



MEMOIRE

Présenté

A LA FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

pour obtenir

Le Diplôme des Etudes Supérieures en Biologie (DES)

OPTION : **BIOCHIMIE**

Par

KHODJA S. et KHODJA Z.

THEME

Les plantes aromatiques et leurs huiles essentielles.

BENKHALED A.

M.A. Classe A

Encadreur

GUESSMIA K.

M.A. Classe B

Examineur

Remerciements

Nous remercions tout d'abord le bon dieu de nous avoir donné la santé et la volonté pour arriver à ce niveau d'étude.

Nous tenons à remercier notre révérencieux enseignants qui nous ont éclairé le chemin de savoir et de connaissance. En tête de ces enseignants notre encadreur M^r Benkhaled A., pour l'enseignement qui nous a prodigué, ses précieuses indications et ses conseils nous ont été d'une grande utilité pour la réalisation de ce modeste travail.

Nous tenons à remercier vivement aussi notre examinateur M^{me} Guesmia K. pour son aide et d'avoir accepter de juger ce travail. Nous remercions M^r Sarri M., chef de département, et l'ensemble des enseignants du département de Biologie.

A toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

Résumé

Les plantes ont, toujours, fait partie de la vie quotidienne de l'homme, puisqu'il s'en sert pour se nourrir et se soigner. Les extraits des plantes étaient, déjà, connus et utilisés par les égyptiens, les romains et les grecs, pour leurs propriétés odorantes et médicinales. Les HE sont des métabolites secondaires provenant à partir de plantes dite aromatiques, qui contiennent donc dans leurs fruits, graines, écorces ou racines une grande quantité de molécules aromatiques, ces molécules constituent le ou les principes actifs des certaines plantes. La composition des HE est très complexe. Terpènes, aldéhydes, cétones, phénols, lactones, esters, en sont les composants principaux. Très volatiles, les HE ne rancissent pas; elles sont solubles dans l'huile et dans l'alcool, mais pas dans l'eau. L'identification des constituants a été réalisée en se basant sur la chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC/SM). Les HE présentent souvent des activités biologiques intéressantes (antimicrobienne, antifongique, antivirale,...).

Mots clés : huiles essentielles, composition chimique, méthodes d'extraction et d'identification, activités biologiques.

ملخص

تعتبر النباتات جزءا من الحياة اليومية للإنسان ، يتم استخدامها للغذاء والدواء ، وقد تم استعمال مستخلصاتها من قبل المصريين الرومان والإغريق لاحتوائها على روائح عطرية وخصائص طبية ، الزيوت الأساسية هي أيضا ثنائية مستخلصة من النباتات العطرية تحتوي على كميات كبيرة من الجزيئات العطرية الموجودة في الفواكه ، البذور ، اللحاء ، أو الجذور : التربينات ، الالدهيدات ، الكيتونات ، الاسترات وهي المكونات الأساسية

الزيوت الأساسية هي مواد طيارة و قابلة للتزنخ، قابلة للذوبان في الزيت والكحول وليس في الماء ويتم التعرف على التركيب الكيميائي لهذه الزيوت بواسطة الكروماتوغرافية الغازية المربوطة إلى الطيف الكتلي. تمتلك الزيوت الأساسية عدة نشاطات بيولوجية (مضاد للجراثيم والفطريات ومضادة للفيروسات ...)

المفتاح: الزيوت الأساسية ، المكونات الكيميائية ، طرق الاستخلاص والكشف ، نشاطات بيولوجية .

Abstract

Plants have always been part of daily life of man, since it is used for food and medicine. The extracts of plants were already known and used by the Egyptians, Romans and Greeks, for their scent and medicinal properties. The essential oils are secondary metabolites derived from aromatic plants known, which therefore contain in fruit, seeds, bark or roots, a large amount of aromatic molecules, these molecules are the active principle of some plants. The compositions of essential oils are very complex. Terpenes, aldehydes, ketones, phenols, lactones, esters, are the main components. Very volatile, essential oils do not go rancid and are soluble in oil and alcohol, but not in water. Identification of constituents was performed based on gas chromatography coupled with mass spectrometry (GC / MS). The essential oils often exhibit interesting biological activities (antimicrobial, antifungal, antiviral,...).

Keywords: essential oils, chemical composition, methods of extraction and identification, biological activities.

SOMMAIRE

Abréviations	
Sommaire des figures	
Sommaire des tableaux	
Introduction	01
Historique	02
Chapitre I : les plantes aromatiques	
I.1 Définition d'une plante aromatique	03
I.2 <i>Juniperus phoenicea</i>	
I.2.1 Description	04
I.2.2 Classification	04
I.2.3 Utilisation	04
I.2.4 Composition chimique	05
I.3 <i>Cymbopogon citratus</i>.	
I.3.1 Description	06
I.3.2 Classification	06
I.3.3 Utilisation	06
I.3.4 Composition chimique	07
I.4 <i>Mentha spicata</i> L.	
I.4.1 Description	08
I.4.2 Classification	08
I.4.3 Utilisation	08
I.4.4 Composition chimique	09
Chapitre II : Les huiles essentielles	
II.1 Définition	10
II.2 Etat naturel des HE et leurs rôles dans les plantes	10
II.3 Composition chimique d'HE	11
II.3.1 Terpénoïdes	11
II.3.1.1 Monoterpènes	13
II.3.1.2 Sesquiterpènes	14
II.3.1.3 Diterpènes	15
II.3.1.3 Triterpènes	16

II.3.1.4 Tétraterpènes	17
II.1.3.5 polyterpènes	18
II.3.2 Composés aromatiques	19
II.3.3 Composés d'origines diverses	20
II.4 Caractéristiques physicochimiques des HE	21
II.5 Utilisation des HE	21
II.6 Variation de la composition chimique des HE	21
II.7 Chémotype	21
II.8 Conservation	21
Chapitre III : Méthodes d'extraction, de séparation et de caractérisation des HE	
III.1 Méthodes d'extraction	22
III.1.1 Distillation à la vapeur d'eau	22
III.1.2 Expression à froid	22
III.1.3 Enfleurage	23
III.1.4 Extraction par solvants organiques volatils	23
III.1.5 Extraction par expression	23
III.1.6 Extraction aux fluides supercritiques	23
III.1.7 Extraction assistée par micro-onde	24
III.2 Caractérisation des HE	24
III.3 Méthodes de séparation des HE	24
III.3.1 Chromatographie sur couche mince (TLC)	24
III.3.2 Chromatographie en phase gazeuse (GC)	25
III.3.3 Chromatographie liquide (LC)	25
III.3.4 Chromatographie liquide à haute pression (HPLC)	25
III.4 Identification des constituants des HE	26
Chapitre IV : Les activités biologiques des HE	
IV Activités biologiques des HE	27
IV.1 Activité antioxydante	27
IV.2 Activité antiinflammatoire	28
IV.3 Activité antibactérienne	28
IV.4 Activité antifongique	29
IV.5 Activité antivirale	30
IV.6 Activité Anticancereuse	30
IV.7 Activité antileishmanienne	30

