HE administrées par voie orale sont irritantes à différents niveaux. Certaines, comme par exemple l'HE d'eucalyptus ou de niaouli, stimulent les cellules productrices de mucus et augmentent les mouvements ciliaires au niveau de l'arbre bronchique. D'autres, comme par exemple l'HE de genévrier, augmentent l'élimination rénale de l'eau par un effet irritant local direct. Administrées par voie cutanée, les HE provoquent une augmentation de la microcirculation sanguine, une rubéfaction importante, une sensation de chaleur et parfois même, une légère anesthésie locale. De nos jours, ces propriétés sont utilisées dans de nombreux gels, crèmes ou pommades pour soulager les douleurs musculaires, tendino-ligamentaires, les courbatures et même les entorses [20].

### **II . 16 . 3 PROPRIÉTÉS DIGESTIVES :**

Certaines HEs, comme le cumin ou encore le fenouil, attisent l'appétit et améliorent la digestion. D'autres comme la menthe ou le carvi stimulent les voies biliaires du fait de leurs actions cholagogues et cholérétiques. Ces HEs soulageront parfaitement les troubles dyspeptiques. Les HEs riches en phtalides interviennent dans le cycle de détoxification hépatorenal. De plus, les HEs de romarin ABV et de carotte sont de véritables hépatoprotecteurs[103][104].

### **II . 16 . 4 PROPRIÉTÉS CIRCULAIRES ET CARDIOVASCULAIRES :**

Les HE de gaulthérie, de bouleau ou encore de cannelle possèdent une action rubéfiante, c'est-à-dire que leur application cutanée provoque un rougissement de la peau et un afflux de chaleur. Cette propriété s'applique particulièrement dans le domaine de la rhumatologie pour soulager un lumbago ou une sciatique. Les HE de cyprès et de lentisque pistachier provoquent, quant à elles, une vasoconstriction veineuse et lymphatique, stimulant ainsi la circulation sanguine. Cependant, ces propriétés sont peu ou pas recherchées pour une utilisation chez l'enfant. La présence de coumarines dans une HE témoigne d'une activité anticoagulante : ces HE aident ainsi à fluidifier le sang et peuvent interférer avec certains traitements. Les coumarines, ainsi que les aldéhydes, induisent une hypotension : ils peuvent parfois retarder le recours aux médicaments antihypertenseurs. L'HE d'hélichryse lutte brillamment contre les hématomes en prévenant leur apparition ou favorisant leur résorption, par un mécanisme de chélation de la fibrine. Les propriétés hémostatiques du ciste et du géranium dévoilent tous leurs atouts lors d'une épistaxis ou d'une plaie ouverte et peu étendue [104].

## **II . 16 . 5 PROPRIÉTÉS DERMATOLOGIQUES :**

De nombreuses HE détiennent des propriétés cicatrisantes : les HE d'hélichryse, de lavande ou encore de carotte régénèrent durablement les tissus cellulaires et induisent la cicatrisation des plaies les plus difficiles. D'autres HE, adoucissantes, astringentes et hydratantes, divulguent tous leurs bienfaits pour les peaux acnéiques et grasses. Les HE de lavande officinale et d'eucalyptus citronné apaisent avec succès les démangeaisons dues aux piqures d'insectes, d'orties, de méduses... L'action lipolytique du citron et du lemongrass permet de lutter contre la cellulite par dissolution des graisses [103] [104].

## **II . 16 . 6 PROPRIÉTÉS ANTALGIQUE, ANALGESIQUE, ANTI-INFLAMMATOIRE :**

La plupart des HES disposent d'une activité analgésique : elles réduisent la sensibilité à la douleur. Ainsi, l'HE de clou de girofle devient incontournable pour soigner les affections dentaires lorsque les médicaments antalgiques ne parviennent pas à endormir correctement les douleurs. Le menthol présente un intérêt remarquable pour soulager les algies céphaliques. L'HE de Sarriette, quant à elle, apaise les douleurs musculaires et articulaires.

L'activité anti-inflammatoire des HES est également exploitée pour la prévention et le traitement de certaines pathologies inflammatoires comme l'arthrose, la tendinite ou encore certaines réactions allergiques. Le chamazulène de la matricaire et le dihydrochamazulène possèdent quant à eux une activité antihistaminique particulièrement adaptée au traitement de certains troubles allergiques comme l'asthme [105].

Les HE riches en esters ou en éthers renferment une action antispasmodique : elles calment les spasmes nerveux. Les éthers agissent sur les muscles striés tandis que les esters agissent sur le système nerveux. Les esters et les éthers favorisent également la détente et le sommeil. Cette action sédative et anxiolytique se retrouve dans les alcaloïdes terpéniques de l'Angélique ou encore dans les composés azotés de la Mandarine [103] [104].

## **II . 16 . 7 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 [65].

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 anti-inflammatoires non stéroïdiens (AINS) standards [159].

Pour les douleurs modérées à intenses l'HE de fenouil à 2% est comparable à l'acide méfénamique [85].

## **II . 16 . 8 DRAINANTES RESPIRATOIRES :**

- Expectorantes : les HE riches en oxydes (1, 8 cineole) comme l'HE d'*Eucalyptus globulus* agissent sur les glandes bronchiques et sur les cils de la muqueuse bronchique [102].

- Fluidifiantes : les HE possédant des cétones (comme la verbenone de l'HE du Romarin) ont une action mucolytique en dissolvant les sécrétions accumulées au niveau de la muqueuse [102].

## **II . 16 . 9 ENDOCRINO-RÉGULATRICES :**

Certaines HE ont la capacité de réguler l'ensemble des glandes endocriniennes de l'organisme : l'HE de myrrhe atténue une hyperthyroïdie en freinant l'activité de la thyroïde [106].

## **II . 17 INTERACTIONS MÉDICAMENTEUSES :**

Malheureusement, il n'y a pas beaucoup d'études sur la façon dont les huiles essentielles peuvent interagir avec différents médicaments. Mais parce qu'ils contiennent des concentrations élevées de composés actifs qui sont métabolisés par le corps lorsqu'ils sont ingérés ou appliqués par voie topique, il existe une possibilité très réelle d'interactions médicamenteuses dangereuses [245].

### **II . 17 . 1 INTERFÉRENCES AVEC LA CHIRURGIE :**

Pour les patients qui ont besoin d'une intervention chirurgicale, certaines huiles essentielles peuvent augmenter le risque de complications pendant et après leur procédure de diverses manières. De nombreuses huiles courantes ont des propriétés anticoagulantes et peuvent donc augmenter le risque de saignement. D'autres huiles ont des propriétés sédatives et peuvent donc être dangereuses lorsqu'elles sont combinées avec une anesthésie. Il existe également certaines huiles qui peuvent inclure des substances qui interagissent négativement avec les analgésiques postopératoires. Parce qu'il y a très peu de recherches pour spécifier quelles

variétés d'huiles pourraient poser un risque élevé de complications chirurgicales, il est dans l'intérêt du patient qu'ils arrêtent l'utilisation de toutes les huiles essentielles au moins une semaine avant toute chirurgie planifiée, y compris celles qui sont utilisées aromatiquement [245].

### **II . 17 . 2 ANTICOAGULANTS :**

Comme mentionné, quelques huiles ont des propriétés éclaircissantes de sang ainsi les patients qui prennent régulièrement des anticoagulants tels que l'aspirine, l'héparine, la warfarine, etc., et les patients avec des troubles de saignement, l'hémophilie et les patientes enceintes qui approchent de l'accouchement devraient éviter d'utiliser des huiles qui contiennent des coumarines comme l'angélique, le bouleau, la cannelle, le clou de girofle, le sapin, l'hélichrysum, le laurus nobilis, la muscade, l'origan et le wintergreen. L'eugénol, que l'on trouve dans le clou de girofle, le thym et l'origan, devrait également être évité par les patients qui prennent des anticoagulants [245].

### **II . 17 . 3 SÉDATIFS :**

Lorsqu'elles sont utilisées seules, la lavande et l'huile de néroli sont d'excellentes options pour réduire l'anxiété et favoriser le sommeil et la relaxation. Mais parce qu'ils ont tous deux de légères propriétés sédatives, il est préférable que les patients ne les combinent pas avec d'autres médicaments qui produisent des réactions similaires. Les sédatifs traditionnels peuvent également être métabolisés beaucoup plus rapidement lorsqu'ils sont utilisés avec du romarin, de l'eucalyptus, du ravintsara et du laurier; les patients ne doivent donc pas utiliser ces huiles avec des médicaments qui ont également des propriétés sédatives [245].

### **II . 17 . 4 MÉDICAMENTS AFFECTÉS PAR LES AGRUMES :**

Les furanocoumarines, un type de composés chimiques présents dans certains agrumes, peuvent être un inhibiteur majeur de plusieurs médicaments d'ordonnance courants en raison de la présence de 6,7-dihydroxybergamottine (DHB) et de bergamotétine. Bien que seules de petites quantités de ces constituants puissent être trouvées dans l'huile de pamplemousse, l'huile de citron et d'autres huiles essentielles dérivées d'agrumes, il existe toujours un potentiel d'interactions lorsqu'elles sont utilisées par les patients sous des médicaments tels que les statines, les antihistaminiques, les antitussifs, les benzodiazépines et les hypnotiques, les médicaments contre la dysfonction érectile, les inhibiteurs de la protéase du virus de l'immunodéficience humaine (VIH), les immunosuppresseurs et certaines hormones (y compris les pilules contraceptives hormonales). Il est préférable pour les patients sous l'un de

ces médicaments d'éviter complètement les huiles de pamplemousse et de citron pour éviter la possibilité d'interactions nocives [245].

### **II . 17 . 5 ANTIDÉPRESSEURS ET ANTIPSYCHOTIQUES :**

Les patients qui prennent des inhibiteurs de la monoamine-oxydase (IMAO), des inhibiteur sélectif de la recapture de la sérotonine (ISRS) et des antidépresseurs bupropion doivent faire preuve d'une extrême prudence avec les huiles essentielles, car il y en a beaucoup qui peuvent interagir négativement avec les médicaments. Les patients sous IMAO et ISRS doivent éviter les huiles contenant du clou de girofle ou de la noix de muscade, car celles-ci peuvent augmenter leur risque de changements possibles de la pression artérielle, de tremblements et de confusion. Ils doivent également rester à l'écart du basilic sacré, de la baie, de la tanaïsie bleue, de la feuille de cannelle, de la mélisse, de la palmarosa et des graines de persil. Les patients sous antidépresseurs bupropion ne doivent pas utiliser de citronnelle, de myrte au miel, de mélisse, de palmarosa, de myrte citronné et de tanaïsie bleue. Les huiles contenant du farnèsène et des constituants alpha-bisabolol tels que la camomille allemande, la tanaïsie bleue, le peuplier baumier et l'achillée millefeuille doivent être évitées par les patients prenant tout type d'antidépresseur ou d'antipsychotique, car ils peuvent renforcer les effets de ces médicaments [245].

### **II . 17 . 6 ANTIDIABÉTIQUES :**

Les patients diabétiques doivent être extrêmement prudents lors de l'utilisation d'huiles essentielles. Certaines huiles peuvent influencer la glycémie. Les huiles essentielles contenant de l'anis, de l'anis étoilé, de la cassia, de la cannelle, de l'aneth, du fenouil, du géranium, de la citronnelle, du may chang, de la mélisse, du myrte citronné, de l'origan, de la sarriette et du curcuma sont à éviter chez les patients diabétiques [245].

### **II . 17 . 7 INTERFÉRENCES AVEC LES TRAITEMENTS DU CANCER :**

L'aromathérapie peut être très efficace pour aider à gérer l'agitation, l'anxiété et le stress associés au traitement conventionnel du cancer, mais il existe également des interactions potentielles entre certaines huiles et les thérapies anticancéreuses. Par exemple, dans des études animales et de laboratoire, certaines huiles essentielles utilisées à des doses incorrectes ou à une concentration trop élevée se sont avérées contribuer au développement de la tumeur. De plus, certaines huiles essentielles peuvent entrer en concurrence avec les sites récepteurs cellulaires utilisés en chimiothérapie, y compris les aromathérapies. Les patients atteints de

cancer devraient consulter leur oncologue pour savoir quelles huiles essentielles peuvent aider à compléter leur traitement ainsi que celles qui devraient être évitées. Parce qu'elles produisent de vraies réactions biochimiques dans le corps, les huiles essentielles peuvent être très efficaces pour traiter une variété de conditions. Pour la plupart des gens, ils sont généralement sûrs lorsqu'ils sont utilisés de manière appropriée, mais pour les patients prenant d'autres médicaments, il existe un risque réel d'interaction. Même si une dose est relativement faible, des traces de médicaments sur ordonnance mélangés à des huiles essentielles peuvent provoquer des interactions puissantes, en particulier avec ceux qui produisent les mêmes effets ou des effets similaires. Donc, même s'ils sont d'origine naturelle, il n'est pas toujours sûr pour un patient sur ordonnance d'utiliser des huiles essentielles simultanément [245].

## CHAPITRE III : GÉNÉRALITÉS SUR LE FAUX POIVRIER « *Schinus molle* »

### III.1 PRÉSENTATION DE LA FAMILLE DES ANACARDIACÉES :

#### III.1.1 GÉNÉRALITÉS SUR LES ANACARDIACÉES :

Dans la classification botanique, la famille des anacardiaceae appelée aussi térébinthacées, constitue une importante famille de plantes angiospermes dicotylédones. Habitent les contrées chaudes et tempérées du globe [107].

La famille des anacardiaceae est composée de 60 genres et 600 espèces selon

**KOKWARO (1986) et GUYOT, (1992)**. D'autre part, **MABBERLEY (1987)** a cité 73 genres et 850 espèces, avec le genre *Rhus* renferme 100 espèces, 82 genres et plus de 700 espèces trouvés par **PELL (2004)**.

#### III.1.2 DESCRIPTION BOTANIQUE DES ANACARDIACEAE :

La famille des Anacardiaceae regroupent des arbres, arbustes, lianes ou rarement des herbes pérennes à canaux de résine verticales dans l'écorce et le feuillage, parfois du suc laiteux[107].

Ce sont des espèces hermaphrodites, polygamo-dioïques ou dioïques [160].

##### **a. Appareil végétal :**

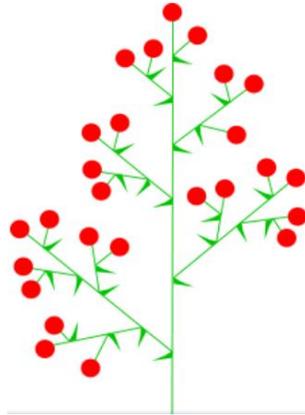
- **Feuilles:** Les feuilles sont spiralées, rarement opposées ou verticillées, pennées ou trifoliées, moins souvent simples [107].

Selon Pell (2004), les feuilles sont généralement alternes mais peuvent être composées simples ou pennées ou rarement bi-pennées comme c'est le cas chez *Spondias bipinnata*[161].

##### **b. Appareil reproducteur :**

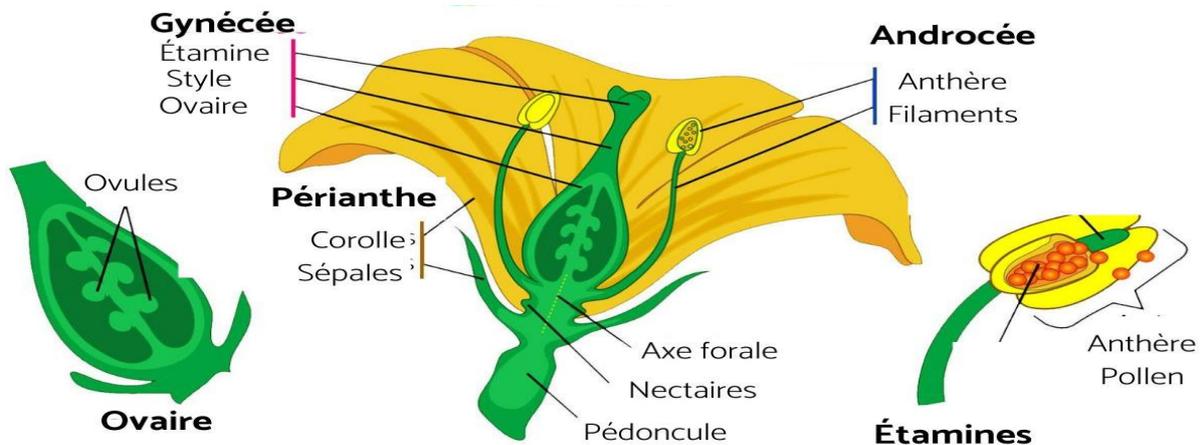
- **Inflorescences:** Les inflorescences terminales ou axillaires sont rarement bisexuelles ou habituellement unisexuées, régulières (souvent avec des pièces sans fonction chez l'autre sexe), en thyrsoides ou panicules terminales ou axillaires à bractées florales sous-

tendantes petites, ou parfois grandes, membraneuses et fusionnées à pédoncule (Dobinea) [107]. (**Figure 27**)



**Figure 27: Inflorescence paniculé [162].**

- **Fleurs:** Les fleurs ne sont généralement pas très visibles, actinomorphes, 3-5-mères, bisexuelles à unisexuées, réceptacle parfois allongé en forme de tonneau (Mangifera) [160]. (**Figure 28**).



**Figure 28: Fleur des anacardiées [160].**

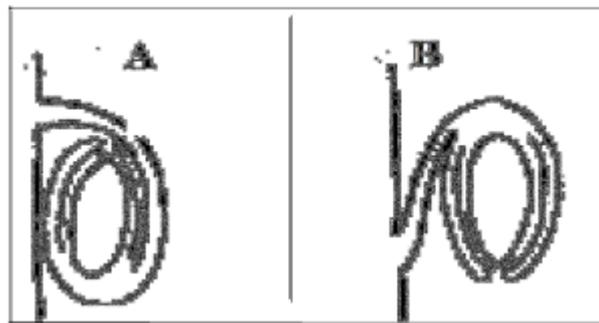
\***Le périanthe** : est généralement double (unique chez Pistacia ou manquant de fleurs femelles chez Dobinea); sépales fusionnés à la base et lobés (bractée chez Pistacia), imbriqués ou valvaires dans le bourgeon, caduques ou persistants. Les pétales sont libres ou adnés à la base à réceptacle prolongé, imbriqués ou valvaires, à feuilles caduques à persistantes.

\**Les étamines* : sont insérées en 1 ou 2 verticilles, 1 chez (*Anacardium*, *Mangifera*), plusieurs ou tous fertiles; filaments grêles, parfois connés à la base (*Anacardium*); anthères ovoïdes ou oblongues, introrses, dorsi ou basifixes, à déhiscence longitudinale, biloculaire avec 4 sacs de pollen [160].

\**Les taxons* : possèdent un disque nectarifère intra-staminal et des ovules apotropes pendants qui sont apicalement, latéralement ou basalement attachés [161].

Selon Tianlu et Barfod (2008), le disque peut être extra-staminal, charnu, crénelé, en forme de stipe, rond, plat ou subcupulaire.