IV.8 Activité antiseptique	31
IV.9 Toxicité des HE	31
Conclusion	32
Bibliographie	

Sommaire des figures

Figure 01: Photo de <i>Juniperus phoenicea</i>	04
Figure 02: Photo de <i>Cymbopogon citratus</i>	06
Figure 03: Photo de <i>Mentha spicata</i> L	08
Figure 04: Structure de l'unité isoprénique	11
Figure 05: Conversion du GPP en terpènes supérieurs	12
Figure 06: Exemples de monoterpènes acycliques (a) et monocycliques (b)	13
Figure 07: Exemples de monoterpènes bicycliques	14
Figure 08: Exemples des sesquiterpènes acycliques (a) et bicycliques (b)	14
Figure 09: Exemples de diterpènes monocycliques (a), bicycliques (b) et tricycliques (c) ..	15
Figure 10: Formation des phytostérols et triterpènes pentacycliques à partir de l'époxysqualène	16
Figure 11: Exemples de tétraterpénoides	17
Figure 12: Quelques exemples de polyterpènes	18
Figure 13: Exemples de composés aromatiques	19
Figure 14: Exemples des composés d'origines diverses	20

Sommaire des tableaux

Tableau 01: Composition d'huile essentielle du <i>Juniperus phoenicea</i>	05
Tableau 02: Composition d'huile essentielle de <i>Cymbopogon citratus</i>	07
Tableau 03: Composition d'huile essentielle du <i>Mentha spicata</i> L	09

ABBREVIATIONS

HE: Huiles Essentielles.

IPP: Isopenténylpyrophosphate.

DMAPP: Pyrophosphate de Diméthallyle.

GPP: Géranyl PP.

FPP: Farnésyl PP.

GGPP: Géranylgéranyl PP.

TLC: Thin Layer Chromatography.

LC: Liquid Chromatography.

HPLC: High Pressure Liquid Chromatography.

GC-MS: Gaz Chromatography Couple to the Spectrometry of Mass.

INTRODUCTION

La phytoaromathérapie est la plus vieille thérapeutique du monde. Elle a toujours existé puisque les plantes n'ont jamais cessé d'être utilisées comme plantes condimentaires et/ou médicinales (thym, estragon, basilic, menthe). Par opposition aux drogues obtenues par synthèse chimique ou par extraction des principes actifs, la phytoaromathérapie est la médecine naturelle par excellence. Les produits chimiques sont des substances mortes, donc dangereuses, perturbatrices des systèmes métaboliques naturels vitaux.

Si l'on se réfère à l'acception étymologique et moderne du terme, l'aromathérapie se définit comme le traitement, à titre préventif ou curatif, des maladies physiques et psychosomatiques par les "arômes végétaux" : les huiles essentielles (HE) et les essences extraites des plantes odoriférantes, qui possèdent des vertus médicinales, administrées par les différentes voies compatibles avec leur nature huileuse (Odoul, 2003).

L'aromathérapie fait partie de ce patrimoine végétal qu'il faut préserver et protéger. Les HE chémotypées ont un très large spectre d'action sur diverses thérapies. Rien que sur le plan pathologique, personne ne peut nier actuellement, l'efficacité anti-infectieuse des HE. Les problèmes de l'abus des antibiotiques présentent l'usage des HE comme l'unique alternative de substitution dans la plupart des cas d'infection. Les HE chémotypées, avec leur composition, leur nature et avec une posologie dosée et étudiée cliniquement, n'induisent ni résistance des germes, ni atteinte du système immunitaire, ni sélectivité des flores saprophytes et pathogènes. L'aromathérapie, multiséculaire, est aujourd'hui entrain de gagner du terrain dans le monde médical, cosmétique, agro-alimentaire et vétérinaire. Des chercheurs scientifiques confirmés du monde entier sont déterminés à rendre le mérite à cette discipline en assurant de grands efforts dans divers domaines de recherches fondamentales et appliquées (Zhiri et Baudoux, 2009).

La phytothérapie est basée sur l'utilisation des produits végétaux pour le traitement des maladies humaines, animales ou végétales (Mohammedi et al., 2010).

HISTORIQUE

L'utilisation des HE et des essences est connue depuis l'antiquité.

Au Moyen Orient, 4000 ans avant JC, les Sumériens utilisaient déjà les plantes aromatiques et médicinales (le fenouil, le pin, le galbanum). Les Arabes monopolisèrent longtemps le commerce des épices et participèrent activement aux techniques de distillation des HE. En Inde, la médecine ayurvédique utilise également de nombreuses plantes aromatiques. En Égypte, Imhotep, médecin du pharaon, connaissait très bien l'emploi des plantes aromatiques parmi lesquelles figuraient le cèdre du Liban, le labdanum, le nard, l'encens, la myrrhe, le cumin, le laurier, l'anis, la cannelle. Les Égyptiens fabriquaient déjà des produits aromatiques variés : huiles, onguents, eaux par fumées, préparations cosmétiques, préparations à l'embaumement des momies

Les Romains, au premier siècle après JC, recensent dans de *Materia Medica*, écrit par Dioscoride, pas moins de 519 espèces de plantes. Les bains aromatiques, les lotions, les onguents, et les crèmes parfumées étaient d'usage quotidien à Rome. En Amérique, les civilisations avancées des Aztèques, Mayas et Incas connaissaient parfaitement l'emploi des drogues végétales aromatiques, baume de styrax, de copaïba, de sassafras qu'ils utilisaient en l'état pour guérir infections et plaies.

En France, pays phare de l'extraction industrielle par distillation à la vapeur d'eau, quelques grands noms ont donné des lettres de noblesse à l'aromathérapie : 1918 : R.M.Gattefossé, véritable père de l'aromathérapie moderne, chimiste et parfumeur, se consacre à l'étude antibactérienne des HE. 1998: La société SINAFIA, grâce à sa collaboration avec l'école française aromathérapie (EFA), a été la première au monde à proposer au grand public, des complexes d'HE utilisables au quotidien ainsi que des HE sous forme de gélules. Ce créneau a été aujourd'hui investi par de nombreux laboratoires. Cependant le laboratoire PRANAROM reste le premier dans ce domaine, tant au niveau de la qualité que de l'élaboration des complexes proposés (Odoul, 2003).

Chapitre I

Les plantes aromatiques

I. Les plantes aromatiques

I.1 Définition d'une plante aromatique

Le monde végétal est riche de 800.000 espèces de plantes dont une partie seulement est capable de synthétiser des essences. Seules les Plantes aromatiques qui, dans l'échelle végétale représentent une certaine perfection, sont susceptibles de dégager une odeur bonne ou mauvaise. Ces végétaux supérieurs, considérés comme les plus évolués, sont répartis dans une cinquantaine de familles.

Ces plantes sont riches en molécules aromatiques caractéristiques de chacune d'entre elles dont la composition biochimique déterminera les propriétés thérapeutiques ou toxiques. Dans toutes les parties du globe, les civilisations ont montré un intérêt manifeste pour les plantes aromatiques en médecine, en cuisine et en parfumerie (Odoul, 2003).

Une plante médicinale aromatique est une plante que l'on cultive ou que l'on cueille dans son milieu naturel pour ses propriétés médicinales. L'être humain utilise des plantes depuis des milliers d'années pour traiter divers maux, le monde végétale est à l'origine d'un grand nombre de médicaments (Benayad, 2008).

I.2 Exemples de quelques plantes aromatiques

I.2.1 *Juniperus phoenicea*

I.2.1.1 Description

Juniperus phoenicea (genévrier de phénicie, "Araar") est une plante appartenant à la famille des cupressacées. C'est un arbre branchu pouvant atteindre 8 mètres de hauteur, possédant un tronc court qui peut atteindre 2 mètres de circonférence (figure 01). Cette espèce est monoïque, la floraison a lieu pendant l'hiver et la fructification à la fin de l'été de l'année suivante. A maturité, les fruits sont bruns rouges et luisants. Elle devient de plus en plus rare sous l'effet de son exploitation abusive (Akrou, 2001).

I.2.1.2 Classification

Règne : plantae.
Sous règne : tracheobionta.
Division : pinophyta.
Classe : pinopsida.
Ordre : pinales.
Famille : cupressaceae.
Genre : *Juniperus*.

I.2.1.3 Utilisation

Cette espèce est très utilisée en médecine traditionnelle: Les feuilles sont utilisées sous forme de décoction pour soigner le diabète, diarrhée et rhumatisme alors que les fruits séchés et réduits en poudre peuvent guérir les ulcérations de la peau et les abcès (Akrou, 2001).



Fig. 01 : photo de *Juniperus phoenicea*.

I.2.1.4 Composition chimique

Le tableau I donne les composants chimiques de l'HE de *Juniperus phoenicea*.

Tableau I : Les composants chimiques de l'HE du *Juniperus phoenicea*.

(Derwich et al., 2010).

composants	Indice de Kovats (IK)	%
piperitone	1548	1.56
γ -terpinene	988	1.28
Trans-pinocarveol	1321	1.23
linalool	1072	2.54
caryophyllene oxide	1506	0.45
α-pinene	938	49.15
myrcene	948	5.24
borneol	1128	0.36
ρ -cymene	1032	1.10
3-carene	1004	1.05
α -phellandrene	954	7.39
α -terpineol	1133	1.02
γ -cadinene	1430	1.01
β -caryophyllene	1984	0.98
β -pinene	924	3.58
bornyl acetate	1267	0.53
terpinolene	1042	0.91
germacrene B	1572	0.65
germacrene D	1505	0.68
verbenol	1126	0.31
camphene	933	0.28
tricyclene	719	0.21
β -eudesmol	1583	0.36
Monoterpene hydrocarbures		70.19
monoterpene hydrocarbure Oxygéné		7.38
Sesquiterpenes		3.32
Sesquiterpenes Oxygénés		0.45
Autres		0.53
Identification Totale des Composants		81.87

I.2.2 *Cymbopogon citratus*

I.2.2.1 Description

Cymbopogon citratus : est une herbe pérenne poussant en touffe dense. La plante qui est originaire de l'Inde, plante herbacée à longues feuilles linéaires, dressées, de 90 cm à 2 m de long, à bords rugueux et coupants, de couleur verte bleutée assez pâle. Tiges creuses, bulbeuses à la base, enveloppées dans la gaine des feuilles. Plante vivace par ses rhizomes (figure 02) (Tchoumboungang et al., 2009).

I.2.2.2 Classification

Règne : plantae.
Division : magnoliophyta.
Classe : liliopsida.
Ordre : cyperales.
Famille : poaceae.
Genre : *Cymbopogon*.

I.2.2.3 Utilisation

Les extraits de *Cymbopogon citratus* sont largement utilisés dans la pharmacopée traditionnelle, notamment pour soulager les maux d'estomac (Tchoumboungang et al., 2009).



Fig. 02 : photo de *Cymbopogon citratus*.

I.2.2.4 Composition chimique

Les constituants de l'HE de *Cymbopogon citratus* sont regroupés dans le tableau II.

Tableau II : composition de l'HE de *Cymbopogon citratus*.
(Tchoumboungang et al., 2009).

composants	Indice de Kovats (IK)	%
Composés aliphatiques		0,6
Nonanal	1 087	0,6
Monoterpènes		97,4
Monoterpènes hydrocarbonés		15,8
α -Thujène	926	<0,1
Sabinène	966	0,9
Myrcène	980	14,0
p-Cymène	1 016	0,2
β -Phellandrène	1 026	0,3
(Z)- β -Ocimène	1 035	0,2
(E)- β -Ocimène	1 040	0,1
Terpinolène	1 085	0,1
Monoterpènes oxygénés		81,6
Fenchone	1 084	0,1
Linalol	1 098	<0,1
Pinocarvéol	1 126	0,4
Camphre	1 140	1,8
Bornéol	1 164	2,0
Terpinène-4-ol	1 173	0,1
α -Terpinéol	1 180	<0,1
Néral	1 232	21,9
Géranol	1 244	15,6
Géranial	1 260	39,3
Acétate de géranyle	1 282	0,1
Carvacrol	1 300	0,3
Sesquiterpènes		0,5
Sesquiterpènes hydrocarbonés		0,5
δ -Elémène	1 340	0,2
α -Cubébène	1 352	0,1
α -Ylangène	1 373	<0,1
β -Caryophyllène	1 432	<0,1
α -Guaiène	1 439	0,1
γ -Muuroène	1 477	0,1

I.2.3 *Mentha spicata* L.