\**L'ovaire* : est supère, parfois infère (*Pegia* et *Semecarpus*) ou semi-infère, soit (a) un carpelle uniloculaire, (b) syncarpe de 2-5 loculaires (rarement plus), (c) apocarpe de 4-6 carpelles (*Buchanania*), ou (d) 5 carpelles incomplètement connés (*Dracontomelon*); stigmates 1-5 (rarement plus), plus ou moins distincts, chaque loge avec un ovule apotrope, généralement avec un carpelle développant à maturité [160] (**Figure 29**).

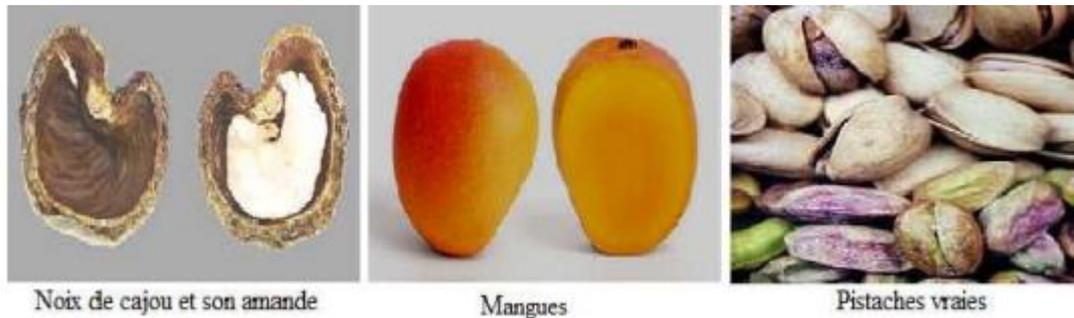


**Figure 29: Ovules apotropes chez les Anacardiaceae. A: Ovule apotrope pendant à raphé dorsal, B: Ovule apotrope à raphé ventral**

**(Redessiné et modifié par Geesink et al., 1981).**

- **Fruits:** Les Anacardiaceae présentent aussi une diversité morphologique des fruits (**Figure 30**). Ces derniers sont des drupes sèches et indéhiscentes (*Dobinea*), parfois portés sur un hypocarpe charnu élargi formé par une pédicelle et un réceptacle (*Anacardium* et *Semecarpus*) ou fusionnés à accrescents membraneux sous-tendant bractées florales (*Dobinea*), composé de 1-5, rarement plus, les cellules, chacune contenant 1 graine, à épicarpe mince, mésocarpe généralement charnu, fibreux et résineux; endocarpe crustacé à osseux[160].

Bien que la majorité de la famille à des fruits drupacés, plusieurs autres types de fruits sont également représentés pour différents mécanismes de dispersion [161].



**Figure 30: Différent types de fruits chez les Anacardiaceae [161].**

Deux genres : *Anacardium L* et *Semecarpus L* ont un hypocarpe comestible élargie sous-tendant une drupe. Une espèce d'*Anacardium* : *A. microsepalum* n'a pas un hypocarpe et se développe dans les forêts inondées de l'Amazonie où il peut être dispersé par les poissons. La dispersion des graines par l'eau a été signalée chez certains genres : *Mangifera L.*, *Spondias* etc.... La variété des mécanismes de dispersion du vent vu à travers les tribus des Anacardiaceae, *Dobineae*, et *Rhoeae* inclus des grands sépales (*Astronium*, *Hermogenodendron*, *Loxostylis*, *Myracrodruon*, *Parishia*), pétales larges (*Gluta*, *Swintonia*), des marges couvertes de trichomes sur un fruit globuleux (*Actinocheita*), ou sur un fruit aplati (*Blepharocarya*, *Ochoterena*) [161].

### III. 1. 3 RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE D'ANACARDIACEAE :

La famille Anacardiaceae a été proposée pour la première fois par Lindley en 1830. Les espèces de cette famille sont des arbres, des arbustes ou des lianes à feuilles alternes, composées et imparipennées que l'on rencontre surtout dans les régions tropicales à subtropicales et dans les régions tempérées de l'hémisphère Nord [163].

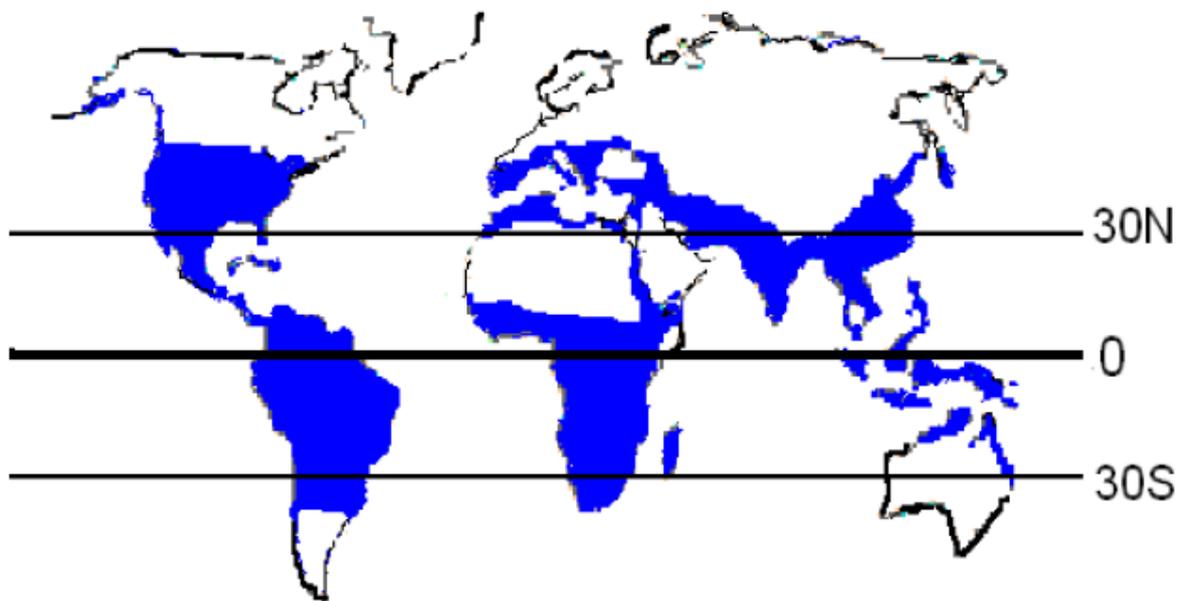
**KOKWARO (1986)** signale non seulement la présence des Anacardiaceae en région tropicale mais aussi dans la région méditerranéenne, dans l'Est de l'Asie et en Amérique.

**MABBERLEY (1987)** botaniste d'origine britannique, a démontré La répartition des principaux genres des anacardiaceae présentée dans le tableau (04).

**Tableau 4: Répartition géographique des principaux genres des Anacardiées d'après MABBERLEY (1987).**

	Genre	Nombre d'espèce	Répartition Géographique
1	<i>Anacardium</i>	08	Amérique tropicale
2	<i>Haematostaphis</i>	02	Afrique tropicale- Ouest
3	<i>Lannea</i>	40	Régions tropicales, Indo-Malaisie
4	<i>Mangifera</i>	35	Régions tropicales, Indo-Malaisie
5	<i>Ozoroa</i>	40	Afrique tropicale
6	<i>Pistacia</i>	09	Région méditerranéenne
7	<i>Pseudospondias</i>	02	Afrique tropicale : Ouest et Centre
8	<i>Rhus</i> (incluant <i>Toxicodendron</i> )	200	Régions tempérées
9	<b><i>Schinus</i></b>	<b>27</b>	<b>Amérique tropicale</b>
10	<i>Sclerocarya</i>	04	Afrique tropicale australe
11	<i>Sorindeia</i>	50	Afrique tropicale et Madagascar
12	<i>Spondias</i>	10	Indomalaisia (au sud-est d'Asie), Amérique tropicale.

La répartition géographique des principaux genres des Anacardiées est illustrée dans la **figure 31** ci- dessous



**Figure 31: Répartition géographique de la famille Anacardiaceae [107].**

### III.1.4 UTILISATIONS MEDICINALES ET EFFETS BIOLOGIQUES ET PHARMACOLOGIQUES :

Les Anacardiaceae sont connues depuis longtemps pour leurs propriétés médicinales [281]. *Spondias* et *Rhus* sont largement utilisés par les populations indigènes pour de nombreux maux, de la guérison des fractures au traitement du rhume. D'autres taxons sont utilisés pour traiter la fièvre (*Buchanania*, *Comocladia*), l'hépatite (*Haematostaphis*), les troubles gastro-intestinaux (*Anacardium*, *Antrocaryon*, *Heeria*, *Lannea*, *Ozoroa*, *Pseudospondias*, *Schinus*, *Sorindeia*), les maladies respiratoires (*Astronium*), les maladies de la peau et/ou des blessures (*Buchanania*, *Lannea*, *Metopium*, *Ozoroa*, *Schinus*, *Sclerocarya*, *Searsia*, *Sorindeia*, *Trichoscypha*), les maladies vénériennes (*Buchanania*, *Lannea*), diverses conditions liées à la grossesse (*Metopium*, *Ozoroa*, *Trichoscypha*), et comme astringents (*Anacardium*, *Astronium*, *Mangifera*) [165] [166] [167].

La médecine moderne s'est beaucoup intéressée aux utilisations ethnobotaniques et a permis d'isoler plusieurs composés actifs de différentes parties végétatives [164].

Le cardol, un composé extrait du péricarpe du cajou, présente une activité contre la filariose, une maladie tropicale majeure causée par des parasites filaires qui touche plus de 400 millions de personnes dans le monde [168].

Trois acides anacardiques isolés du jus de "pomme" de noix de cajou se sont révélés avoir une cytotoxicité significative *in vitro* contre les cellules BT-20 du carcinome du sein [169].

L'extrait des feuilles de *R. coriaria* L possède des activités antioxydantes, anticholinestérasiques réalisées sur des modèles *in vitro* et antibactériennes contre des bactéries Gram négatives et positives [170].

Les urushiols isolés des feuilles de *R. verniciflua* (Stokes) F.A. Barkley présentent une activité inhibitrice de l'enzyme HIV-1 reverse transcriptase [171].

Sulfuretine et buteine isolées des écorces de *T. vernicifluum* (Stokes) F.A. Barkley présentent une activité anti-inflammatoire et cytotoxique [172].

Trois acides anacardiques isolés à partir de l'huile de noix de cajou fournissent une puissante activité antibactérienne contre *Streptococcus mutans*, une bactérie qui adhère à la surface des dents et facilite l'accumulation d'autres micro-organismes oraux qui produisent des acides organiques qui détruisent l'émail, conduisant à la formation de cavités [173].

### **III.1.5 TOXICITÉ :**

La plupart des substances toxiques sont des phénols, principalement des catéchols et des résorcinolols qui s'accumulent dans les canaux de résine. Les pentadecylcatéchols (souvent appelés urushiols) sont des composés qui induisent une dermatite et qui sont présents dans les plantes suivantes: le sumac vénéneux, sumac au vernis, et l'arbre à laque asiatique (*Toxicodendron* sp.); ils sont également présents dans *Gluta*, *Holigarna*, *Lithrea*, *Metopium*, *Semecarpus* et *Smodingium*. Les heptadecylcatéchols se trouvent dans *Gluta*, *Lithrea*, *Metopium*, *Semecarpus* et *Toxicodendron*. Les dérivés de l'acide salicylique (acide anacardique) ont été identifiés dans *occidentale* L et *Pentaspadon*. D'autres composés toxiques qui se trouvent dans la famille comprennent les bhilawanols (*Semecarpus*), le glutarenghol, le laccol (*Toxicodendron*), le moreakol (*Gluta usitata* Wall.), le thitsiol (*Gluta*), le renghol (*Gluta*, *Semecarpus*), et le semecarpol (un phénol monohydroxylé trouvé dans *Semecarpus*) [174].

Les composés mentionnés ci-dessus sont de structures diversifiées et peuvent causer une réaction du système immunitaire lors de la liaison avec les protéines de la peau [175]. Les humains et les autres animaux allergiques à ces composés peuvent avoir une très légère réaction à une réaction mortelle en fonction de la région de contact, des espèces rencontrées, et de la sévérité de leur allergie. La chimie de ces composés toxiques a été recherchée pour de nombreux taxons, mais la cause de la toxicité dans autres espèces est inconnue.

## **III.2 ETUDE BOTANIQUE DU « *Schinus molle* »:**

### **III.2.1 ORIGINE :**

Le faux poivrier « *Schinus molle* L » (**Figure 32**) est une espèce végétale qui appartient à la famille des Anacardiacees (sous-famille des Anacardioidées), originaire d'Amérique du Sud.

Son centre de diversité se trouve dans les Andes. Au Pérou, il pousse depuis le niveau de la mer et jusqu'à 3500 m, dans des terrains secs et sableux. Il se plaît principalement dans les parties basses des vallées, formant partie du maquis. On l'observe également sur les berges des rivières de la côte et de la sierra. Introduit un peu partout dans le monde, il se trouve dans les régions tropicales ou chaudes. Il est considéré comme invasif dans certains pays, notamment aux Etats-Unis (Californie, Hawaï), en Afrique du Sud et en Australie. Sur la côte méditerranéenne, et entre autres dans le sud de la France, il est planté en tant qu'ornemental pour son élégant feuillage [176].



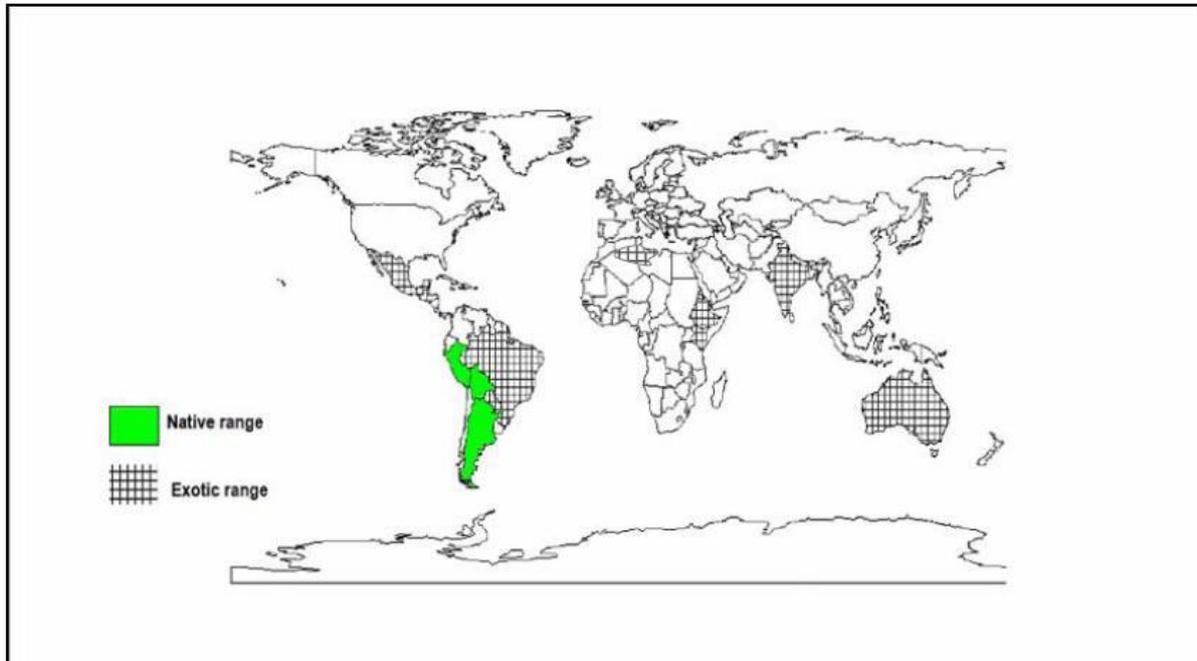
**Figure 32:** « *Schinus molle* ».

### III. 2. 2 RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE :

L'aire de répartition naturelle est la région des Andes, principalement au Pérou. On le trouve à des altitudes allant jusqu'à 3900 mètres d'altitude, et dans les zones où la précipitation varie entre 300-700 mm/an. Il tolère les hautes températures et une fois établie, il est extrêmement résistant à la sécheresse, ainsi au gel, mais pas pour de longues périodes. C'est une espèce pionnière à croissance rapide, on la trouve typiquement dans les zones perturbées, aux bordures des routes, et sur les terres agricoles. Il pousse bien sur les sites et les pentes caillouteuses, il préfère les sols sableux et bien drainés mais il est tolérant à la plupart des types de sol et aussi à la salinité et l'alcalinité [177].

Le « *Schinus molle* L » est largement cultivé dans les pays tropicaux et subtropicaux comme la démontre la **figure 33**, il est largement répandu en dehors de son aire géographique d'origine, il pousse dans l'Amérique du nord et centrale, l'Afrique, le Moyen-Orient, et est

cultivé autour de la Méditerranée dans le sud de l'Europe. En Argentine, il est largement utilisé comme arbre urbain, en raison de sa résistance à la pollution, propagation facile et économique, faible besoin en irrigation [177].



**Figure 33: Carte géographique de distribution de « *Schinus molle* ».**

En Algérie, *S. molle* est utilisé comme arbre de verdissement urbain dans tout le pays (**Rouibi et al., 2010**).

### **III . 2 . 3 TAXONOMIE DE « *Schinus molle* » :**

Le genre *Schinus* se compose d'environ 27 espèces ; Parmi les espèces les plus importantes du ce genre on compte [297]:

- Schinus chichita* var. *rhoifolius* (*Aroeira Blanca*)
- Schinus lentiscifolius* (*Coroba*)
- Schinus longifolius* (*Molle—Schinus molle*)
- Schinus polygamus* (*Pepper Tree*)
- Schinus terebinthifolius* (*Brazilian pepper tree—Schinus terebinthifolius*)

En Algérie, le genre *Schinus* est représenté par trois espèces, en l'occurrence « *Schinus molle* », *Schinus terebinthifolius*, *Schinus longifolius* [178]

La classification botanique de « *Schinus molle* » d'après (**Dupont et Guignard, 2007**)

**-Règne :** *Végétal.*

**-Embranchement :** *Spermaphytes.*

-**Sous-embranchement** : *Angiospermes*.

-**Classe** : *Eudicots*.

-**Sous-classe** : *Eurosidiées II*.

-**Ordre** : *Sapindales*.

-**Famille** : *Anacardiacees*.

-**Genre** : *Schinus*.

-**Espèce** : *Schinus molle* L.

### III . 2 . 4 NOM ET SYNONYMES :

-**Nom latin** : «*Schinus molle* ».

-**Nom français** : faux poivrier, mollé des jardins, arbre à résine de Pérou, café de Chine, poivre brésilien, poivre rose, poivre de Californie.

-**Nom arabe** : fulful Kadib.

-**Nom anglais** : Brésilien perpétrée, Péruvien mastic, Californien perpétrée.

-**Appellation populaire en Algérie** : Chedjerat el fefel. [177].

### III . 2 . 5 DESCRIPTION DE LA PLANTE « *Schinus molle* »:

« *Schinus molle* L » aussi appelé faux-poivrier, est un arbre cultivé appartenant à la famille des anacardiacees [180].

Sa forte plasticité écologique lui Permet de supporter tous les types de sols, même les plus pauvres. Elle est utilisée Comme brise vent en haies vives. Il fixe et stabilise les talus.