I.2.3.1 Description

Habitat original : Afrique du Nord.

Biotope : Sol maigre, coteau montagneux et ensoleillé.

Hauteur : 30 à 80 cm.

Feuilles : • vert foncé au goût piquant et savoureux ;
• ovales pointues, à peine découpées, non dentées.

Fleurs : groupées en inflorescences compactes, odorantes, de couleur rose pourpre (juillet - septembre), entourées de bractées ovales recouvrantes et fixées sur des tiges dressées assez velues

Fruit : tétrakène lisse débordant d'huile grasse (figure 03) (Charleroi, 1997).

I.2.3.2 Classification

Règne : plantae.
Sous règne : tracheobionta.
Division : angiospermes.
Classe : mentheae.
Ordre : lamiales.
Famille : lamiacées.
Genre : *Mentha*.

I.2.3.3 Utilisation

- Infections aiguës et chroniques des voies respiratoires (angine, laryngite, trachéites, bronchites...)
- Infections intestinales, bactériennes, virales et parasitaires (diarrhée, amibiase, Crohn, dysenteries, paludisme)
- Otites, sinusites
- Cystites, urétrites, néphrites
- Dermatoses infectieuses et parasitaires (acnés, gale) (Charleroi, 1997).



Fig. 03 : photo de *Mentha spicata* L.

I.2.3.4 Composition chimique

La composition chimique de l'HE de *Mentha spicata* L est détaillée dans le tableau III.

Tableau III: Composition d'HE de *Mentha spicata* L (Juge, 2007).

composants	Indice de Kovats (IK)
α -Thuyène	0,09
α -Pinène	1,26
Sabinène	0,90
β -Pinène	1,46
Myrcène	2,53
Octan-3-ol	0,74
3-Carène	0,20
α -Terpinène	0,33
<i>p</i> -Cymène	0,40
Limonène	23,65
<i>cis</i> - β -Ocimène	0,07
γ -Terpinène	0,63
4-Thujanol	0,54
1-Octanol	0,08
Terpinolène	0,29
Linalol	0,21
Isomenthone	0,52
Menthone	0,73
Menthol	2,47
Terpinèn-4-ol	1,59
α -Terpinéol	0,53
<i>trans</i> -Dihydrocarvone	3,22
Acétate d'octyl	0,09
<i>trans</i> -Carvéol	0,78
Carvone	45,35
Pipéritone	0,83
Oxyde de carvone	0,11
α -Copaène	0,07
β -Elémène	0,23
<i>Cis</i> -jasmone	0,18
β -Caryophyllène	1,65
β -Cubébène	0,38
Farnésène	0,57
α -Caryophyllène	0,17
γ -Murolène	0,06
D-Germacrène	0,75
α -Cadinène	0,18
δ -Cadinène	0,11
Total identifié	94,00%

Chapitre II

Les huiles essentielles

II.1 Définition des HE

Les HE, appelées également essences, peuvent être définies comme des substances odorantes volatiles contenues dans les végétaux (Legrand, 1994). Elles sont par définition des métabolites secondaires produits par les plantes comme moyen de défense contre les ravageurs phytophages (Chiasson et Beloin, 2007).

Les HE diffèrent entièrement dans les deux propriétés chimiques et physiques des huiles fixes qui sont des lipides, à l'exception des huiles d'amandes amères, qui sont produites par l'hydrolyse des glucosides (Trease et Evans, 1985).

Les HE n'existent quasiment que chez les végétaux supérieurs; il y aurait, selon Lawrence, 17500 espèces aromatiques (Bruneton, 1999).

II.2 Etat naturel des HE et leurs rôles dans les plantes

II.2.1 Répartition et localisation

Les HE n'ont pas une présence générale chez les végétaux. Environ 1% des espèces élaborent des essences. Certaines familles se caractérisent par un grand nombre d'espèces à essences qu'elles regroupent et en particulier les labiés (thym, menthe, lavande, etc.), les Ombellifères (Anis, Fenouil, Persil, etc.), les Myrtacées (myrthe, eucalyptus), les Lauracées (camphrier, cannelle) (Benayad, 2008).

Les HE n'existent quasiment que chez les végétaux supérieurs. Ils peuvent être accumulées dans tous les types d'organes végétaux par exemple des fleurs (oranger, rose, lavande) mais aussi des feuilles (citronnelle, eucalyptus, laurier noble) et, bien que cela soit moins habituel, dans des écorces (cannelier), des bois (bois de rose, camphrier, santal), des racines (vétiver), des rhizomes (curcuma, gingembre), des fruits secs (anis, badiane, persil), des graines (muscade). Si tous les organes d'une même espèce peuvent renfermer une HE, la composition de cette dernière (qualitative et quantitative) peut varier selon sa localisation dans la plante.

La biosynthèse et l'accumulation des molécules aromatiques sont généralement associées à la présence de structures histologiques spécialisées (cellules à essence, poches sécrétrices, canaux sécréteurs ...), souvent localisées sur ou à proximité de la surface de la plante (Desmares et al., 2008).

II.2.2 Teneur

La teneur d'une drogue en HE est généralement faible, de l'ordre de 1 % à 1 ‰, Il existe cependant quelques exceptions : Badiane de Chine (*Illicium verum*), où la teneur en essence est supérieur à 5% ; clou de girofle (*Syzygium aromaticum*) qui renferme plus de 15 % d'essence (Paris et Hurabielle, 1981 ; Guignard, 2000).

II.2.3 Rôles dans la plante

Les rôles des HE restent encore mal connus : pour certains auteurs, les HE auraient un rôle attractif vis-à-vis des insectes et favoriseraient donc la pollinisation. Pour d'autres, elles exerceraient une action antiseptique vis-à-vis de certains microorganismes (champignons) et auraient un rôle protecteur (Paris et Hurabielle, 1981).

II.3 Composition chimique des HE

Les HE sont des mélanges complexes de constituants qui appartiennent, de façon quasi exclusive, à deux groupes caractérisés par des origines biogénétiques distinctes : le groupe des terpénoïdes d'une part et le groupe des composés aromatiques dérivés du phénylpropane beaucoup moins fréquents d'autre part (Paris et Hurabielle, 1981 ; Bruneton, 1999). Ces extraits contiennent en moyenne 20 à 60 composés qui sont pour la plupart des molécules peu complexes, soit des monoterpènes avec leurs phénols reliés, et des terpènes plus complexes, dont les Sesquiterpenes (Chiasson et Beloin, 2007).

II.3.1 Terpénoïdes

Les terpénoïdes sont classés principalement selon le nombre d'unités de l'isoprènes (C_5) (figure 04) dans la molécule, sur la base que le plus simple des membres contient deux unités. Ainsi, on a les monoterpénoïdes, sesquiterpénoïdes, diterpénoïdes, triterpénoïdes, tetraterpenoides et polyterpenoides.

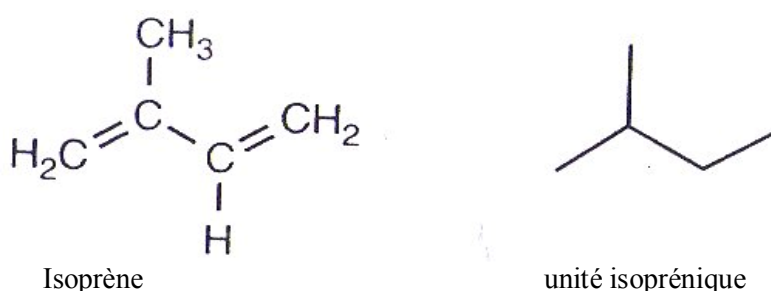


Fig. 04 : Structure de l'unité isoprénique.
(Guignard, 2000).

La majorité des terpénoïdes comprend une grande variété d'hydrocarbures, d'oxygène : alcools, aldéhydes, cétones, acides carboxylique et des lactones sont communs, et il ya un bon nombre d'oxydes. terpenoide Beaucoup contiennent plus d'un groupe fonctionnel, et un certain nombre de terpénoïdes plus naturellement que les esters ou glycosides, et se caractérisent par leurs odeurs habituellement agréable (Bruneton, 1999).

La classification secondaire dépend du nombre et la taille des anneaux dans la molécule, et sur les groupes fonctionnels présents, et ils sont peu à peu remplacés par des méthodes basées sur nos connaissances de plus en plus des voies de biosynthèse des terpènes (figure 05) (Templeton, 1988)

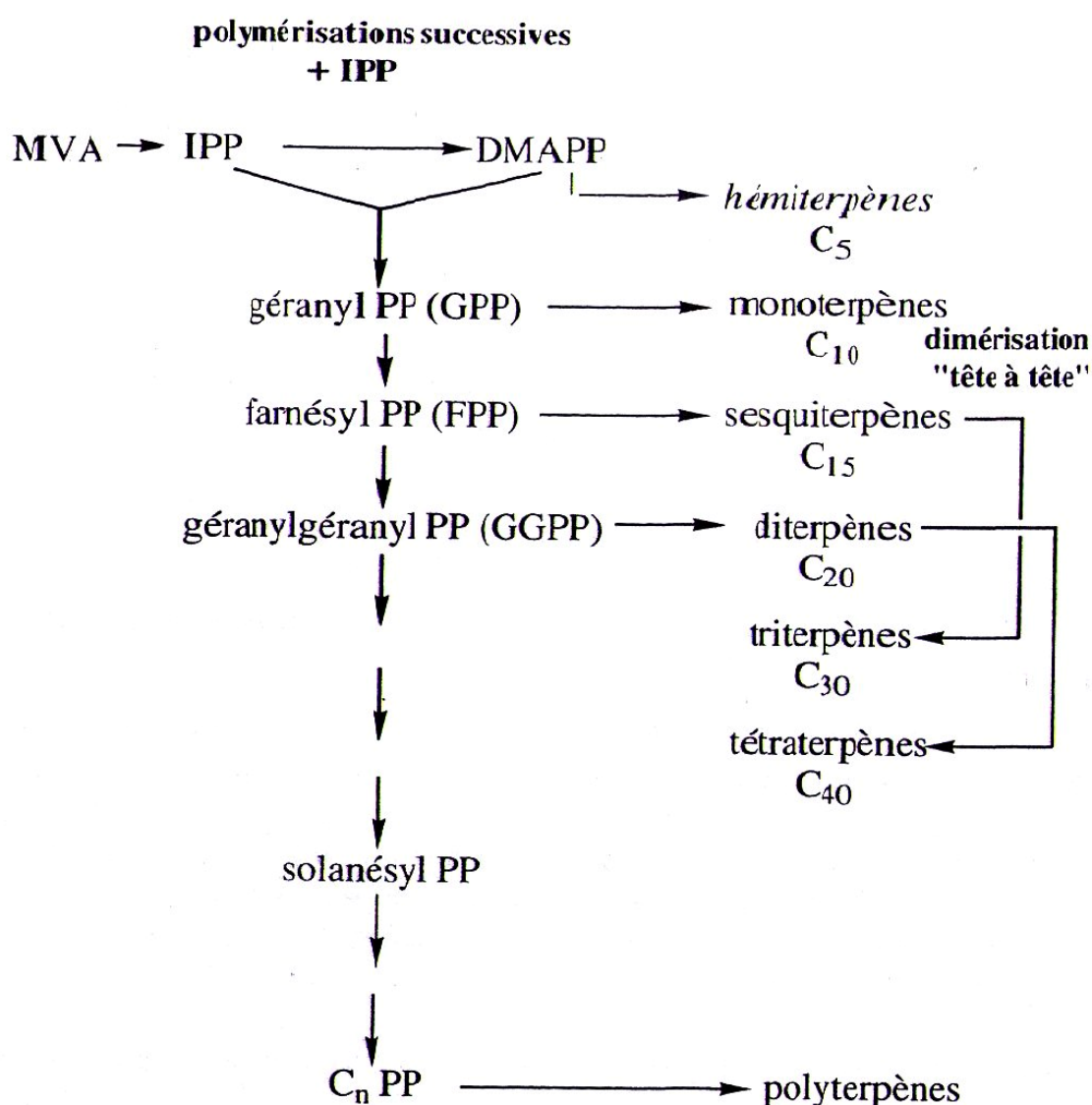


Fig. 05 : Conversion du GPP en terpènes supérieurs.