« *Schinus molle* L » est un arbre gracieux, à tronc noueux, cime arrondie, rameaux effilés pendant avec grâce, à feuillage persistant originaire d'Amérique du Sud, et plus particulièrement du Pérou [208].

C'est un arbre qui pourra atteindre rapidement 15 m de hauteur, il se multiplie par semis. Les baies roses décoratives de cet arbre ont une odeur proche de celle du poivre [180].

Le faux-poivrier est un arbre de développement rapide, au port ornemental et pleureur. Il est modérément résistant au froid, mais qui résistera tout de même à des gels brefs de l'ordre de -5°C.

Le *Schinus* se plaît généralement bien sur le littoral Méditerranéen. Il préfère un sol bien drainant, il supporte l'alcalinité et la salinité de sol et les sécheresses passagères [109].

✚ **Feuillaison** : espèce à feuillage persistant, à renouvellement constant des éléments foliaires. Le jaunissement de feuilles est noté de juin à mi-septembre en moyenne pendant quinze semaines, une petite saison de repousse plus active s'étend de fin septembre à octobre. Le feuillage complet est observé entre mi-novembre et mai en moyenne pendant vingt huit semaines [110].

✚ **Période de floraison** : La floraison se produit en septembre à décembre. La maturité des fruits aura lieu en décembre-janvier dans les régions de répartition naturelle. En Afrique de l'Est la cueillette des fruits se fait en Mars [111].

✚ **Semis et germination** : Les graines sont semées en pépinière ou directement dans des conteneurs avec deux graines par contenant. Il est recommandé d'utiliser un substrat léger et perméable. La germination commence après environ deux semaines et est normalement terminée après quatre semaines. La germination est rapportée à 60-80% mais dans certains endroits, en particulier où l'espèce est cultivée en dehors de la zone de distribution, une faible germination en pépinière est un problème. Dans des circonstances normales 1 kg de semences donneront 17 000 plantes. Quand les semis mesurent entre 30 et 35 cm, ils sont prêts à être plantés dans le champ [179].

❖ **Feuilles** : sont composées, alternes, persistantes, de 10 à 23 cm de long, pennées de 15 à 37 folioles, lancéolées de 2 à 6,5 cm de long, écumées et presque glabres, froissées, elles émettent une odeur poivrée (**figure 34**) [112].



**Figure 34: Feuilles de « *Schinus molle* » [112].**

❖ **Fleurs:** sont en particules coniques, de couleur blanc-jaunâtre, de 4 mm de diamètre, elles apparaissent de juin à septembre. Chaque fleur est accompagnée de petites bractées, elle a un calice court à 5 lobes, 5 pétales étalés, 10 étamines, un ovaire et une loculaire à 3 stigmates. Les fleurs sont disposées en grappes pendantes et accompagnées (**figure 35**) [108].



**Figure 35: Fleur du « *Schinus molle* » [108].**

❖ **Fruits:** Rouges, globuleux et presque secs, ayant la taille et la saveur d'un grain de poivre, sont des drupes. Le "*Schinus molle*" fleurit pratiquement toute l'année. Il s'agit d'une espèce dioïque, chaque individu portant uniquement des fleurs masculines ou uniquement des fleurs féminines. La pulpe est mince et coriace il a un goût sucré et contient des huiles aromatiques. Il y a une ou deux graines par fruit (**figure 36**) [176].



**Figure 36: Bais rose de « *Schinus molle* » [176].**

❖ **Les grains:** sont mûres lorsque les fruits sont devenus rouges, 2 à 4 mm de diamètre, ronde, brun-noir, sillonnée une fois sèche. Il y a 30 000 à 40 000 graines par kg; les fruits sont récoltés directement sur l'arbre (**figure 37**) [179].



**Figure 37: Graines de « *Schinus molle* » [179].**

### **III . 2 . 6 USAGES TRADITIONNELS :**

« *Schinus molle* est traditionnellement utilisé en Éthiopie pour repousser les mouches domestiques, *Musca domestica* L. Il a été considéré comme utile pour une telle ethnobotanique, et aussi utilisé comme purgatif, diurétique et parasiticide [178].

L'un des emplois les plus importants des fruits est la fabrication de la chicha de molle, une boisson fermentée. On la consomme traditionnellement dans des contextes festifs et rituels, tels que les semailles et les récoltes, ou encore les fêtes religieuses [176].

Les fruits et les graines sont utilisés comme substitut du poivre. La résine est utilisée comme mastic, le latex est produit à partir de nombreuses parties de l'arbre. Le bois est utilisé pour le chauffage et le charbon. Il est planté pour la conservation et l'amélioration du sol, brise-vent, ombre et ornement [179].

En Algérie *S. molle* est largement utilisée comme plante ornementale, tandis que ces fruits servent de conservateur anti insecticides pour les semoules et en condiment alimentaire de façon traditionnelle et ce depuis longtemps.

### **III . 2 . 7 ASPECT ÉCONOMIQUE :**

La résine est utilisée en tant que mastic, le latex est produit à partir de plusieurs parties de l'arbre, le jus est produit à partir des fruits et les graines sont utilisées en tant que substituant du poivre.

« *Schinus molle* L », espèce très utilisée dans le domaine de la préservation des sols et la conservation. Elle est plantée comme brise-vent, d'ombre et comme plante ornementale. Bien que l'arbre est persistant et garde environ 75% de son feuillage toute l'année, les feuilles mortes, les branches et les fruits contribuent de manière significative à la fertilité des sols. La

capacité à croître sur des sites rocheux et escarpé le rend approprié pour le contrôle de l'érosion [113].

L'écorce est utilisée comme bronzage pour la peau [181].

Le bois est utilisé comme bois de chauffage et du charbon, il est modérément dur et lourd avec une densité de 0.54-0.68 g/cm<sup>3</sup>, facile à travailler, durable et résistant aux termites et donc adapté pour les poteaux [113].

### **III.2.8 CARACTÈRE TOXIQUE DE LA PLANTE :**

Les suspensions de petites baies roses de cet arbre d'ornement attrayant sont réputées pour être modérément toxique, en particulier la graine. Le pollen, par contact ou par inhalation, peut provoquer une dermatite et des réactions asthmatiques [114].

L'arbre a également des propriétés antimicrobienne, antifongique, pesticides et virucides. L'exposition cutanée aiguë d'extraits éthanoliques et hexaniques de feuilles de « *Schinus molle* » ne provoque qu'une irritation cutanée légère et réversible, ainsi qu'un léger effet stimulant chez le rat. Tous ces éléments indiquent que l'utilisation topique de ces extraits serait sans danger.

### **III.3 HUILE ESSENTIELLE DU « *Schinus molle* » :**

Elle est obtenue par hydrodistillation des parties aérienne (feuilles) du « *Schinus molle* » qui renferment environ 2% d'huile essentielle.

#### **III.3.1 CARACTÈRES ORGANOLEPTIQUES :**

L'huile essentielle est un liquide mobile de couleur jaune clair et d'une odeur forte et poivrée [115].

#### **III.3.2 RENDEMENT DES HUILES ESSENTIELLES DU « *Schinus molle* » :**

**ROSSINI et al (1993)** ont trouvé que le rendement des graines de « *Schinus molle L* » est supérieur au rendement des feuilles dont les graines peuvent contenir jusqu'à 5% d'huile essentielle, et les feuilles peuvent contenir jusqu'à 2% d'huile essentielle [117].

D'après les résultats obtenus par **BOUTOUMI (2010)** professeur en génie des procédés, le rendement des HEs des feuilles est de 2,22% et celle des graines est de 6,33% [117].

### **III.3.3 COMPOSITION CHIMIQUE :**

Les analyses phytochimiques ont montré que le poivrier contient des composés aromatiques sous forme de tanins, alcaloïdes, flavonoïdes, saponines, stéroïdes et de grandes quantités d'huile essentielle, dont certaines pourraient avoir des effets allélopathiques [182].

Les extraits de plantes et les huiles essentielles peuvent être obtenus à partir de différentes parties de l'arbre : feuilles, fruits mûrs et non mûrs.

-L'huile essentielle des feuilles se compose de 24 éléments, principalement  $\Delta$ -cadinene (11,28%) et  $\alpha$ -cadinol (10,77%), Germacrène D (20,77%) et  $\beta$ -caryophyllene (13,48%) [183].

La composition peut être différente en fonction de la saison et la région où le matériel végétal est collecté [118].

Les composants majeurs identifiés dans l'huile essentielle de « *Schinus molle L* » de la région de Resistencia (Argentine), étaient  $\alpha$ -pinène (11,5%),  $\beta$ -pinène (14,71%), le limonène (9,17%),  $\alpha$ -ocimène (3,1%), germacrène D (3,6 %),  $\alpha$ -cadinene (6,9%),  $\delta$ -cadinene (4,9%) et epibicyclosquiphelandrene (18,6%).

Cependant, la composition de ces huiles diffèrent dans leurs principales composantes comparé aux données rapportées de d'autres sources, telles que Ligurie (Italie), dont les principales composantes sont  $\alpha$  phellandrène (30%) et élémol (13,25%) [184], Uruguay avec 30% de Bicyclogermacrene [185], au sud du Brésil (l'état de Rio) Avec 40% de limonène [186] et Santa Fe (Argentine) ou le composant majeur est le limonene (40%) [187].

### **III.3.4 PROPRIÉTÉS PHARMACOLOGIQUES DE L'HE DU « *Schinus molle* » :**

#### **III.3.4.1 Activité antimicrobienne :**

Les HEs possèdent plusieurs modes d'action sur les différentes souches bactériennes selon qu'ils inhibent la croissance bactérienne (bactériostatique) ou qu'ils tuent la bactérie (bactéricide) [188]. Cependant, les mécanismes restent moins clairs, et leur complexité vient de la composition chimique des HEs qui présente une diversité de molécules pouvant agir chacune sur une cible différente [189]. Elles agissent, dans certains cas, par modification du bon fonctionnement de la membrane plasmique en réagissant avec les sites actifs des enzymes ou servent de transporteur de proton en réduisant la synthèse de l'ATP [119] [190].

Mais d'une manière générale leur action se déroule en trois phases [189] :

-Au niveau de la paroi, elle provoque une augmentation de la perméabilité puis la perte des constituants cellulaires.

- A l'intérieur de la cellule bactérienne, par son pouvoir acidifiant, elle bloque la production de l'énergie cellulaire et la synthèse des composants de structure.

-Au niveau du matériel génétique, elle détruit l'ADN (Acide désoxyribonucléique) conduisant à la mort de la bactérie.

Des travaux réalisés par **Belhamel et al, (2008)**, ont montré que les HEs de « *Schinus molle* » présentent une sensibilité sur les bactéries à Gram positif à savoir *Staphylococcus aureus* ainsi que sur bactérie à Gram négatif tel que l'*Escherichia coli*.

Des dilutions de 10% ,15%,20%, 50% et 100% ont été réalisées. Les diamètres d'inhibition obtenue varient pour *staphylocoque aureus* entre 9,2 et 19.8 mm tandis que ces valeurs oscillent entre 7.8 mm et 17.1 mm pour *Escherichia coli*.

L'activité de l'antibiotique ampicilline à 10 µl/ml restant proche de celle de l'huile à 100% et égale à 21.3 mm pour staphylocoque aureus et 19.4 mm pour *Escherichia coli* ceci pour l'efficacité des HEs.

Les tests obtenus de l'activité antibactérienne des HEs de « *Schinus molle L* » ont prouvé clairement que les germes testés sont plus ou moins sensibles. On peut noter une sensibilité des souches *Escherichia coli* aux HEs avec un diamètre d'environ 15,5mm.

Cependant, les souches *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, se sont avérées résistantes à ces huiles [191].

- Les quartes dilutions des HE des feuilles, exhibent un pouvoir antibactérien moyen sur *Staphylococcus aureus* et faible sur *Escherichia coli* et *Pseudomonas aeruginosa*. A partir des HEs concentrées préparées 50%, 25%, 12,5% et 6,25%, l'activité des HEs des baies a été faible sur *Escherichia coli* et *Staphylococcus aureus* et l'inhibition totale de *Pseudomonas sp.* La concentration minimale inhibitrice (CMI) des HEs des feuilles pour *Escherichia coli* et *Pseudomonas aeruginosa* est de 50% avec une zone d'inhibition de 12 mm et pour le *Staphylococcus aureus* est de 6,25% avec une zone d'inhibition est 14mm. La CMI des HEs des baies pour *Escherichia coli* est 100% avec une zone d'inhibition de 10 mm et pour *Staphylococcus aureus* est 25% avec une zone de 11,4 mm [192].

Une étude faite à Ouargla à montré que l'huile essentielle de « *Schinus molle L* » présente des activités biologiques antibactérienne très importantes sur les souches étudiées : *Escherichia coli* et *staphylocoque aureus* avec une zone d'inhibition de l'ordre respectivement de 13.5 mm et 12.75 mm [116].

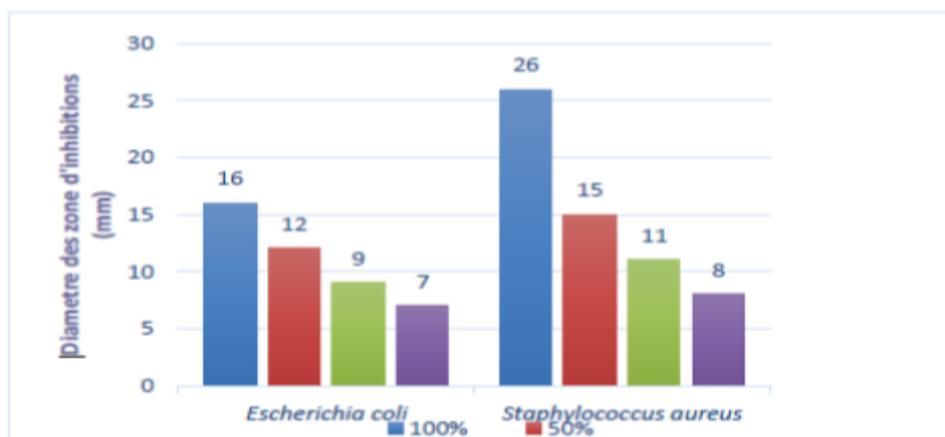
- Les HEs des différentes parties de « *Schinus molle L* » ont présenté une sensibilité aux différentes souches testées, on remarque une activité modérée des HEs des feuilles de « *Schinus molle L* » contre *Escherichia coli*, avec une zone d'inhibition de l'ordre de 14,5 mm. La souche *Pseudomonas aeruginosa* s'est avérée la plus résistante aux HEs [193].

- Ils ont aussi observé que les huiles essentielles ont une bonne activité antibactérienne contre la croissance des bactéries étudiées (*Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*), avec une zone d'inhibition de l'ordre respectivement de 15 mm, 15 mm et 16mm [194].

L'activité antibactérienne d'une huile essentielle est liée à sa composition chimique, aux groupements fonctionnels des composés majoritaires (alcools, phénols, composés terpéniques et cétoniques) et leurs effets synergiques.

L'activité antibactérienne de l'huile essentielle de « *Schinus molle L* » vis-à-vis *Escherichia coli* et *Staphylococcus aureus* a été exprimée par la présence ou l'absence des zones d'inhibition, et par la détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI).

La **figure 38** montre que le diamètre de la zone d'inhibition augmente avec la concentration en huile essentielle.



**Figure 38: Diamètres des zones d'inhibition de l'huile essentielle des fruits de « *Schinus molle* ».**

### III.3.4.2 Activité anti parasitaire :

#### A. Activité antipaludéenne :

Le paludisme est l'une des principales causes de mortalité et de morbidité. De plus, l'émergence d'une résistance aux antipaludiques est un problème majeur dans le contrôle de la maladie. Cela rend nécessaire le développement de nouveaux médicaments antipaludiques. Les plantes médicinales sont des sources importantes dans la découverte de médicaments antipaludiques. « *Schinus molle* » est revendiquée pour son effet antipaludique dans la médecine folklorique éthiopienne et dotée d'une activité antiplasmodique in vitro.

Une étude a été faite pour évaluer l'activité antipaludique in vivo de la plante. Pour cela, La toxicité aiguë a été effectuée selon une procédure normalisée. Pour dépister le potentiel antipaludique in vivo de « *Schinus molle* » contre *Plasmodium berghei*, un test suppresseur de 4 jours a été utilisé. Des extraits et des fractions ont été administrés à des souris infectées par gavage oral à des doses de 100, 200 et 400 mg/kg/jour pendant quatre jours consécutifs. Des paramètres tels que la parasitémie ont ensuite été évalués.

Aucun signe de toxicité n'a été observé dans l'essai de toxicité aiguë par voie orale.

Les extraits bruts et les fractions de solvants ont exercé une inhibition significative ( $p < 0,05$ ) de la charge parasitaire par rapport au témoin négatif. L'inhibition la plus élevée (66,91 %) a été démontrée par la dose de 400 mg/kg/jour d'extrait brut de méthanol à 80 %. Parmi les fractions, la fraction chloroforme a démontré un effet chimiosuppresseur maximal (55,60 %). En outre, les extraits bruts et les fractions de solvant ont empêché la perte de poids corporel, la réduction de la température et l'anémie par rapport au témoin négatif. À l'exception de la fraction aqueuse, les extraits de plantes testés ont pu prolonger considérablement le temps de survie des souris infectées. On conclut, les résultats de la présente étude ont confirmé l'innocuité et l'activité antipaludique in vivo prometteuse de « *Schinus molle* », soutenant ainsi l'allégation traditionnelle et l'efficacité in vitro [195].

« Préparation des extraits bruts : les fruits mûrs de la plante ont été soigneusement lavés à l'eau du robinet et nettoyés avec de la gaze pour enlever les débris. puis, les fruits ont été séchés à l'air sous l'ombre, et la couverture a été enlevée par maillage. Les graines ligneuses résultantes ont été pulvérisées avec un mortier et un pilon pour obtenir une poudre grossière (1050 g). Ensuite, la poudre a été séparée en 2 parties : 300 g pour l'extraction aqueuse et 750 g pour l'extraction à 80% de méthanol » [195].

## **B. Activité anti helminthique :**

Des études ont rapporté que « *Schinus molle* » sont utilisés contre diverses infections helminthiques en Ethiopie. *S. molle* est largement utilisé par les pasteurs et les agropasteurs d'Ethiopie pour éradiquer les parasites intestinaux [196].

Les extraits méthanoliques de parties aériennes de *Cissus quadrangularis* et de feuilles de « *Schinus moll* » ont une activité vermifuge *in vitro* prometteuse contre les stades adulte et ovale de *Haemonchus contortus*. Cependant, l'activité vermifuge de *Cissus quadrangularis* était supérieure à celle de « *Schinus molle* » [197].

## **III . 3 . 4 . 3 Activité antioxydante, inhibitrice d'alpha -glucosidase, anticholinestérasique et photoprotectrice des parties aériennes de « *Schinus molle* » :**

L'activité antioxydante a été évaluée à l'aide de différents tests. L'activité anticholinestérase a été étudiée en quantifiant les activités inhibitrices de l'acétylcholinestérase et de la butyrylcholinestérase. L'activité antidiabétique a été étudiée par le test d'inhibition de l'α-glucosidase, tandis que l'activité photoprotectrice a été évaluée par le facteur de protection solaire (SPF) en utilisant la spectrophotométrie UV-Vis.

Les fractions d'acétate d'éthyle et de butanol avec des teneurs élevées en composés phénoliques totaux et en flavonoïdes ont présenté la plus forte activité antioxydante. L'extrait d'acétate d'éthyle a montré un potentiel d'inhibition enzymatique considérable sur l'acétylcholinestérase, la butyrylcholinestérase et l'α-glucosidase avec des pourcentages d'inhibition de  $99,08 \pm 0,79$  %, 100 % et  $98,80 \pm 0,18$  %, respectivement. De plus, la fraction d'acétate d'éthyle a montré une activité photoprotectrice élevée avec la valeur du facteur de protection solaire (SPF) =  $38,26 \pm 0,73$ . Trois acides phénoliques (acides gallique, acide tannique et acide vanillique) et cinq flavonoïdes (myricétine, apigénine, naringénine, rutine et quercétine) ont été identifiés par HPLC.

Ces résultats suggèrent que « *Schinus molle L* » pourrait être utile dans le développement d'un agent alternatif pour le stress oxydatif, la maladie d'Alzheimer, le diabète et pourrait être utilisé comme écran solaire naturel dans les formulations pharmaceutiques ou cosmétiques [198].

### **III.3.4.4 Activité anticancéreuse :**

Le cancer est une maladie courante qui est considérée comme deuxième principale cause de mortalité à travers le monde et le nombre de nouveaux cas augmente jour après jour, en particulier en Asie, en Afrique et États-Unis [199].

Le Cancer est un problème de santé publique dans les pays développés et en développement qui affecte la santé humaine et les conditions économiques [200].

Parmi les cancers, le carcinome hépatocellulaire (CHC) ou cancer "primitif" du foie, ce type est le plus courant du cancer qui provient des cellules parenchymateuses du foie. Il est considéré comme troisième cause de décès par cancer après le cancer du poumon et de l'estomac . En outre, c'est par ordre de fréquence au niveau mondial le cinquième cancer le plus fréquent chez l'homme et le septième chez la femme. Les principaux facteurs de risque de CHC comprennent la stéatose hépatique non alcoolique, hépatites viral C et B, alcoolisme, diabète, obésité, cirrhose biliaire primitive et exposition aux nitrosamines et les aflatoxines. Les stratégies de traitement les plus utilisées du CHC sont la chimio-embolisation, transplantation hépatique orthotopique et la chimiothérapie [201].

La chimiothérapie est la stratégie thérapeutique adoptée pour le traitement du carcinome hépatocellulaire avancé.

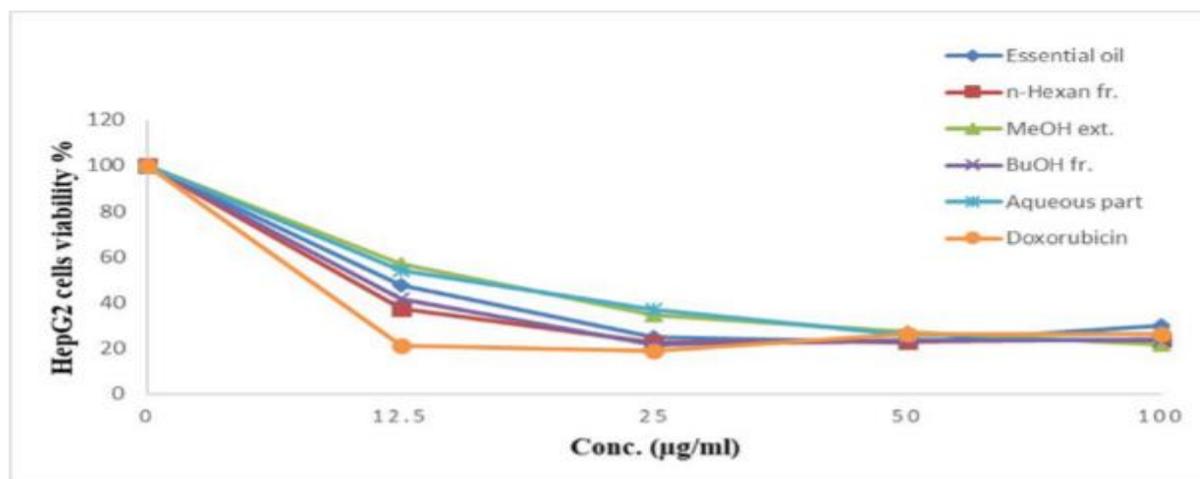
Malheureusement, la chimiothérapie est associée à une résistance aux médicaments et à d'autres effets secondaires qui conduisent à l'insuffisance hépatique [202].

D'autre part, les outils thérapeutiques alternatifs efficaces pour le traitement du CHC étaient des produits naturels, en particulier des métabolites secondaires.

Les métabolites secondaires des plantes sont utilisés dans le système de soins de santé depuis l'antiquité. Plus de milliers des plantes médicinales ont été identifiées comme possédant de nombreuses propriétés médicinales et pharmacologiques, y compris des agents anticancéreux [203].

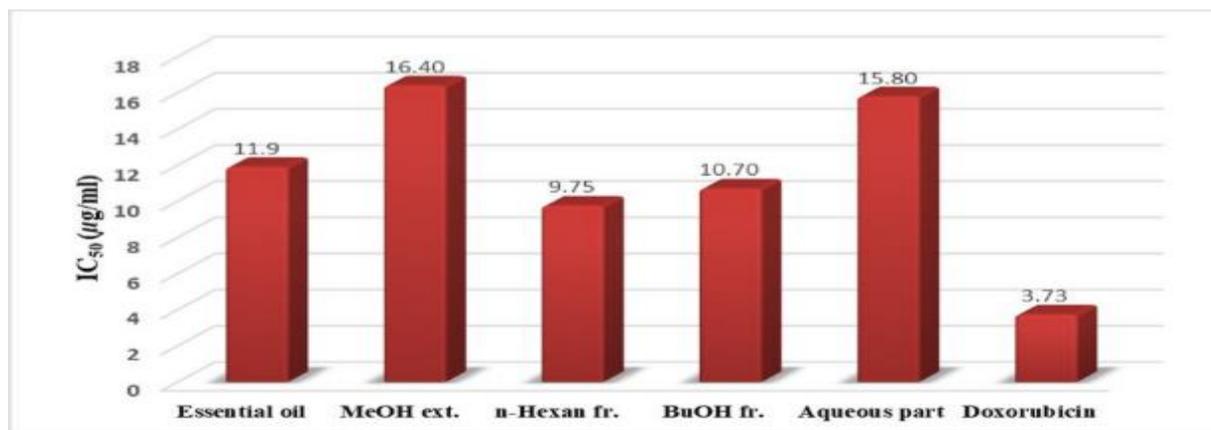
L'activité cytotoxique des différents extraits de « *Schinus molle* » comme l'huile essentielle, de l'extrait de méthanol (MeOH), extrait de n-hexane, La fraction n-BuOH (n-butanol) et la partie aqueuse ont été testés contre HepG2 lignée cellulaire utilisant le test colorimétrique SRB. Ce test montre la capacité du SRB à se fixer avec des composants protéiques des cellules, qui sont fixés par l'acide trichloroacétique aux plaques de culture tissulaire [204].

La **figure 39** montre l'activité cytotoxique des extraits de fruits de « *Schinus molle* » contre la lignée cellulaire du carcinome du foie humain (HepG-2) qui représentait l'extrait à 85% avait la plus grande viabilité cellulaire, suivie par la partie aqueuse, l'huile essentielle, n-BuOH, et l'extrait de n-hexane. D'autre part, il a montré la valeur de la concentration inhibitrice médiane (IC50) des extraits de fruits de « *Schinus molle* » et de la doxorubicine comme un médicament anticancéreux à large spectre.



**Figure 39: Activité cytotoxique des extraits de fruits de « *Schinus molle* » envers la lignée cellulaire du carcinome de foie (HepG-2).**

Les résultats de la **figure 39** montrent que le n-hexane. et le n-BuOH fr. de *S. molle* présentaient l'activité anticancéreuse la plus élevée (CI50 = 9,75 et 10,70 µg/ml, respectivement), suivis de l'huile essentielle (CI50 = 11,90 µg/ml), ensuite la partie aqueuse (CI50 = 15,80 µg/ml) et enfin 85 % de l'extrait MeOH (CI50 = 16,40 µg/ml). Les critères d'évaluation cytotoxiques des extraits de plantes sont selon les Protocoles de l'American National Cancer Institute (NCI), dans lesquels les critères d'évaluation cytotoxiques des extraits de plantes ont été considérés comme significatifs lorsque les valeurs de la IC50 ≤ 30 (µg/ ml), tandis que pour les substances pures, les valeurs de la CI50 doivent être ≤ 4 µg / ml [205].



**Figure 40: IC<sub>50</sub> des extraits de fruit de « *Schinus molle* » et doxorubicine testés contre la lignée cellulaire HepG2.**

Par conséquent, tous les extraits de fruits de « *Schinus molle* » ont été considérés comme être des extraits de plantes anticancéreuses importants contre la lignée cellulaire HepG2. Il est clairement apparu que l'activité cytotoxique de l'extrait de MeOH dans la présente étude (CI<sub>50</sub> = 16,40 µg / ml) avait une activité cytotoxique beaucoup plus élevée que l'extrait de MeOH de la même plante poussant en Argentine (CI<sub>50</sub> = 50 µg/ml) selon Hamdan et al., (2016). Ainsi, la différence d'activité cytotoxique peut être due aux différentes périodes de collecte et aux conditions climatiques. Donc, c'est impératif d'identifier les constituants volatils et non volatils d'extraits de « *Schinus molle* » pour connaître leur nature chimique.

### **III . 3 . 4 . 5 Effet des extraits de feuilles et de fruits de « *Schinus molle* » sur la stabilité oxydative des huiles par oxydation accélérée :**

Les huiles les plus recommandées pour l'alimentation sont celles riches en acides gras insaturés. Cependant, la présence de ces composants est liée à l'oxydation de l'huile, qui peut être déterminée par la période d'induction. La sécurité supplémentaire de ces huiles et le prolongement du stockage peut être réalisé en ajoutant des antioxydants efficaces, qui sont aujourd'hui préférés de ceux provenant de sources naturelles.

Pour contribuer à ces recherches, une étude a été faite afin d'évaluer l'efficacité des extraits de « *Schinus molle* » par rapport à l'antioxydant synthétique butylhydroxytoluène (BHT), pour retarder l'oxydation de certaines huiles végétales. Les résultats de cette étude ont montré que les extraits de fruits et de feuilles de « *Schinus molle* » peuvent être utilisés comme antioxydants dans les huiles végétales.

Une explication possible est la concentration plus élevée de composés phénoliques dans cet extrait, qui se traduit par une plus grande puissance de protection lorsqu'il est utilisé comme antioxydant. L'ajout d'extraits aux huiles végétales est une alternative prometteuse pour accroître la stabilité oxydative et induire la consommation de phytonutriments comme les composés phénoliques, et bon nombre de ces composés sont présents dans les extraits de feuilles et de fruits de « *Schinus molle* » [206].

#### **III . 3 . 4 . 6 Effet inhibiteur de corrosion :**

L'extrait des baies de « *Schinus molle* » a été testé comme inhibiteur de corrosion pour l'acier au carbone en milieu acide chlorhydrique 1N, et sa capacité d'inhibition de la corrosion a été évaluée par des mesures de perte de masse, une spectroscopie d'impédance électrochimique et des courbes de polarisation potentiodynamique. La vitesse de corrosion diminue progressivement en fonction de concentration de l'extrait, cette diminution est due à la formation d'un film passif à la surface de l'échantillon qui protège le matériau contre l'effet agressif de l'électrolyte. Le taux de recouvrement et l'efficacité inhibitrice augmentent avec l'augmentation de la concentration de l'extrait. On a trouvé aussi que l'efficacité d'inhibition augmente avec l'augmentation de la concentration de l'inhibiteur et diminue en augmentant la température. Les mesures gravimétriques montrent que l'absorption des molécules d'inhibiteurs sur la surface métallique se fait selon les isothermes de Temkin [120].

#### **III . 3 . 4 . 7 Activité insecticide et insectifuge de l'huile essentielle de « *Schinus molle* » :**

Le feuillage du poivrier, « *Schinus molle L* », est traditionnellement utilisé en Éthiopie pour « repousser » les mouches domestiques, *Musca domestica L*. Il a été considéré comme utile pour des utilisations ethnobotaniques telles que purgatif, diurétique, parasitaire et vulnéraire [221].

Les activités biologiques des extraits d'éthanol et d'éther de pétrole des feuilles et des fruits de « *Schinus molle* » contre des adultes de *Blattella germanica* ont été examinées par test de répulsion et application topique [207].

Les extraits d'hexane des feuilles et des fruits de « *Schinus molle* » ont été testés pour leurs propriétés répulsives et insecticides contre les nymphes du premier stade et les œufs de *Triatoma infestans*, vecteur de la maladie de Chagas [208].

Dans des essais biologiques de laboratoire à deux choix, ils ont constaté que les extraits volatils de feuilles de « *Schinus molle* » possédaient une activité répulsive et dissuasive contre les mouches domestiques [209].

Son huile essentielle a également montré une activité antibactérienne et antifongique importante [210] [211] [212].

Les principaux composants des huiles essentielles comprennent le phellandrene (37,56%), le myrcène (13,8%) et le limonène (9,98%).

Les insectes nuisibles, en raison de leur présence cosmopolite et de leur abondance dans les maisons et autres bâtiments, sont des vecteurs potentiels d'agents pathogènes et une source majeure d'allergènes [213].

D'autre part, ils causent des dommages mécaniques (mastication) et chimiques (coloration) à une variété de vêtements et de produits alimentaires stockés.

Il y a un intérêt croissant pour le développement de solutions de rechange sûres qui ont le potentiel de remplacer les produits chimiques toxiques utilisés dans la lutte antiparasitaire. Les produits naturels sont connus pour avoir une gamme de propriétés biologiques utiles contre les insectes nuisibles [214].

En 1991, D. Singh et A.K. Singh ont examiné 31 huiles essentielles provenant de différentes sources botaniques contre la mouche domestique *M. domestica L.* et ont signalé des activités répulsives et insecticides contre ces espèces. De nombreuses huiles essentielles préparées à partir d'herbes sont connues pour posséder des activités insecticides [215] [216] [217].

Il a été signalé que de nombreuses matières végétales ont des effets biologiques contre les insectes des produits entreposés [218] [219] [220].

En 2007, Ngamo et al ont rapporté que de faibles doses d'huiles essentielles réduisent progressivement le potentiel de survie de l'insecte nuisible avec une réduction marquée de son appétit et de sa ponte.

Récemment, la recherche sur les huiles essentielles a reçu une attention croissante pour évaluer son efficacité insecticide.

Il y a eu une étude dont l'objectif était d'évaluer la toxicité et la répulsion de deux huiles essentielles préparées à partir des feuilles et des fruits de « *Schinus molle* » contre les

ravageurs des céréales, le dendroctone rouge rouille, *Tribolium castaneum* et *Trogoderma granarium*. La stratégie consistait à isoler l'huile des plantes cultivées en Arabie saoudite et à tester son activité insecticide parallèlement à l'analyse GC-MS pour sa composition volatile (étude fait par Essam Abdel-Sattar ab; Ahmed A. Zaitoun c; Mohamed A. Farag d; Sabah H. El Gayed b ;Fathalla M. H.)

**A. Activité insecticide :**

L'activité insecticide des huiles essentielles de feuilles et de fruits de « *Schinus molle L* » a été déterminée par application en contact direct. Différentes concentrations ont été préparées par dilution de 250, 500,750 et 1000 ml de chaque huile en 10 ml d'acétone. Pour chaque préparation, 0,5 mL a été pompé et coulé régulièrement sur un disque de papier filtre (Wathmann n° 1) placé dans une boîte de Pétri. Après séchage pendant une demi-heure, 30 insectes adultes ont été introduits dans le plat et fermés. Les témoins ont été traités de la même manière, mais exposés uniquement à l'acétone. Chaque concentration et contrôle a été reproduite quatre fois. Le pourcentage de mortalité a été déterminé 2, 4 et 6 jours après le traitement. Lorsqu'aucun mouvement de jambe ou d'antenne n'a été observé, les insectes ont été considérés comme morts. Le pourcentage de mortalité des insectes a été calculé à l'aide de la formule de correction d'Abbott pour la mortalité naturelle chez les témoins non traités [221].

Le malathion a été utilisé comme témoin positif dilué dans des conditions et testé à des concentrations similaires à celles d'échantillons d'huile.

L'activité insecticide des huiles essentielles de fruits et de feuilles de « *Schinus molle* » a été testée contre *T. granarium* (tableau 05). Données de mortalité cumulée chez les adultes de *T. granarium* au cours de 6 jours d'exposition aux huiles essentielles a révélé que les deux huiles étaient toxiques, bien qu'à différentes concentrations. L'huile la plus active était celle des fruits à une concentration de 1000 mL suivie des feuilles avec des pourcentages de mortalité de 90,0 et 76,7, respectivement. D'après le tableau 05, l'activité de l'huile des fruits était presque similaire à celle du malathion (93,4%) au même moment concentration (1000 mL) [222].

**Tableau 5: Représente le pourcentage de mortalité de *T. granarium* à différentes moments d'exposition et la concentration d'huile essentielle de « *Schinus molle* ».**

	Concentration (µl)	Mortalité (%)		
		02 jours	04 jours	06 jours
HE des feuilles	250	26.71	33.3	43.3
	500	33.3	43.3	50.0
	750	46.7	60.0	73.7
	1000	50.0	66.3	76.7
HE des fruits	250	26.7	36.7	46.0
	500	40.0	46.7	53.3
	750	50.0	63.3	76.7
	1000	53.3	70.0	90.0
Malathion	250	31.2	39.8	47.2
	500	41.3	50.3	61.4
	750	63.4	70.2	75.6
	1000	72.7	80.8	93.4

L'activité insecticide des deux huiles contre *T. castaneum* est montrée 50,0% de mortalité à une concentration de 250 mL, tandis que celle des feuilles était moins toxique, avec 50% mortalité atteinte à 500 mL. Le pourcentage le plus élevé de mortalité a été atteint par l'huile de fruits à une concentration de 1000 mL (93,3 %), supérieure à celle du malathion (91,3 %) à la même concentration (1000 mL) (tableau 06). La mortalité augmentait avec l'augmentation du temps d'exposition.

D'après les tableaux 05 et 06, il a été constaté que *T. castaneum* était plus sensible à l'effet des deux huiles que *T. granarium* [222].