(Guignard, 2000).

II.3.1.1 Monoterpènes (C₁₀)

Les carbures sont presque toujours présents. Ils peuvent être acycliques, monocycliques (figure 06) ou bicycliques (figure 07). Ils constituent parfois plus de 90% de l'HE. La réactivité des cations intermédiaires représente l'existence de nombreuses molécules fonctionnalisées : alcools, aldéhydes, cétones, esters, etc (Bruneton, 1999).

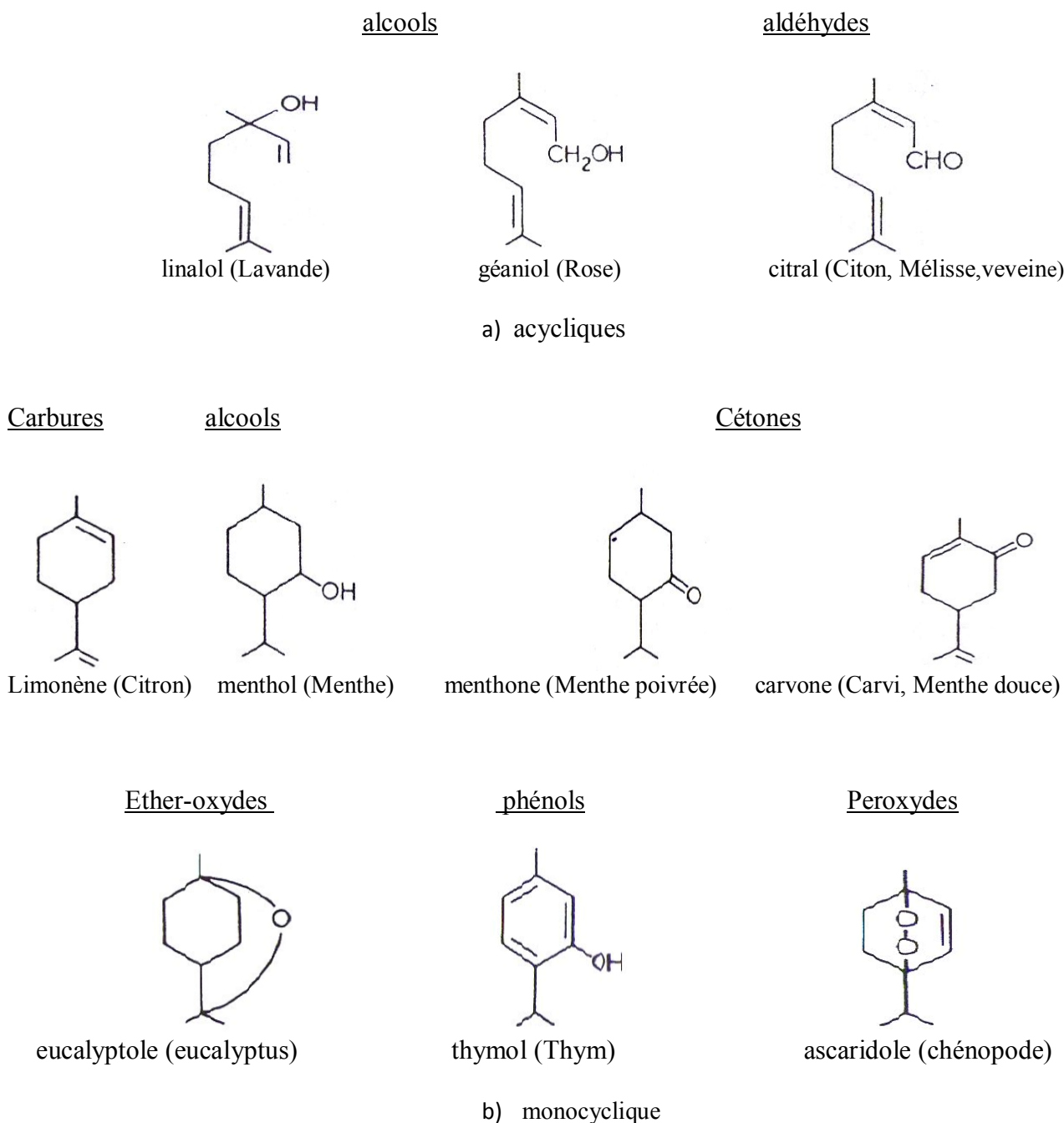


fig. 06 : Exemples de monoterpènes acycliques (a) et monocycliques (b).

(Paris et Hurabielle, 1981).