**Tableau 6: Représente le pourcentage de mortalité de *T. castanum* à différente exposition et la concentration d'huile essentielle de « *Schinus molle* ».**

	Concentration (µl)	Mortalité (%)		
		02 jours	04 jours	06 jours
HE des feuilles	250	23.3	30.0	40.0
	500	36.7	46.7	53.3
	750	50.0	56.7	80.0
	1000	56.7	63.3	83.0

HE des fruits	250	30.0	40.0	50.0
	500	33.3	70.0	76.7
	750	53.3	73.3	86.7
	1000	56.7	76.7	93.3
Malathion	250	31.3	40.2	50.4
	500	43.6	49.3	62.8
	750	64.4	71.7	77.5
	1000	73.5	84.2	91.3

Les résultats de la concentration létale 50 (CL50) chroniques (6 jours) étaient de 325,6, 362,9 et 320,6 mL pour les fruits, les feuilles et le malathion, respectivement (**tableau 07**), concernant *T. granarium*. Il a été démontré que le pourcentage de mortalité augmentait avec le temps d'exposition de la même concentration.

Et pour le *T. castaneum* de CL50 chroniques (6 jours) était de 286,1, 361,1 et 290,2 mL pour les fruits à huile, les feuilles et le malathion, respectivement (**tableau 07**).

**Tableau 7: Représente la réponse des insectes adultes de *T. garnarium* et *T. cataneum* aux huiles essentielles de « *Schinus molle* » [222].**

	Le temp d'essais (jours)	LC50 (95% limites de confiance) (µl)	
		T. granarium	T. castaneum
HE des feuilles	2	915.1 (503.5-1671.7) (1.3±3.6)*	779.1 (517.7-1174.5) (1.5±4.39)
	4	577.7 (379.0-880.9) (1.5±3.45)	575.6 (398.9-380.8) (1.4±3.97)
	6	362.9 (239.0-554.5) (1.6±4.1)	361 (256.5-507.7) (2.0±5.1)
HE des fruits	2	806.5 (475.4-680.9) (1.2±3.5)	762.9 (470.0-1244.6) (1.3±3.6)
	4	467.1 (320.0-680.5) (1.5±3.9)	381.0 (257.5-562.7) (1.6±4.2)
	6	325.6 (226.4-467.5) (2.1±5.2)	286.1 (200.0-408.4) (2.3±5.8)
	2	509(369.7-680.5) (1.7±4.5)	470.2 (380.677.8) (1.8±4.8)

Malathion	4	401(366.4±6.2) (2.7±6.2)	390.1 (321-499.3) (2.5±4.8)
	6	320.6 (270.6-411.4) (2.3±6.7)	290.2 (201.2-389.4) (2.7±4.9)

**B. Activité répulsive :**

Des concentrations perméables d'huiles essentielles végétales ont été testées pour leur répulsivité contre *T. castaneum* et *T. granarium*. Un appareil se composait de deux tuyaux en plastique (6 cm de diamètre) et 30 cm de long/chacun). Les deux tuyaux ont été assemblés avec un tuyau en forme de T avec trois Ouvertures. Deux sacs, l'un contenant du blé traité et l'autre du blé non traité, étaient attachés à aux deux extrémités. Des groupes de 30 adultes émergés de deux coléoptères ont été relâchés dans l'arène d'essai entre les deux tuyaux joints à travers le tube en forme de T converti.

L'extrémité supérieure était fermée avec un morceau de mousseline par un élastique. Le contrôle et le traitement ont été reproduits trois fois. Après 48 h, les insectes ont été comptés dans des sacs traités et non traités. Le pourcentage de répulsion (RP) a été calculé en utilisant la méthode de Jilani, Saxena et Rueda (1988). Tous les essais de répulsion ont été effectués en laboratoire.

L'action répulsive des deux huiles a également été étudiée contre les deux insectes. Données du tableau 08 a montré que l'huile des fruits était le répulsif le plus actif que celui des feuilles à tout les concentrations testées [223].

L'action répulsive des deux huiles contre *T. castaneum* était presque similaire à celle de *T. granarium*. Les données du tableau 08 ont montré que l'huile de fruits était également plus active que celle des feuilles à toutes les concentrations testées. p-Cymene, identifié comme un composant majeur dans les deux huiles, a présenté une activité insectifuge contre les mouches domestiques *M. domestica* (Maganga, Gries, & Gries, 1996). D'après les données précédentes, l'huile des fruits a montré une insecticide plus élevée et activité répulsive que celle des feuilles contre les deux espèces d'insectes.

**Tableau 8: Représente le pourcentage de répulsion de *T. granarium* et *T. castaneum* à différentes concentrations d'huile essentielle de « *Schinus molle* » [223].**

Concentration ( $\mu$ l)	Répulsion a la concentration (%)			
	250	500	750	1000
HE des feuilles	<i>T. granarium</i>			
	28.46	30.12	55.94	68.78
	33.63	34.23	68.46	71.36
	40.45	48.44	72.34	84.94
HE des fruits	<i>T. castaneum</i>			
	27.84	38.95	41.23	54.35
	34.61	43.41	70.31	76.22
	38.42	53.16	73.56	85.11

***CONCLUSION***

### CONCLUSION :

Les plantes aromatiques et médicinales sont la source de la majorité des molécules bioactifs naturels mais elles restent encore sous exploitées dans le domaine médical, et parmi les moyens qui permettent une bonne exploitation de ces plants c'est les huiles essentielles.

Notre travail avait pour but de mieux connaître une espèce qui appartient à la famille des anacardiées, le faux poivrier « *Schinus molle* » et l'évaluation de ses huiles essentielles.

Le « *Schinus molle* » est un arbre ou arbuste originaire d'Amérique du Sud il est très résistant, a une forte plasticité écologique et présente une richesse remarquable en métabolites secondaires : polyphénols, flavonoïdes, tanins, etc...

Dans cette recherche bibliographique nous avons abordé diverses expériences faites par des chercheurs dans le but de déterminer différentes activités des huiles essentielles de faux poivrier et les résultats ont démontré différentes vertus thérapeutiques par son activité antibactérienne, anticancéreuse, antioxydante, antipaludéenne et d'autres activités qui peuvent être utiles dans l'agronomie comme son effet insecticide et répulsive et dans le domaine industrielle par son activité anticorrosive. Et malgré la majeure partie des recherches qui a été effectuée in vitro, il ya donc que peu d'éléments en faveur des bienfaits thérapeutiques avancés.

Comme les médicaments, les huiles essentielles nécessitent des bonnes connaissances afin d'être délivrées correctement, malheureusement, nous nous rendons rapidement compte que l'usage des huiles essentielles est encore loin d'être harmonisé ; cela s'explique sans doute par la disparité des essais et des études menés par les différents laboratoires.

Cependant, il est très intéressant de compléter cette étude bibliographique par une partie pratique approfondie et riche.

***RÉFÉRENCES  
BIBLIOGRAPHIQUES***

## **RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

### **OUVRAGES ET THÈSES :**

- [1]. FAO (2003). Stratégie et politique agricoles ; la filière «Plantes Aromatiques et Médicinales», Préparé par Anthoula DOSSIDES.
- [2]. **FRANZ, C., NOVAK, J.** 2010. Sources of Essential Oils, In: Can Başer, K.H., Buchbauer, G.(Eds.), Handbook of Essential Oils: Science, Technology, and Applications. CRC Press, Florida, pp. 39–81
- [3]. **MORALES R** (2002).The history, botany and taxonomy of the genus Thymus. In : Thyme : the Thymus. Ed. Taylor & Francis, London. pp. 1-43. évolutive des composés secondaires.Thèse de doctorat-Ecole nationale supérieure d’Agriculture de Montpellier.
- [4]. **CHABRIER J-Y.** Plantes Médicinales et Formes d’utilisation en phytothérapie. [These] Université Henri Poincaré-Nancy. 2010
- [5]. **JAMMALEDDINE 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.
- [6]. **ISERIN P.** Encyclopédie des plantes médicinales 2ème édition. Paris: Larousse. Edition 2001.
- [7]. **WICHT M, ANTON R.** Plantes thérapeutiques. Tradition pratique officinales, science et thérapeutique. 2ème édition. Paris : Edition TEC et DOC.
- [8]. **JORITE S.** La phytothérapie, une discipline entre passé et future : de l’herboristerie aux pharmacies dédiées au naturel. [Thèse]. Bordeaux, Université de Bordeaux, 2015.
- [9]. **ABDELAZIZ M.** Caractérisation activité antimicrobienne de trois espèces de Sauge [thèse].Chlef. Université Hassiba Benbouali, 2013
- [10]. **COURTIAL S.** précis d’aromathérapie vétérinaire a l’usage des pharmaciens d’officine [these].Université de Nante, faculté de pharmacie. 2005

- [11]. **MUTHER L.** Utilisation des huiles essentielles chez l'enfant [these].Faculte de pharmacie de Clermont Ferrand, 2015
- [12]. **GRUNWALD J, JANICKE C.** Guide de la PHYTOTHERAPIE. 2èmedition. Edition MARABOUT. Italie : 2006.
- [13]. **GIRARD G.** LES PROPRIETES DES HUILES ESSENTIELLES DANS LES SOINS BUCCO-DENTAIRE D'HIER A AUJOURD'HUI [These]. Nancy : Université Henri Poincare ; 2010
- [14]. **WICHTL M, ANTON R.** PLANTES THERAPEUTIQUES : tradition, pratique officinale,science et thérapeutique. 2ème édition. Edition TEC et DOC. 2003.
- [15]. **LACOSTE S.** Ma bible de la phytothérapie [magazine]. Edition : Quotidien Malin, 2014.
- [16]. **JEAN BRUNETON,** Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales, Techniques et Documentation, 3<sup>e</sup> édition, 1999
- [17]. **CHASSAING V.,** 2006, L'Aromathérapie: les huiles essentielles au service du cheval; Ed: Violaine Chassaing ; p: 4- 8.
- [18]. **D<sup>R</sup> JEAN-PIERRE WILLEM,** *Les Huiles essentielles : médecine d'avenir,* Paris, Éditions du Dauphin, 2002,
- [19]. **D<sup>R</sup> JEAN-PIERRE WILLEM,** *Les Huiles essentielles : médecine d'avenir,* Paris, Éditions du Dauphin 2002
- [20]. **BRUNETON J.** Pharmacognosie: Phytochimie : Plantes médicinales. 4e éd. Paris : Tec & Doc, 2009. 1269 p.
- [21]. **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.
- [22]. **BAUDOUX D, BLANCHARD JM, MALOTAUX AF.** Les cahiers pratiques d'aromathérapie selon l'école française : Soins palliatifs. 1e éd. Luxembourg : Inspir, 2006. 318 p.

- [23]. **BAUDOUX D.** L'aromathérapie : Se soigner par les huiles essentielles. 1e éd. Biarritz : Atlantica, 2000. 223 p.
- [24]. **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.
- [25]. **FAUCON M.** Traité d'aromathérapie scientifique et Médicale : Fondements  $\Theta$  - aide -à la prescription .sang de la terre. 2015.557p.
- [26]. **FRANCHOMME P, PénöID, Jollois R.** L'aromathérapie exactement : encyclopédie de l'utilisation thérapeutique des extraits aromatiques. Jollois; 2001. 490 p.
- [27]. **FAUCON M.** Traité d'aromathérapie scientifique et médicale : Fondements et aide à la prescription.Paris : Sang de la Terre et Médical, 2012. 880 p
- [28]. **BEYLEMANS A.** L'aromathérapie dans le monde de l'officine : Rôle du pharmacien, 2013. Thèse d'exercice. Université de Lille 2. Faculté des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques de Lille. 157 p.
- [29]. **FAURE A.** L'aromathérapie en Rhone-Alpes : exemples d'utilisation thérapeutique des huiles essentielles en soins palliatifs, 2013. Thèse d'exercice. Université Claude Bernard - Lyon 1. Faculté des sciences pharmaceutiques et biologiques. 184p.
- [30]. **MONNIER C.** Gaultheria procubens L. et son huile essentielle, 2010. Thèse d'exercice. Université de Nantes. Faculté de pharmacie. 127 p.
- [31]. **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.
- [32]. **THORMAR H.** Lipids and essential oils as antimicrobial agents. Wiley (2011). 315p.
- [33]. **MOREL J.M.** Traité pratique de phytothérapie. Grancher (2008). 620p.
- [34]. **MAYER F.** Utilisations thérapeutiques des huiles essentielles : étude de cas en maison de retraite, 2012. Thèse d'exercice. Université de Lorraine. Faculté de pharmacie. 107 p.

- [35]. **OUIS N.** Etude chimique et biologique des huiles essentielles de coriandre, de fenouil et de persil [thèse]. Université d'Oran, 2015.
- [36]. **CHOUITEH O.** composition chimique et activité antibactérienne des huiles essentielles des feuilles de *Glycyrrhiza glabra* [thèse] Oran : Université d'Oran 2012.
- [37]. **FRANCHOMME P** (2003). La science de l'aromathérapie. Aromathéca, 1(1, 2).
- [38]. **ZHIRI A et BAUDOUX D** (2005). Huiles essentielles chémotypées et leurs synergies. Edition Inspir Development, rue Goethe, 1 - L-1637 Luxembourg.
- [39]. **DJEBAILI H** (2013). L'effet des facteurs d'environnement sur la variation de quelques métabolites secondaires chez deux espèces médicinales : *Juniperus oxycedrus* L. et *Schinus molle* L. Thèse de Magister en biologie, option Biologie et Ecologie végétale, p 77.
- [40]. **GRANGER et al.,** (1973). L'essence de *Rosmarinus officinalis* L. influence du mode de traitement du matériel végétal.
- [41]. **MOSTA N.M** (2006). «Essential oil yield and composition of rosescented geranium (*Pelargonium* sp) as influenced by harvesting frequency and plant shoot age». Thesis of doctorat MSC Agronomy, faculty of natural and agricultural sciences, university of Pretoria, South Africa, October 2006.
- [42]. **LUCCHESI ME** (2005) « Extraction sans solvant assistée par microondes: Conception et application à l'extraction des huiles essentielles ». Thèse de Doctorat en sciences (option : Chimie), Faculté des Sciences et Technologies, Université de la Réunion, juillet 2005. p 17 ; 23, 52
- [43]. **SILOU T** (2003). Variations individuelle et saisonnière de la teneur et de la composition des huiles essentielles d'*E. citriodora* acclimaté à Pointe-Noire (Congo-Brazzaville). Université Marien Ngouabi. Fac
- [44]. **PINTO E, PINA-VAZ C, SALGUEIRO L, GONÇALVES M.J, COSTA-DE-OLIVEIRA S, CAVALEIRO C, PALMEIRA A, RODRIGUES A and MARTINEZ-DE-OLIVEIRA J** (2006). Antifungal activity of the essential oil of *Thymus pulegioides* on *Candida*,

- [45]. **BESOMBES C** (2008). Contribution à l'étude des phénomènes d'extraction hydrothermomécanique d'herbes aromatiques. Applications généralisées. Thèse Doctorat. Université de La Rochelle. p :41-45.
- [46]. **ANDRADE-OCHOA S, NEVAEZZ-MOORILLON GV, SANCHEZ-TORRES** [et al.]. Quantitative structure activity relationship of molecules constituent of different essential oils with antimycobacterial activity against *Mycobacterium tuberculosis* and *Mycobacterium bovis*. BMC Complement. Alterne. Med. 2015, 15(1) : 332.
- [47]. **CAZAU-BEYRET N**. Prise en charge des douleurs articulaires par aromathérapie et phytothérapie, 2013. Thèse d'exercice. Université Toulouse III Paul Sabatier. Faculté des sciences pharmaceutiques. 195 p.
- [48]. **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.
- [49]. **FRANCHOMME P, JOLLOIS R, PENOEL D**. L'aromathérapie exactement : Encyclopédie de l'utilisation thérapeutique des extraits aromatiques. 1e éd. Paris : Roger Jollois, 2007. 490p.
- [50]. **ROUX D**. Conseil en aromathérapie. 2e éd. Pays-Bas : Pro-Officina; 2011. 187 p.
- [51]. **BAUDOUX D, BRED A M., ZHIRI A**. Aromathérapie scientifique : Huiles essentielles chémotypées. 1e éd. Belgique : J.O.M, 2012. 88 p.
- [52]. **BOUSBIA N**. Extraction des huiles essentielles riches en antioxydants à partir de produits naturels et de coproduits agroalimentaires. [Thèse]. Alger. Ecole nationale supérieure agronomique, 2011.
- [53]. **ISERIN P**. Encyclopédie des plantes médicinales 2ème édition. Paris: Larousse. Edition 2001.
- [54]. **GARNEAU F.X**. Huiles essentielles : de la plante à la commercialisation - Manuel pratique. Corporation Laseve, Université du Québec à Chicoutimi (2005). 185p.
- [55]. **PIOCHON M**. Étude des huiles essentielles d'espèces végétales de la flore laurentienne : composition chimique, activités pharmacologiques et hémi-synthèse. Mémoire pour la maîtrise en ressources renouvelables. Université du Québec à Chicoutimi, 2008.

- [56]. **BOUTAMANI M.** Etude de la variation du rendement et de la composition chimique du *Curcuma longa* et *Myristica fragrans* en fonction du temps et de la technique utilisée. Université des sciences et de la technologie Houari Boumediene, Alger, 2013
- [57]. **NABIL BOUSBIA**, Extraction des huiles essentielles riches en anti-oxydants à partir de produits naturels et de co-produits agroalimentaires, Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse & Ecole Nationale Supérieure Agronomique, 2011.
- [58]. **ZHIRI A, BAUDOUX D, BREDA M.** Huiles Essentielles Chémotypées. Saintes (Belgique) : J.O.M, 2012. 88 p.
- [59]. **KALOUSTIAN J, HADJI-MINAGLO F.** La connaissance des huiles essentielles : qualité et aromathérapie. Paris. Edition Springer. 2012
- [60]. **BRUNTON J.** Pharmacognosie photochimie plantes médicinales 3ème édition. Paris.
- [61]. **COURTIAL S.** précis d'aromathérapie vétérinaire à l'usage des pharmaciens d'officine [thèse]. Université de Nante, faculté de pharmacie. 2005.
- [62]. **FRANCHROME P, JOLLOIS R, PENOEL D.** L'aromathérapie exactement : encyclopédie de l'utilisation des extraits aromatiques. Paris : Edition Roger Jollois. 2001.
- [63]. **BENAYAD N.** Évaluation de l'activité insecticide et antibactérienne des plantes aromatiques et médicinales Marocaines. Extraction de métabolites secondaires des champignons endophytiques isolés de plantes Marocaines et activité anticancéreuse. [Thèse]. UNIVERSITÉ MOHAMMED V. FACULTÉ DES SCIENCES. RABAT. 2013.
- [64]. Direction de l'Evaluation de la Publicité, des Produits Cosmétiques et Biocides - Catherine Desmares Département de l'évaluation des produits cosmétiques, biocides et de tatouage - Anne Laurent, Céline Delerme (Recommandations relatives aux critères de qualité des huiles essentielles) Mai 2008.
- [65]. **RAYNAUD J.** Prescription et conseil en AROMATHERAPIE. Editions TEC & DOC EM inter - Lavoisier; 2006.
- [66]. **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.

- [67]. **FRANCHOMME P, PENOEL D.** L'aromathérapie exactement - Encyclopédie de l'utilisation thérapeutique des huiles essentielles. R. Jollois; 2001.
- [68]. **CHABERT G.** myrtacées et aromathérapie [Thèse]. Faculté de pharmacie de Grenoble, Université Joseph Fourier, 2013.
- [69]. **D. F.MILLET,** Le grand guide des huiles essentielles, Marabout. 2015.
- [70]. **PACCHIONI I.** Aromatherapia : Tout sur les huiles essentielles. Paris : Aroma Thera, 2014. 351 p
- [71]. **CORTIULA E.** L'aromathérapie en soins palliatifs : Huile essentielle de menthe poivrée (*Mentha x piperita* L.) sur les nausées et vomissements, 2010. Thèse d'exercice. Université d'Angers. UFR des sciences pharmaceutiques et ingénierie de la santé. 129
- [72]. **J-C. SOMMERARD.** Mon atelier d'aroma l'aromathérapie créative. Editions Marabout ; Paris ; 2012
- [73]. **P. DE BONNEVAL ET F. DUBUS.** Manuel pratique d'aromathérapie au quotidien. Editions Désiris ; Paris ; 2014
- [74]. **T. FOLLIARD.** Le petit Larousse des huiles essentielles. Editions Larousse ; Paris ; 2014
- [75]. **D. Roux-Sitruk.** Conseil en aromathérapie. Editions Groupe liaisons ; 2ème éditions ; Paris ; 2008
- [76]. **J. KALOUSTIAN ET F. HADJI-MINAGLOU.** La connaissance des huiles essentielles, qualilogie et aromathérapie. Editions Springer Verlag ; Paris ; 2012
- [77]. **J-P. ZAHALKA.** Les huiles essentielles. Editions Dauphin ; Paris ; 2010
- [78]. **KALOUSTIAN J., HADJI-MINAGLOU F.** La connaissance des huiles essentielles. Qualilogie et aromathérapie. Springer (2012). 210p.
- [79]. **FRANCHOMME P., PENOËL D.** L'aromathérapie exactement. Encyclopédie de l'utilisation thérapeutique des huiles essentielles. Roger Jollois (2001). 445p.
- [80]. **BASER K.H.C., BUCHBAUER G.** Handbook of essential oils : science, technology and applications. CRC Press (2009). 1ère éd. 991p

- [81]. **PIERRON Charles**. Les huiles essentielles et leurs expérimentations dans les services hospitaliers de France : exemples d'applications en gériatrie gériatologie et soins palliatifs. Thèse de Doctorat UNIVERSITÉ DE LORRAINE. 2014. p 28-34.
- [82]. **PAUL GOETZ KAMEL GHEDIRA**, Herbal Phytothérapie anti-infectieuse, Paris, 2012. p 73-77.
- [83]. **SEU-SABERNO, M.; BLAKEWAY, J.** « La mousse de chêne, une base de la parfumerie », Pour la science, Edition Française de Scientific American, 1984, Mai, 83.
- [84]. **FERNANDEZ X., CHEMAT F.** La chimie des huiles essentielles. Editions Vuibert (2012). 288p.
- [85]. **THORMAR H.** Lipids and essential oils as antimicrobial agents. Wiley (2011). 315p.
- [86]. **FURET A., BELLENOT D.** Les huiles essentielles dans la protection des cultures: une voie en cours d'exploration. Institut technique interprofessionnel des plantes médicinales, aromatiques et industrielles (ITEIPMAI). 2013.
- [87]. **CHAVASSIEUX D.** Les huiles essentielles en protection des cultures ? Analyse et Enquêtes. Institut Technique de l'Agriculture Biologique (ITAB). 2014.
- [88]. **KACHETEL L, SAHMI A.** ÉTUDE DE L'ACTIVITÉ ANTIMICROBIENNE DE L'HUILE ESSENTIELLE EXTRAITE DES FRUITS DE *Coriandrum sativum* L. [Mémoire]. Université UMMTO, 2016.
- [89]. **MAYER F.** utilisation thérapeutique des huiles essentielles. Etude de cas en maison de retraite. [Thèse] Université de Lorraine, 2012.
- [90]. **THOMAS A.** Utilisation des huiles essentielles chez le sportif [thèse]. Université Lorraine, 2016.
- [91]. **ABDELAZIZ M.** Caractérisation activité antimicrobienne de trois espèces de Sauge [thèse]. Chlef. Université Hassiba Benbouali, 2013
- [92]. LE MONITEUR DES PHARMACIES. Cahier pratique : Aromathérapie, le bon usage. 2009, (2767) : 21p

- [93]. **BARLIER L.** Etat des lieux de l'utilisation des huiles essentielles au CHU d'Angers (de 2000 à 2013), 2014. Thèse d'exercice. Université d'Angers. UFR des sciences pharmaceutiques et ingénierie de la santé. 87 p.
- [94]. **E. MILES.** Les huiles essentielles pour les nuls. Editions First-Gründ ; Paris ; 2013
- [95]. **VELE H.** Valorisation officinale des huiles essentielles autorisées dans les phytomédicaments [thèse]. Université Angers, 2015.
- [96]. **LOPEZ-ROMERO JC, GONZALEZ-RIOS H, BORGES A** [et al.].Antibacterial Effects and Mode of Action of Selected Essential Oils Components against *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. Evid. Based Complement. Alternat. Med. 2015.
- [97]. **KALOUSTIAN J, HADJI-MINAGLO F.** La connaissance des huiles essentielles : qualilogie et aromathérapie. Paris. Edition Springer. 2012
- [98]. **FRANCHROME P , JOLLOIS R, PENOEL D.** L'aromathérapie exactement : encyclopédie de l'utilisation des extraits aromatiques. Paris : Edition Roger Jollois. 2001.
- [99]. **CHEMLOUL F.** Etude de l'activité antibactérienne de l'huile essentielle de *Lavandula officinalis* de la région de Tlemcen [mémoire]. Tlemcen, 2014
- [100]. **MAYER F.** utilisation thérapeutique des huiles essentielles. Etude de cas en maison de retraite. [Thèse] Université de Lorraine, 2012.
- [101]. **FRANCHROME P , JOLLOIS R, PENOEL D.** L'aromathérapie exactement : encyclopédie de l'utilisation des extraits aromatiques. Paris : Edition Roger Jollois. 2001. [Thèse] Université de Lorraine, 2012
- [102]. **MAYER F.** utilisation thérapeutique des huiles essentielles. Etude de cas en maison de retraite.
- [103]. **J-C. SOMMERARD.** Mon atelier d'aroma l'aromathérapie créative. Editions Marabout ;Paris ; 2012
- [104]. **J-P. ZAHALKA.** Les huiles essentielles. Editions Dauphin ; Paris ; 2010
- [105]. **C. BONNAFOUS PH.D.** Traité scientifique aromathérapie aromatologie et aromachologie. Editions Dangles ; Escalquens ; 2013

- [106]. **MUTHER L.** Utilisation des huiles essentielles chez l'enfant [these].Faculte de pharmacie de Clermont Ferrand, 2015
- [107]. **Mabberley, D. J.** (1987). The Plant Book. Cambridge: Cambridge University Press
- [108]. **SOMON E (1987)** Arbres, arbustes et arbrisseaux en Algérie. Office des Publications Universitaires. Alger. OPU - Edition 586.
- [109]. **ANDERSON P (1996).**Anacardiaceae (cashew family) *Schinus huigan*Mol., *Schinus molle*L.var. *Huigan*(Mol.), *Schinus molle*var. *areira* (L.) DC. Peace Corps, Bolivia
- [110]. **CHOPINET R., GRISUARD P., CHOUARD P., GUILLAUMIN A., SCHNEITER P.,** 1964. Le bon jardinier 2.La maison rustique (Ed), paris, 1663 P.
- [111]. **OUHERERRE A., ABIDAT R.,** 2018. Caractérisation et l'effet de l'époque de récolte sur la composition des huiles essentielles de *Schinus molle* L.P 9.
- [112]. **IBRAHIM B., AL-NASER.,** 2014. Analysis of fruits *Schinus molle* extractions and the efficacy in inhibition of growth the fungi in laboratory.
- [113]. **JOKER D, CRUZN T, MORALES U.M & Rojas E (2002).***Schinus molle* L., Seed leaflet, No. 57 January 2002, Danida Forest Seed Centre And Banco De Semillas Forestales –Bolivia.
- [114]. **KASIMALA MB., KASIMALA BB.,** 2012. A review on Brazilian pepper plant: *Schinus molle*.
- [115]. **BLEMASSOUD R,** 2013. Mise en valeur les huiles essentielles du faux poivrier.P28.
- [116]. **OLAFSSON K., JAROSZEWSKI JW., SMITT UW., NYMAN U.** 1997. Isolation of angiotensin converting enzyme (ACE) inhibiting triterpenes from *Schinus molle*. Planta Med. 63 : 352–355.
- [117]. [dspace.univ km.dz/jspui/bitstream/123456789/2539/1/memoire%20final.pdf](https://dspace.univ-km.dz/jspui/bitstream/123456789/2539/1/memoire%20final.pdf)
- [118]. **ABDEL-SATTAR E, ZAITOUN A.A, FARAG M.A, GAYED S.H, HARRAZ F.M**(2010). Chemical composition, insecticidal and insect repellent activity of *Schinus molle* L. leaf and fruit essential oils against *Trogoderma granarium* and *Tribolium castaneum*. Department of Pharmacognosy, College of Pharmacy,University of Alexandria, Alexandria, EgyptNat Prod Res. 24(3) p226-35.

[119]. **BRIGITTE S.**, 2006. Biologie microbiologique : résumé de cours, exercices corrigées et commentés, Ellipses, France, p 362.

[120].[dspace.univtebessa.dz:8080/jspui/bitstream/123456789/1346/1/memoire%20finale201829.pdf](https://dspace.univtebessa.dz:8080/jspui/bitstream/123456789/1346/1/memoire%20finale201829.pdf)

[121]. **DUKE, J.A.** (1985). Handbook of medicinal herbs (p. 843). Boca Raton: CRC Press

## **REVUES ET ARTICLES SCIENTIFIQUES :**

[122]. **MPONDO E., DIBONG D S., YEMEDA L C F., PRISO R J., NGOYE A.**,2012. Les plantes à phénols utilisées par les populations de la ville de Douala. Journal of Animal & Plant Sciences, Vol.15,Issue 1: 2083-2098. ISSN 2071-7024.

[123]. **HOGAN D, KOLTER R.**,2002. Why are bacteria referactory to antimicrobials. Current opinion in Microbiology 5: 272–4.

[124]. **MILLAGO H, GUISSON I.P, NACULMA O and TRAORE A.S** (2005). Savoir traditionnel et médicament traditionnels améliorés. Colloque du 9 décembre centre européen de santé humanitaire ; Lyon.

[125]. **YUEQUIN Z, RECIO MC, MANEZ S, GINER RM, CERDA-NICOLAS M, RIOS JL**(2003). Isolation of teo titerpinoids and a biflavanone with anti-Inflammatory activity from Schinus molle fruits. Planta. Med., 69(10): 893-898.

[126]. **SAMATE A D.**, 2002. Compositions chimiques d’huiles essentielles extraites de plantes aromatiques de la zone soudanienne du Burkina Faso: Valorisation P24-25.

[127]. **BOUDERHEM A.**, 2014. Effet des huiles essentielles de la plante *Laurus nobilis* sur l’aspect Toxicologique et morphométrique des larves des moustiques (*Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata*).P19.

[128]. **FLEMMING M, KRAUS B, RASCLE A** [et al.]. Revisited anti-inflammatory activity of matricine in vitro: Comparison with chamazulene. Fitoterapia. 2015, 106 : 122–8

[129]. **FELLAH S, ROMDHANE M, ABDERRABA A.** Extraction et etude des huiles essentielles la *salvia officinalis* . L Journal de la Société Algérienne de la Chimie . ;Vol.16 ;N°2 ;pp 193-202 (2006).

- [130]. **LOZIENE K and VENSKUTONIS P.R** (2006). Chemical composition of the essential oil of *Thymus serpyllum* L. ssp. *serpyllum* growing wild in Lithuania. *Journal of Essential Oil Research*. 2006;18(2):206–211.
- [131]. **BONNET ALVES L** (2002). Chémotypes ou race chimique. *Aromathérapie/ Fiches individuelles des huiles essentielles. Article thym. Documentation Florilab Aromathérapie. www.aromalves.com.*<sup>2</sup>
- [132]. **GUENTHER E** (1972). *The essential oils. Volume 4.* Robert E. Krieger Publishing Co., Malabar Florida: 551-668.
- [133]. **RASMUSSEN K.E. et BAERHEIMS V** (1972). Quantitative determination of the various compounds of the volatile oil in small amounts of plant material by means of gas liquid chromatography. *Terpenes and related compounds XVIII, Pharm Weekblad*, 107, 277-284
- [134]. **GONZÁLEZ-TRUJANO M E, PEÑA E I, MARTÍNEZ A L, MORENO J, GUEVARAFEFER P, DÉCIGA-CAMPOS M, LÓPEZ-MUÑOZ F J** (2007). Evaluation of the antinociceptive effect of *Rosmarinus officinalis* L. Using three different experimental models in rodents *J theopharmacol*. 111:476-482.
- [135]. **DEGRYSE A.C, DELFA I et VOINIER M.A** (2008). Risques et bénéfices possibles des huiles essentielles. *Ecole des Hautes Etudes en Santé Publique*. (2008). 94, 8-11.
- [136]. **APROTOSOAIIE A C, SPAC A D, HANCIANU M, MIRON A, TANASESCU V F, DORNEANU V and STANESCU U** (2010). The chemical profile of essential oils obtained from fennel fruits (*Foeniculum vulgare* Mill.). *FARMACIA*, Vol. 58 (1); pp. 46-54.
- [137]. **MOHAMMADI A, AHMADZADEH T, SANI A, AMERI A, IMANI E M. GOLMAKANI et KAMALI H** (2015). Seasonal variation in the chemical composition, antioxidant activity, and total phenolic content of *Artemisia absinthium* essential oils *Pharmacognosy Res*. 2015 Oct-Dec; 7(4): 329–334. doi: 10.4103/0974-8490.158441 , PMID: PMC4660511.
- [138]. **YAYI-LADEKAN E, KPOVIESSI D S.S, GBAGUIDI F, KPADONOU-KPOVIESSI B.G.H, GBENOU J, JOLIVALT C, MOUDACHIROU M, ACCROMBESSI G.Cet QUETINLECLERCQ J** (2011). Variation diurne de la

composition chimique et influence sur les propriétés antimicrobiennes de l'huile essentielle de *Ocimum canum* Sims cultivé au Bénin / Int. J. Biol. Chem. Sci. 5(4): 1462-1475, 2011.

- [139]. **GRECHE H, MRABET N , ISMAÏLI ALAOUI M. BOUKIR A, BENJILALI B** (2008). Effet de séchage sur le rendement et la composition chimique de l'huile essentielle de *tanacetum annuum* l. Revue afn maroc n ° : 2-3 juillet 2008
- [140]. **GOMES P B, MATA V G, RODRIGUES A E** (2004). « Characterization of Portuguese grown geranium oil (*Pelargonium* sp.) ». J. Essent. Oil Res. 16 (2004) 490–495.
- [141]. **CHEMAT S, LAGHA A, AIT AMAR H, BARTELS P.V et CHEMAT F** (2004) . Comparison of conventional and ultrasound-assisted extraction of carvone and limonene from caraway seeds. Flavour and Fragrance Journal, Vol. 19, pp : 188 – 195.
- [142]. **KUBICA TF, ALVES SH, WEIBLEN R** [et al.]. In vitro inhibition of the bovine viral diarrhoea virus by the essential oil of *Ocimum basilicum* (basil) and monoterpenes. Braz J Microbiol. 2014, 45(1) : 209–14.
- [143]. **SFEIR J, DERBRE S, BAUDOUX D** [et al.]. In Vitro Antibacterial Activity of Essential Oils against *Streptococcus pyogenes*. Evid. Based Complement. Alternat. Med. 2013. Article ID 269161,9.
- [144]. **KEEFOVER-RING K., THOMPSON B J.D., LINHARTY.B.** Beyond six scents: defining a seventh *Thymus vulgaris* chemotype new to southern France by ethanol extraction. Flavour and fragrance journal, 24 : 117-122, 2009
- [146]. **Singh A.K., Dikshit A., Dixit S.M** : Fungitoxic properties of essential oil of *Mentha arvensis varpepiraxens* .Perfumer and flavorist, P : 55- 58 ,1983.
- [147]. **DUQUENOIS P.** : l'utilisation des HE en pharmacie, leur normalisation et l'Europe du Médicaments .Parf.Cosm.Sav . P414 - 418 ,1968.
- [148]. **BURT S.** Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in food a review: international journal of food Microbiology, 94:233- 2373, 2009.

- [149]. **KARANDE P., MITRAGOTRI S.** Enhancement of transdermal drug delivery via synergistic action of chemicals. *Biochimica and biophysica acta*, 1788 (11) : 2362 – 2373, 2009.
- [150]. **BURT S.** Essential oils : their antibacterial properties and potential applications in food - a review. *International journal of food microbiology*, 94 : 223-253, 2004.
- [151]. **CARLSEN K, WEISSMAN K.** Phytophotodermatitis in 19 children admitted to hospital and their differential diagnoses: Child abuse and herpes simplex virus infection. 2007. 88-91 p.
- [152]. **MAGYAR, J., SZENTANDRÁSSY, N., BÁNYÁSZ, T., FÜLÖP, L., VARRÓ, A., & NÁNÁSI, P. P.** (2004). Effects of terpenoid phenol derivatives on calcium current in canine and human ventricular cardiomyocytes. *European Journal of Pharmacology*, 487(13), 2936
- [153]. **LUKE, E.**, 1962. Addiction to mentholated cigarettes. *The Lancet* 279, 110–111.
- [154]. **NORTHOVER, B.J., VERGHESE, J.**, 1962. The pharmacology of certain terpene alcohols and oxides. *Journal of Scientific & Industrial Research* 342–345.
- [155]. **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*.
- [156]. **HUANG, J., WANG, S., LUO, X., XIE, Y., & SHI, X.** (2007). Cinnamaldehyde reduction of platelet aggregation and thrombosis in rodents. *Thrombosis Research*, 119(3), 337342
- [157]. **MANABE A, NAKAYAMA S** ,Sakamatok.Effects of essential oils on Erythrocytes and hepatocytes .*JPN.J.Pharmacol.*1987 ;44 :77-84.
- [158]. **ASTANI A, REICHLING J, SCHNITZLER P.** Screening for antiviral activities of isolated compounds from essential oils. *Evid.Based Complement. Alternat. Med.* 2011, 253643.
- [159]. **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.