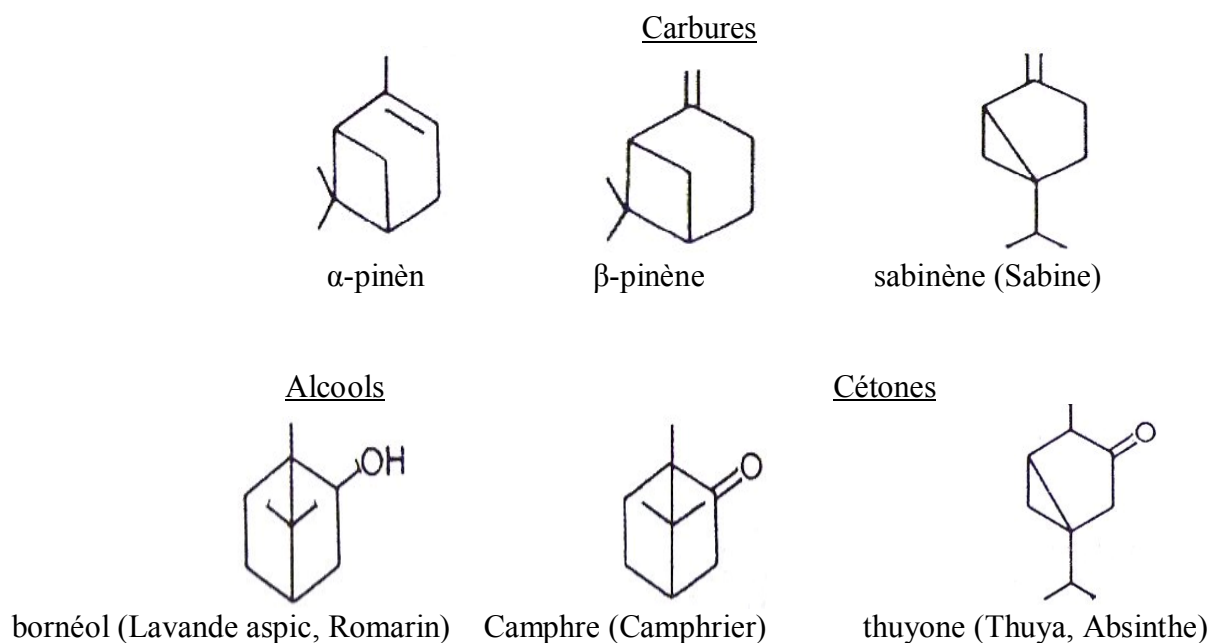


Fig. 07: Exemples de monoterpènes bicycliques.

(Paris et Hurabielle, 1981).

II.3.1.2 Sesquiterpènes (C_{15})

On distingue les hydrocarbures sesquiterpéniques et les alcools sesquiterpéniques (figure 08) (Legrand, 1994).

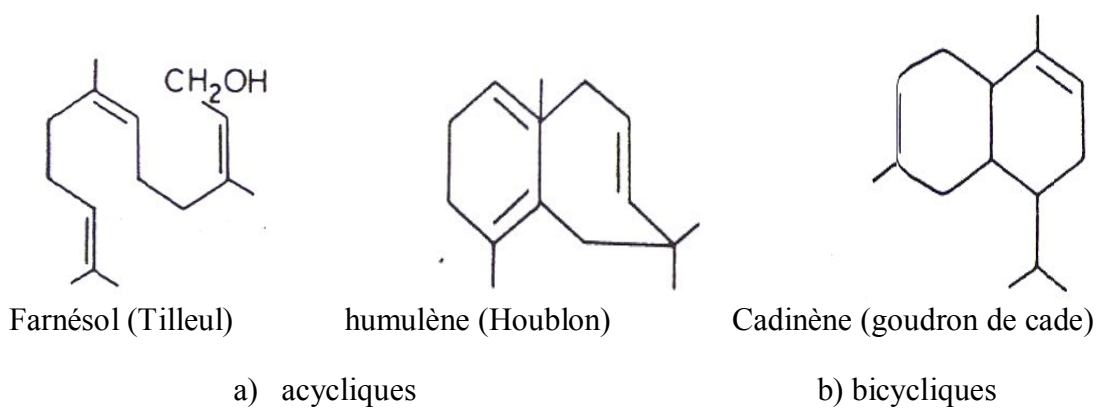


Fig. 08: Exemples des sesquiterpènes acycliques (a) et bicycliques (b).

(Paris et Hurabielle, 1981).

A côté des monoterpènes et sesquiterpènes, il existe d'autres composés terpéniques.

II.3.1.3 Diterpènes (C₂₀)

Les métabolismes secondaires diterpiniques sont peu répandus (figure 09), mais en revanche le précurseur de ces composés est à l'origine de plusieurs métabolismes primaires comme les hormones des gibbérellines, le phytol (composant indispensable à la constitution de la chlorophylle), les vitamines E et K, les chaînes latérales des plastoquinones, les protéines isoprénylées qui interviennent dans la régulation du cycle cellulaire (Guignard, 2000).