- [160]. **TIANLU M., BARFOD A.** *Anacardiaceae*. Flora of China (2008).Vol. (11): 335-357
- [161]. **PELL S. K.** Molecular systematics of the cashew family (*Anacardiaceae*) (2004). pp: 1-193
- [162]. **HICKEY, M.; KING, C.** (2001). Le glossaire illustré de Cambridge des termes botaniques . La presse de l'Universite de Cambridge. p. 30. [ISBN](#) 978-0521790802. Une inflorescence très ramifiée. (*couverture souple* [ISBN](#) 978-0521794015 ).
- [163]. **CHAMORRO E.R, ZAMBON S.N, MORALES W.G, SEQUEIRA A.F.& VELASCOG.A.** Study of the chemical composition of Essential oils by Gas Chromatography. Nat. Tech University, Argentina. 15: p307-324.
- [164]. **PELL S.K., MITCHELL J.D., MILLER A.J. ET LOBOVA T.A., 2011.** **ANACARDIACEAE. IN KUBITZKI K.** The Families and Genera of Vascular Plants. Flowering Plants - Eudicots, Sapindales, Cucurbitales, Myrtaceae. Springer-Verlag, ed., Berlin. p. 7-50.
- [165]. **MITCHELL J.D.,** 2004. Anacardiaceae. In Smith N., Mori S., Henderson A.A., Stevenson D.W., et Heald S.V. Flowering plants of the Neotropics. Princeton University Press, ed., Princeton, NJ. p. 1-616.
- [166]. **BURKILL H.M.,** 1985. Useful plants of West Tropical Africa. Families A-D. Royal Botanic Gardens, ed.,Kew, London. Volume 1. p. 1-960.
- [167]. **MORTON J.F.,** 1981. Atlas of medicinal plants of Middle America - Bahamas to Yucatan. C.C. Thomas,ed., Springfield. p. 1-1420.
- [168]. **SURESH M. ET RAJ R.K.,** 1990. Cardol: the antifilarial principle from *Anacardium occidentale*. Current Science, 59, 477-479.
- [169]. **KUBO I., OCHI M., VIEIRA P.C. ET KOMATSU S.,** 1993. Antitumor agents from the cashew (*Anacardium occidentale*) apple juice. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 41, 1012- 1015.
- [170]. **DANIS Ö., YUCE-DURSUN B., ÇIMEN T., DEMIR S., SALAN Ü., YALÇIN G.** et al., 2014. Evaluation Of Antioxidant, Radical-Scavenging And Acetylcholinesterase Inhibitory Activities Of Various Culinary Herbs Cultivated In Southern Turkey. Journal of Food Biochemistry, 38, 602-611.

- [171]. **KADOKURA K., SURUGA K., TOMITA T., HIRUMA W., YAMADA M., KOBAYASHI A.** et al., 2015. Novel urushiols with human immunodeficiency virus type 1 reverse transcriptase inhibitory activity from the leave of *Rhus verniciflua*. *Journal of Natural Medicines*, 69, 148-153.
- [172]. **KIM K.H., MOON E., CHOI S.U., PANG C., KIM S.Y. ET LEE K.R.**, 2015. Identification of cytotoxic and anti-inflammatory constituents from the bark of *Toxicodendron vernicifluum* (Stokes) F.A. Barkley. *Journal of Ethnopharmacology*, x, x-x.
- [173]. **MUROI H. ET KUBO I.** 1993. Bacterial activity of anacardic acids against *Streptococcus mutans* and their potentiation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 41, 1780-1783.
- [174]. **BEHL P.N. ET CAPTAIN R.M.**, 1979. Skin-irritating and sensitizing plants found in India. Ram Nagar, ed., New Delhi: S. Chand & Co. p. 1-186.
- [175]. **MITCHELL J.D.**, 1990. The poisonous Anacardiaceae genera of the world. *Advances in Economic Botany*, 8, 103-129.
- [176]. **WALTER E., JAEGER P., ORTSCHHEIT A.**, 2016. Jardin botanique de saverne. P 18-20.
- [177]. **JOKER D, CRUZN T, MORALES U.M & Rojas E (2002).** *Schinus molle* L., Seed leaflet, No. 57 January 2002, Danida Forest Seed Centre And Banco De Semillas Forestales –Bolivia.
- [178]. **ABDEL-SATTAR E., ZAITOUN A A., FARAG M A., EL GAYED S H., HARRAZ M H F.**, 2010. Chemical composition, insecticidal and insect repellent activity of *Schinus molle* L. leaf and fruit essential oils against *Trogoderma granarium* and *Tribolium castaneum*. Vol. 24, No. 3, 226–235.
- [179]. **JØKER D., CRUZ N T., MORALES M U., ROJAS E.**, 2002. *Schinus molle*. Seed Leaflet. No.57
- [180]. **MARONGIU B, PORCEDDA A.P.S, CASU R, PIERUCCI P (2004).** Chemical composition of the oil and supercritical CO<sub>2</sub> extract of *Schinus molle* L. *Flavour and Fragrance Journal*, 19, pp.554–558.

- [181]. **ORWA C, MUTUA A, KINDY R, JAMNADASS R, SIMONS A** (2009). Agroforestry Database: a tree reference and selection guide version 04. parasitoid, *Encarsia formosa*. *Journal of Chemical Ecology* 29, p1589-1600.
- [182]. **DIKSHIT A, ALI A, NAQVI A.A & HUSAIN A.** (1986). Schinus molle: a New Source of Natural Fungitoxicant Central Institute of Medicinal and Aromatic Plants, Lucknow-226016, India
- [183]. **DEVECI O, SUKAN A, TUZUN N. & ESIN HAMES KOCABAS E.**(2010). Chemical composition, repellent and antimicrobial activity of Schinus molle L. *Journal of Medicinal Plants Research* Vol. 4(21), p. 2211-2216.
- [184]. **MAFFEI, .M. & CHIALVA, F.** (1990). Essential oil from Schinus molle L. berries and leaves. *Flav. Fragr. J.*, 5 p 49-52.
- [185]. **MENENDEZ P, DELLACASSA E & MOYNA P** (1996). Essential Oils from Leaves of Schinus molle and Schinus lentiscifolius *J. Essent. Oil Res.*, 8, p71-73.
- [186]. **BARROSO M. S. T, VILLANUEVA G, LUCAS A. M, PEREZ G. P, VARGAS R.M.F.BRUN G. W. and CASSELE.** (2011). Supercritical Fluid Extraction of Volatile and Non- Volatile Compounds from Schinus molle L. *Brazilian J. Chem. Engineering.* 28: p305–312.
- [187]. **CHAMORRO E.R, BALLERINI G, SEQUEIRA A. F, VELASCO G** (2008). Chemical composition of essential oil from *Tagetes minuta* L. leaves and flowers. *J. Arg. Chem. Soc.*, 96:p80-86.
- [188]. **BOUYAHYA A., BAKRI Y., ET-TOUYS A., KHOUHLAA A., TALBAOUI A., CHARFI S., ABRINI J., DAKKA N.,** 2017. Resistance to Antibiotics and Mechanisms of Action of Essential Oils against Bacteria. P2-3. *Phytothérapie* DOI 10.1007/s10298-017-1118-z. © Lavoisier SAS.
- [189]. **CHANG S T., CHEN P F., CHANG S C.,** 2001. Antibacterial activity of leaf essential oils and their constituents from *Cinnamomum osmophloeum*. *J. of Ethnopharmacology* , 77,123-127.

- [190]. **ULTEE A., BENNIK M H J., MOEZELAAR R.**, 2002. The phenolic hydroxyl group of carvacrol is essential for action against the food-borne pathogen *Bacillus cereus*. *Applied and Environmental Microbiology* ; 68 ; 1561-1568.
- [191]. **BELHAMEL K., ABDERRAHIM A., LUDWIG R.**, 2008. Chemical composition and antibacterial activity of the essential oil of *Schinus molle* L. grown in Algeria *International Journal of Essential Oil Therapeutics* 2, 175-177.
- [192]. **ROUBI A., SAIDI F., BOUTOUMI H.**, 2010. Identification par CG/MS et Détermination des Effet Antimicrobiens des Huiles Essentielles du Faux Poivrier (*Schinus molle* L). ISSN –2277 – 1247.
- [193]. **SELADIJI M.**, 2014. Etude phytochimique, activités antioxydantes et antimicrobiennes des extraits de cinq plantes médicinales et analyse de leurs huiles essentielles
- [194]. **SALEM Z M., ZAYED Z M., ALI M H., ABD EL-KAREEM S M.**, 2016. Chemical composition, antioxidant and antibacterial activities of extracts from *Schinus molle* wood branch growing in Egypt. *J Wood Sci* .62:548–561.
- [195]. Antimalarial Activity of Seed Extracts of *Schinus molle* Against *Plasmodium berghei* in Mice. A. Mekuria, Mestayet Geta, E. M. Birru, Desalegn Asmelashe Gelayee
- [196]. **FEYERA T., MEKONNEN E., WAKAYO B. U., Assefa S.** Botanical ethnoveterinary therapies used by agro-pastoralists of Fafan zone, Eastern Ethiopia. *BMC Veterinary Research*. 2017;13(1):p. 232. doi: 10.1186/s12917-017-1149-6.
- [197]. **ISSA A., GEDIF T., GEBRE-MARIAM**, et al. Ethno medicinal use of plants among the Somali ethnic group, Jigjiga woreda, eastern Ethiopia. *Ethiopian Journal of Health Development*vol. 2017;31(3):188–199.
- [198]. Chemical Composition, Antioxidant, Alpha-glucosidase Inhibitory, Anticholinesterase and Photoprotective Activities of the Aerial Parts of *Schinus molle* L. Mustapha M. Bouhenna\*, Chawki Bensouici, Latifa Khattabi, Farid Chebrouk and Nabil Mameri

- [199]. Nguyen NH, Ta QTH, Pham QT, Luong TNH, Phung VT, Duong TH, Vo VG, Anticancer activity of novel plant extracts and compounds from *Adenosma bracteosum* (Bonati) in human lung and liver cancer cells. *Molecules*,2020; 25:2912
- [200]. **SHAHAT AA, HIDAYATHULLA S, KHAN AA, ALANAZI AM, AL MEANAZEL OT, ALQAHTANI AS, ALSAID MS, HUSSEIN AA.**Phytochemical profiling, antioxidant and anticancer activities of *Gastrocotyle hispida* growing in Saudi Arabia.*Acta Trop*, 2019; 191:243–7.
- [201]. **ANYASOR GN, IDOWU DP, NABOFA W.** Evaluation of the hepatoprotective effect of oral administration of aqueous fraction of methanolic extract of *Costus afer* leaves during induction of hepatocellular carcinoma with diethylnitrosamine in rats. *Comp Clin Path*, 2020; 29:733– 44.
- [202]. **SIDDIQUI S, AHMAD R, KHAN MA, UPADHYAY S, HUSAIN I, SRIVASTAVA AN.** Cytostatic and anti-tumor potential of Ajwa date pulp against human hepatocellular carcinoma HepG2 cells. *Sci Rep*, 2019; 9:245.
- [203]. **KHLIFI D, HAYOUNI E, VALENTIN A, CAZAUX S, MOUKARZEL B, HAMDI M, BOUAJIL J.** LC–MS analysis, anticancer, antioxidant and antimalarial activities of *Cynodon dactylon* L. extracts. *Indust Crops Prod*, 2013; 45:240–7.
- [204]. **VICHAI V, KIRTIKARA K.** Sulforhodamine B colorimetric assay for cytotoxicity screening. *Nat Protoc*, 2016;1(3):1112–6.
- [205]. **GERAN RI, GREENBERG NH, MACDONALD MM, SCHUMACHER AM, ABBOTT BJ.** Protocols for screening chemical agents and natural products against animal tumors and other biological systems. *Cancer Chemother Rep*, 1972;3:1–103.
- [206]. Effect of leaf and fruit extracts of *Schinus molle* on oxidative stability of some vegetables oils under accelerated oxidation. A. F. Volpini-Klein, C. A. Silva, S. S. Fernandes, C. L. Nicolau, C. Cardoso, A. R. Fiorucci, E. Simionatto
- [207]. **FERRERO, A.A., SA´ NCHEZ CHOPA, C., WERDIN GONZA´ LEZ, J.O., & ALZOGARAY, R.A.** (2007). Repellence and toxicity of *Schinus molle* extracts on *Blattella germanica*. *Fitoterapia*, 78, 311–314.

- [208]. **FERRERO, A.A., WERDIN GONZA´ LEZ, J.O., & SA´ NCHEZ CHOPA, C.** (2006). Biological activity of *Schinus molle* on *Triatoma infestans*. *Fitoterapia*, 77, 381–383.
- [209]. **WIMALARATNE, P.D.C., SLESSOR, K.N., BORDEN, J.H., CHONG, L.J., & ABATE, T.** (1996). Isolation and identification of house fly, *Musca domestica* L., repellents from pepper tree, *Schinus molle* L. *Journal of Chemical Ecology*, 22, 49–59.
- [210]. **DIKSHIT, A., NAQVI, A.A., & HUSAIN, A.** (1986). *Schinus molle*: A new source of natural fungitoxicant. *Applied and Environmental Microbiology*, 51, 1085–1088.
- [211]. **GUNDIDZA, M.** (1993). Antimicrobial activity of essential oil from *Schinus molle* Linn. *Central African Journal of Medicine*, 39, 231–234.
- [212]. **MURRAY, A.P., FRONTERA, M.A., TOMAS, M.A., & MULET, M.C.** (2005). Gas chromatography-mass spectrometry study of the essential oil of *S. longifolia* (Lindl.) sp.eg., *Schinus fasciculata* (Griseb.) I.M. Johnst. and *Schinus areira* L. *Zeitschrift fur Naturforschung*, 60, 25–29
- [213]. **CHANG, K.S., & ANH, Y.J.** (2002). Fumigant activity of (E)-anethole identified in *Illicium verum* against *Blattella germanica*. *Pest Management Science*, 58, 161–166.
- [214]. **ARTHUR, F.H.** (1996). Grain protectants: Current status and prospects for the future. *Journal of Stored Products Research*, 32, 293–302
- [215]. **DUNKEL, F.V., & SEARS, L.J.** (1998). Fumigant properties of physical preparations from mountain big sagebrush, *Artemisia annua* Nutt. For stored grain insects. *Journal of Stored Products Research*, 34, 304–321.
- [216]. **SHAAYA, E., KOSTJUKOVSKI, M., EILBERG, J., & SUKPRAKARN, C.** (1995). Plant oils as fumigants and contact insecticides for the control of stored product insects. *Journal of Stored Products Research*, 33, 7–15

- [217]. **TRIPATHI, A.K., PRAJAPATI, V., AGGARWAL, K.A., KHANUJI, S.P., & KUMAR, S.** (2000). Repellency and toxicity of oil from *Artemisia annua* to certain stored product beetles. *Journal of Economic Entomology*, 93, 43–47.
- [218]. **HARISH, C., AHUJA, D.K., NAGENDER, A., & BERRY, S.K.** (2000). Repellency of different plant extracts and commercial formulations used as prophylactic sprays to protect bagged grain against *T. cataneum*: A field study. *Journal of Food Science and Technology – Mysore*, 37, 582–585
- [219]. **KIM, S., PARK, C., OHH, M.H., CHO, H.C., & AHN, Y.J.** (2003). Contact and fumigant activities of aromatic plant extracts and essential oils against *Lasioderma serricornis*. *Journal of Stored Products Research*, 39, 11–19.
- [220]. **TRIPATHI, A.K., PRAJAPATI, V., VERMA, N., BAHL, J.R., BANSAL, R.P., & KHANUJA, S.P.S.** (2002). Bioactivities of the leaf essential oil of *Curcuma longa* on three species of stored product beetles. *Journal of Economic Entomology*, 95, 183–189.
- [221]. **ABBOTT, W.S.** (1925). A method of computing effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18, 265–267.
- [222]. Kordali, S., Kesdek, M., & Cakir, A. (2007). Toxicity of monoterpenes against larvae and adults of Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera: Chrysomelidae). *Industrial Crops and Products*, 26, 278–297.
- [223]. **MAGANGA, M.E., GRIES, G., & GRIES, R.** (1996). Repellency of various oils and pine oil constituents to house flies (Diptera: Muscidae). *Environmental Entomology*, 25, 1182–1187.

### **LIENS INTERNET :**

- [228]. gemmothérapie-définition [en ligne].consulté en février 2018. Disponible sur : <http://www.passeportsanté.net/fr>
- [229]. Homéopathie-Définition, avantage et controverse. [En ligne].2018 ; consulté le 28février 2018.disponible sur : [www.santé-medecine.journaldesfemmes.fr](http://www.santé-medecine.journaldesfemmes.fr)
- [230]. Cusson C. L’Aromatherapie & Les huiles essentielles [Livre En ligne]. 2007 [consulté en Mars 2018]. Disponible sur : <http://www.doc-developpement-durable.org>

- [231]. <https://www.zayataroma.com/fr/methodes-dextraction?slug=fr/methodesdextraction>. consulté le 15/03/2021.
- [232]. LEGIFRANCE. Article L3322-5 du Code de la santé publique [en ligne]. Mis à jour en juin 2000. [Consulté en août 2015]. Disponible à l'adresse : <[http://www.legifrance.gouv.fr/affichCodeArticle.do?cidTexte=LEGITEXT000006072665&idArticle=LE\\_GIARTI000006688001&dateTexte=&categorieLien=cid](http://www.legifrance.gouv.fr/affichCodeArticle.do?cidTexte=LEGITEXT000006072665&idArticle=LE_GIARTI000006688001&dateTexte=&categorieLien=cid)>
- [233]. PRANAROM : Aromathérapie Scientifique [en ligne]. [Consulté en septembre 2015]. Disponible à l'adresse : <<http://www.pranarom.com/aromatherapie-scientifique>>
- [234]. AFSSAPS. Recommandations relatives aux critères de qualité des huiles essentielles [En ligne]. Mis à jour en mai 2008. [Consulté en septembre 2015]. Disponible à l'adresse : <<http://antafirma.eu/images/afssaps.pdf>>
- [235]. AGENCE FRANCAISE POUR LE DEVELOPPEMENT ET LA PROMOTION DE L'AGRICULTURE BIOLOGIQUE. Le logo bio européen [En ligne]. [Consulté en septembre 2015]. Disponible à l'adresse : <<http://www.agencebio.org/le-logo-bio-europeen>>
- [236]. AGENCE FRANCAISE POUR LE DEVELOPPEMENT ET LA PROMOTION DE L'AGRICULTURE BIOLOGIQUE. La marque AB [En ligne]. [Consulté en septembre 2015]. Disponible à l'adresse : <http://www.agencebio.org/la-marque-ab>
- [237]. Wikipédia. Encyclopédie en ligne. Disponible sur [www.wikipedia.fr](http://www.wikipedia.fr)
- [238]. Biotechnologie végétale. Les huiles essentielles [en ligne]. 2012 [consulté en Janvier 2018]. Disponible sur [http : mira biotéchnologievégétale.blogspot.com](http://mira.biotéchnologievégétale.blogspot.com)
- [239]. The safety in aromatherapy - Aromathrapy science- Pharnaceutical Press 2006 [Internet]. [cité 27 nov 2017]. Disponible sur <http://www.pharmpress.com/files/docs/aromascich07.pdf>
- [240]. EUROPEAN MEDICINES AGENCY. Conclusions scientifiques et motifs du retrait ou des modifications des rubriques correspondantes des caractéristiques du produit, de l'étiquetage, et de la notice [En ligne]. 2012. [Consulté en octobre 2015]. Disponible à l'adresse :

<[http://www.ema.europa.eu/docs/fr\\_FR/document\\_library/Referrals\\_document/Terpenic\\_31/WC50012\\_2524.pdf](http://www.ema.europa.eu/docs/fr_FR/document_library/Referrals_document/Terpenic_31/WC50012_2524.pdf)>

[241]. 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](http://hal-polytechnique.archives-ouvertes.fr/Pastel-00530997/document).

[242]. LAROUSSE. Définitions : photosensibilisation [En ligne]. [Consulté en octobre 2015]. Disponible à l'adresse :  
<<http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/photosensibilisation/60501>>

[243]. AGENCE NATIONALE DE SECURITE DU MEDICAMENT ET DES PRODUITS DE SANTE. Recommandations relatives à l'évaluation du risque lié à l'utilisation des huiles essentielles dans les produits cosmétiques [En ligne]. 2010. [Consulté en octobre 2015]. Disponible à l'adresse  
:<[http://ansm.sante.fr/var/ansm\\_site/storage/original/application/599485607ae049abfac313b71943d612.pdf](http://ansm.sante.fr/var/ansm_site/storage/original/application/599485607ae049abfac313b71943d612.pdf)>

[244]. Activité antifongique [en ligne].consulté en Février 2018. Disponible sur  
[www.infectiologie.com](http://www.infectiologie.com)

[245]. <https://thriveap.com/blog/can-essential-oils-interfere-prescriptions-youre-writing>

### **Autres :**

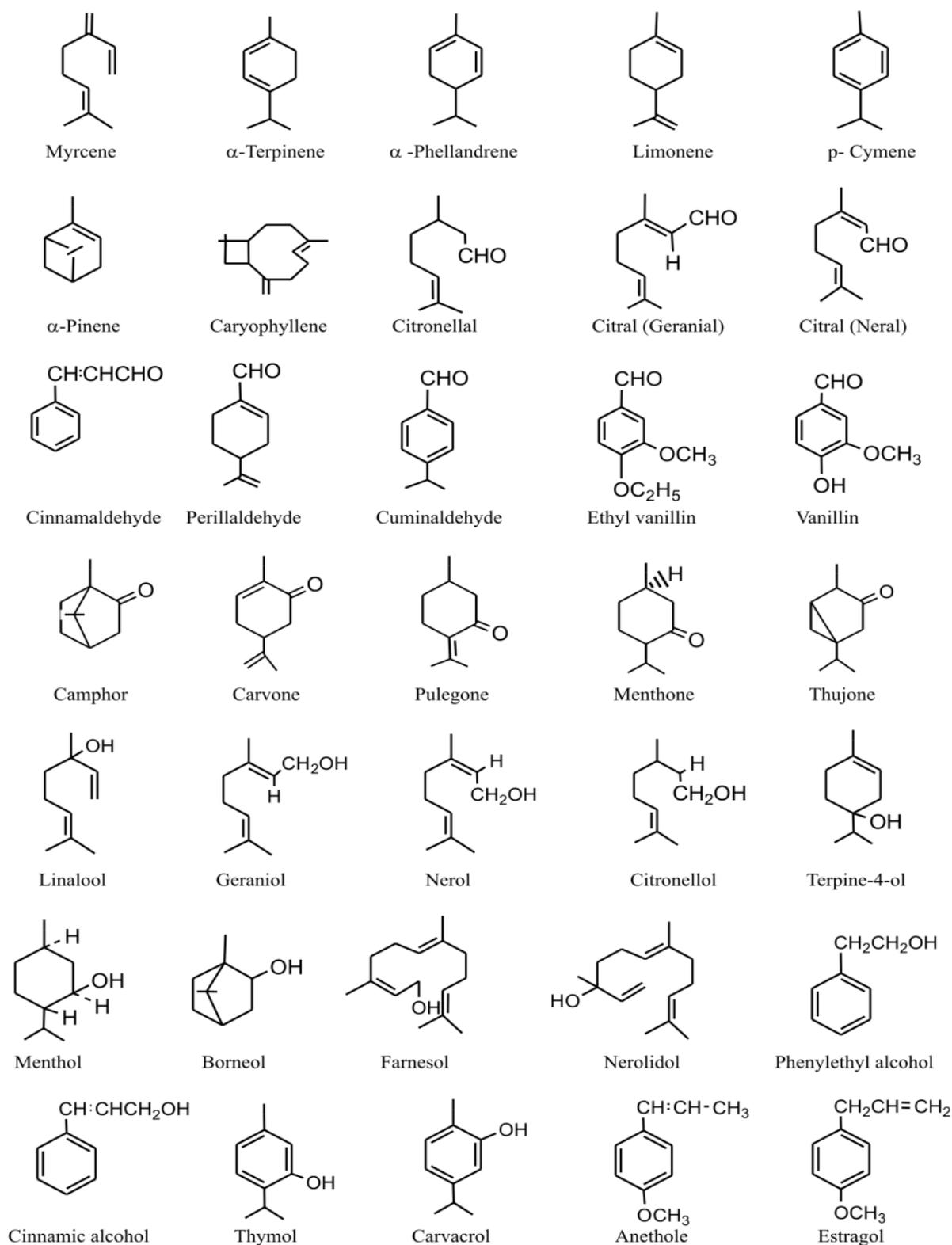
[145]. loi 85-5 du 16 février 1985 relative à la protection et à la promotion de la santé.

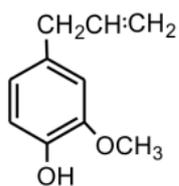
# ***ANNEXES***

## ***LISTE DES ANNEXES***

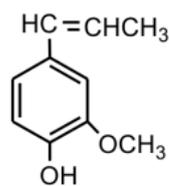
<b>ANNEXE I : DIFFERENTES CONSTITUANTS DES HUILES ESSENTIELLES.....</b>	<b>XXVI</b>
<b>ANNEXE II : LES DIFFERENTES VOIES DE SYNTHESE DES HE.....</b>	<b>XXVII</b>
<b>ANNEXE III: SCHEMA SIMPLIFIE DES VOIES DE SYNTHESE DE L'IPP ET DU DMAPP .....</b>	<b>XXVIII</b>
<b>ANNEXE IV: DIFFERENTES LABELS ATTRIBUES AUX HUILES ESSENTIELLES.....</b>	<b>XXVIII</b>

## ANNEXE I : DIFFERENTES CONSTITUANTS DES HUILES ESSENTIELLES .

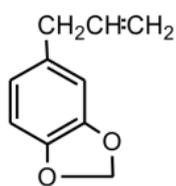




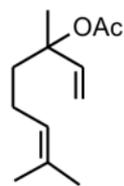
Eugenol



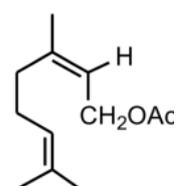
Isoeugenol



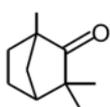
Safrol



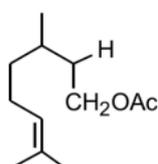
Linalyl acetate



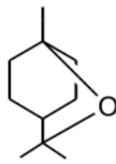
Neryl acetate



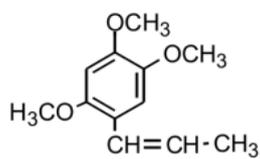
Fenchone



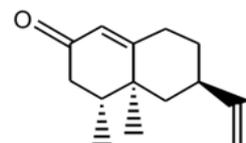
Citronellyl acetate



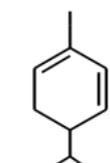
1,8 Cineole



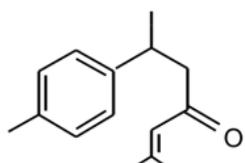
Asarone



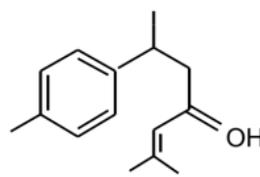
Nootkatone



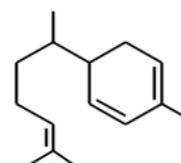
$\alpha$ -Phellandrene



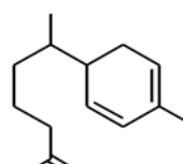
$\alpha$ -Turmerone



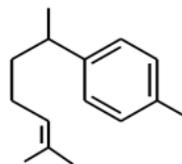
Turmerol



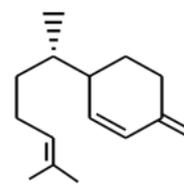
$\alpha$ -Zingiberene



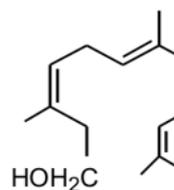
$\beta$ -Zingiberene



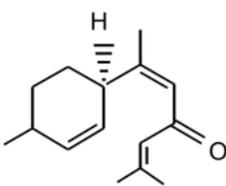
ar-d-Curcumene



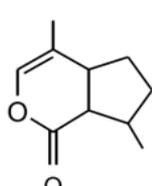
$\beta$ -Sesquiphellandrene



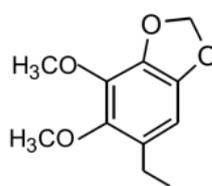
Farnesol



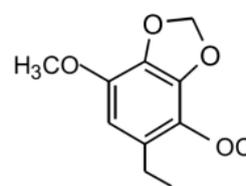
$\alpha$ -Atlantone



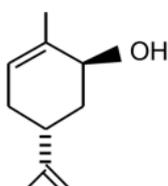
Nepetalactone



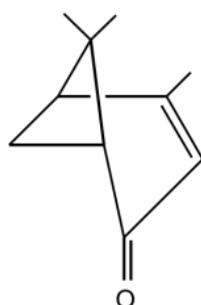
Dillapiole



Apiol



Carveol

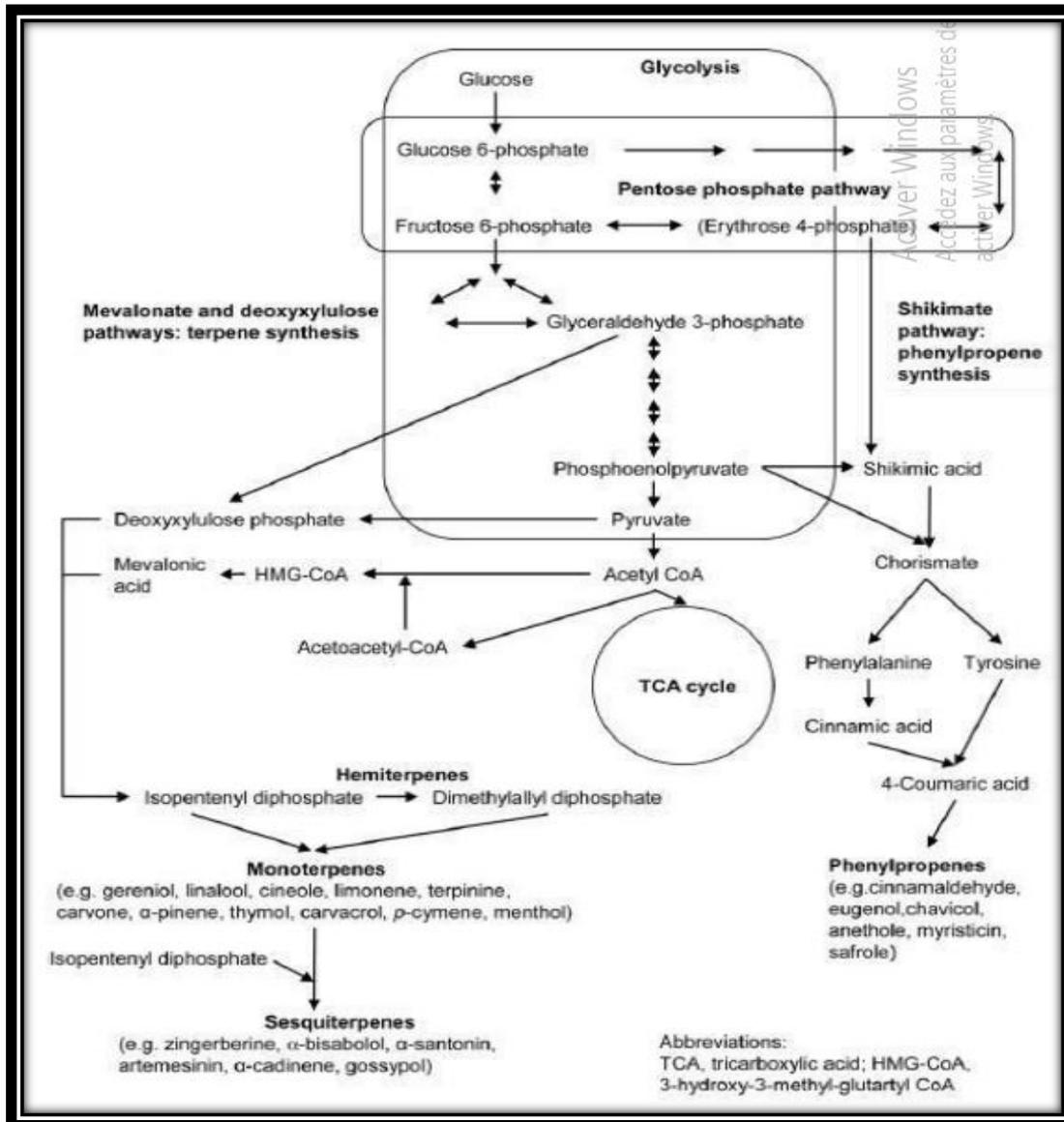


Verbenone

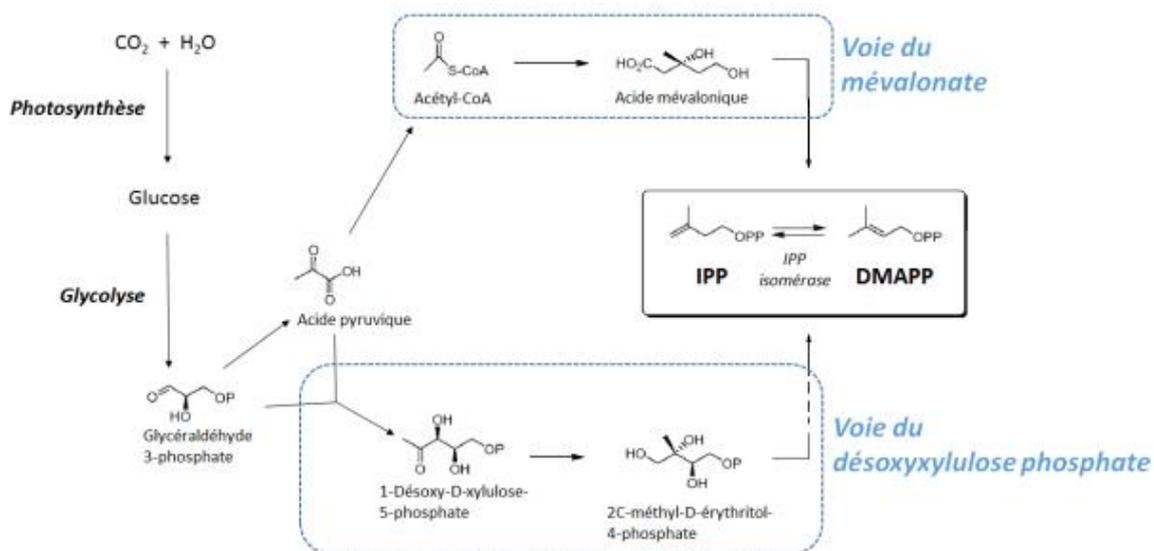


Verbenol

ANNEXE II : LES DIFFERENTES VOIES DE SYNTHÈSE DES HE [36].



**ANNEXE III: SCHEMA SIMPLIFIE DES VOIES DE SYNTHESE DE L'IPP ET DU DMAPP.**



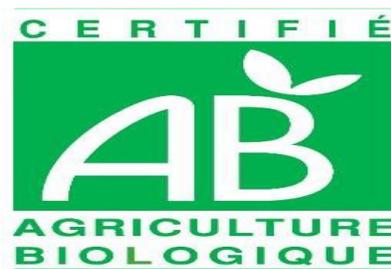
**ANNEXE IV: DIFFERENTES LABELS ATTRIBUES AUX HUILES ESSENTIELLES.**



**Label HEBBD [234].**



**Logo BIO européen [234].**



**Label AB [236].**



**Label HECT [234].**

## **RÉSUMÉ :**

Les huiles essentielles se définissent comme un extrait liquide et aromatique obtenu généralement par distillation à la vapeur d'eau à partir d'une plante. Elles représentent la quintessence de la plante, sous forme de concentré, riche aux très grandes variétés de substances actives identifiées très précisément par analyse chromatographique.

Dans notre recherche bibliographique, nous nous sommes intéressés à l'étude des huiles essentielles de faux poivrier de sorte qu'il existe de nombreuses expériences et études qu'ont prouvé leurs efficacité et leurs importance dans différents domaines, par exemples dans le domaine médicale la possibilité de leurs utilisation comme substances antibactériennes, anticancéreuses, antihelminthiques, antipaludéennes, etc .... Dans le domaine industrielle comme anticorrosive ; et dans l'agriculture par leurs activités répulsive et insecticide.

Cette espèce n'est pas utilisée en thérapeutique en Algérie. Des recherches sur les bienfaits de cette plante sont toujours d'actualité, avec pour conséquence de nouvelles découvertes dont les applications sont nombreuses.

**Mots clés** : Huile essentielle, «Schinus molle», bienfaits

## **ABSTRACT:**

Essential oils are defined as a liquid and aromatic extract usually obtained by steam distillation from a plant. They represent the quintessence of the plant, in the form of concentrate, rich in very wide varieties of active substances identified very precisely by chromatographic analysis.

In our bibliographic research, we have been interested in the study of essential oils of false pepper trees so that there are many experiments and studies that have proven their effectiveness and importance in different fields, for example in the medical field the possibility of their use as antibacterial, anticancer, antihelminthic, antimalarial substances, etc.... . In the industrial field as anticorrosive; and in agriculture through their repellent and insecticidal activities.

This species is not used therapeutically in Algeria. Research into the benefits of this plant is still ongoing, resulting in many new discoveries whose applications are numerous.

**Keywords**: Essential oils, «Schinus molle», benefits.

## الملخص:

تعرف الزيوت الأساسية بأنها مستخلص سائل و عطري يتم الحصول عليه عادة عن طريق التقطير بالبخار من النبات. وهي تمثل جوهر النبات ، في شكل مركز ، غني بأنواع واسعة جدا من المواد الفعالة التي تم تحديدها بدقة شديدة من خلال التحليل الكروماتوغرافي.

لقد اهتمنا في بحثنا الببليوغرافي بدراسة الزيوت الأساسية للفلفل الكاذب بحيث توجد العديد من التجارب والدراسات التي أثبتت فعاليتها وأهميتها في مختلف المجالات ، على سبيل المثال في المجال الطبي إمكانية استخدامها كمواد مضادة للبكتيريا ، مضادة للسرطان ، مضادة للديدان ، مضادة للملاريا ، إلخ .... في المجال الصناعي كمضادة للتآكل. وفي الزراعة من خلال أنشطتها المبيدة و الطاردة للحشرات.

لا يستخدم هذا النوع علاجيا في الجزائر. لا تزال الأبحاث حول فوائد هذا النبات ذات صلة، مع نتيجة الاكتشافات الجديدة التي تعد تطبيقاتها عديدة.

**الكلمات المفتاحية:** الزيت الأساسي, «سكينوس مول» , فوائد.