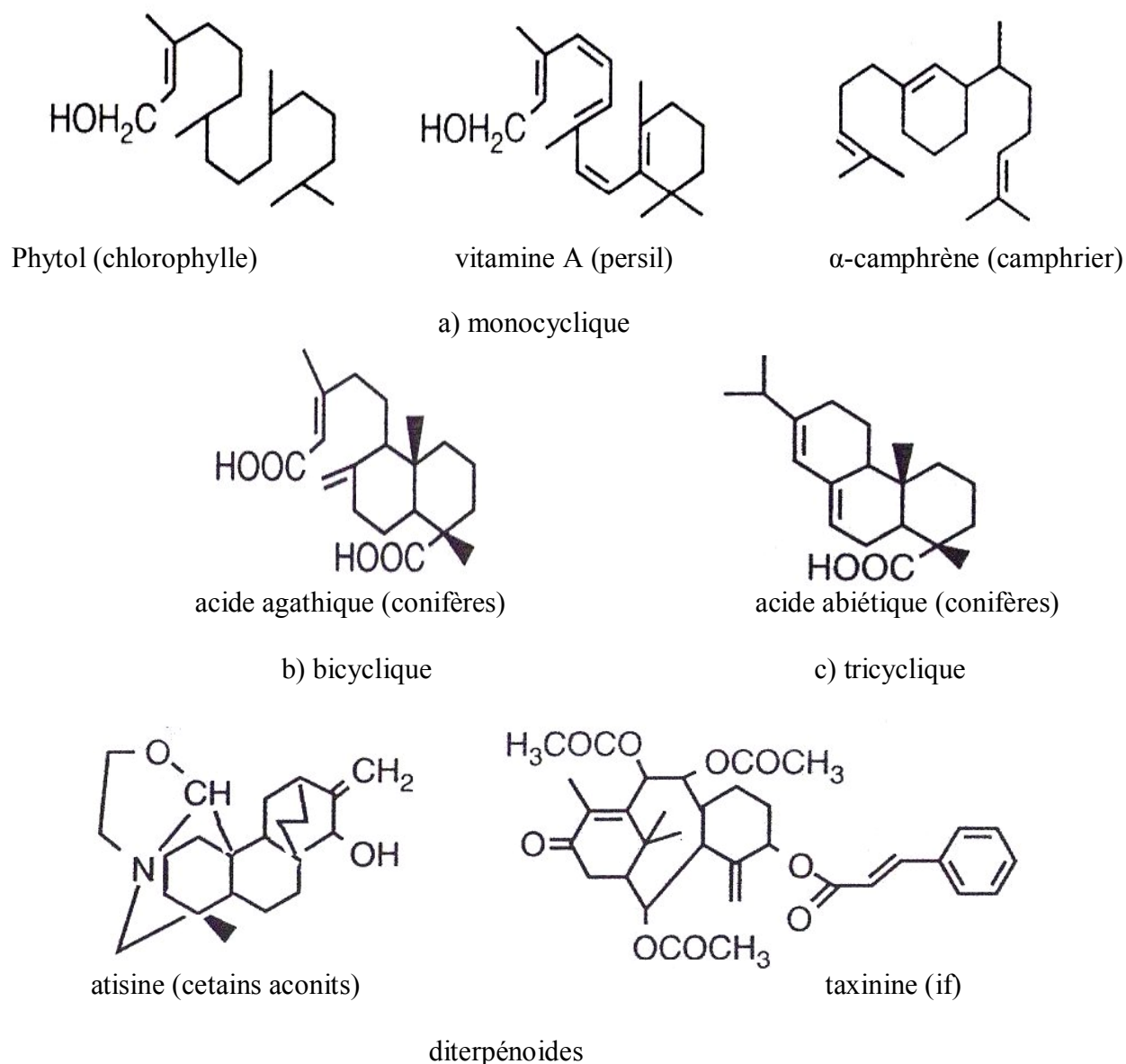


Fig. 09 : Exemples de diterpènes monocyclique (a), bicycliques (b) et tricyclique (c).

(Guignard, 2000).

II.3.1.3 Triterpènes (C₃₀)

Les **triterpènes** forment le plus grand et plus largement distribués à la classe des terpénoïdes. Pour la plupart, ils ont quatre ou cinq anneaux (figure 10) (Templeton, 1988). Les triterpènes végétaux se rencontrent à l'état libre (squalène, phytostérols, triterpènes pentacycliques) ou sous forme d'hétérosides (saponosides) (Guignard, 2000).

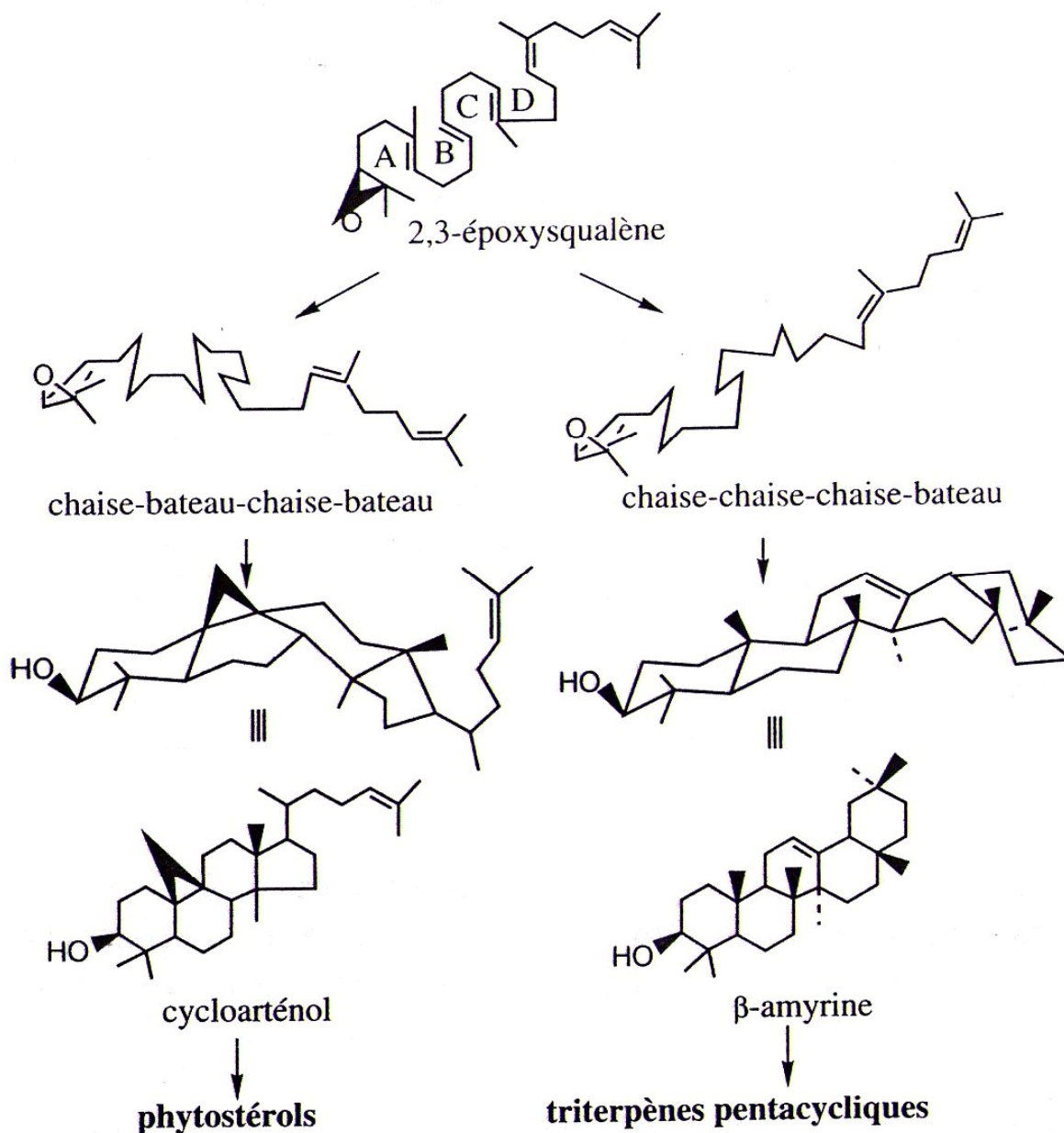


Fig. 10 : Formation des phytostérols et triterpènes pentacycliques à partir de l'époxy-squalène.

(Guignard, 2000).

II.3.1.4 Tétraterpènes (caroténoïdes) (C₄₀)

Les seuls représentants de ce groupe les carténoïdes, substances colorées en jaune, orange ou rouge auxquelles de nombreux fruits et fleurs doivent leurs couleurs (tomate, carotte, ...) (figure 11). Ces substances interviennent dans la captation des photons et jouent le rôle de signaux colorés vis-à-vis des animaux (Guignard, 2000).

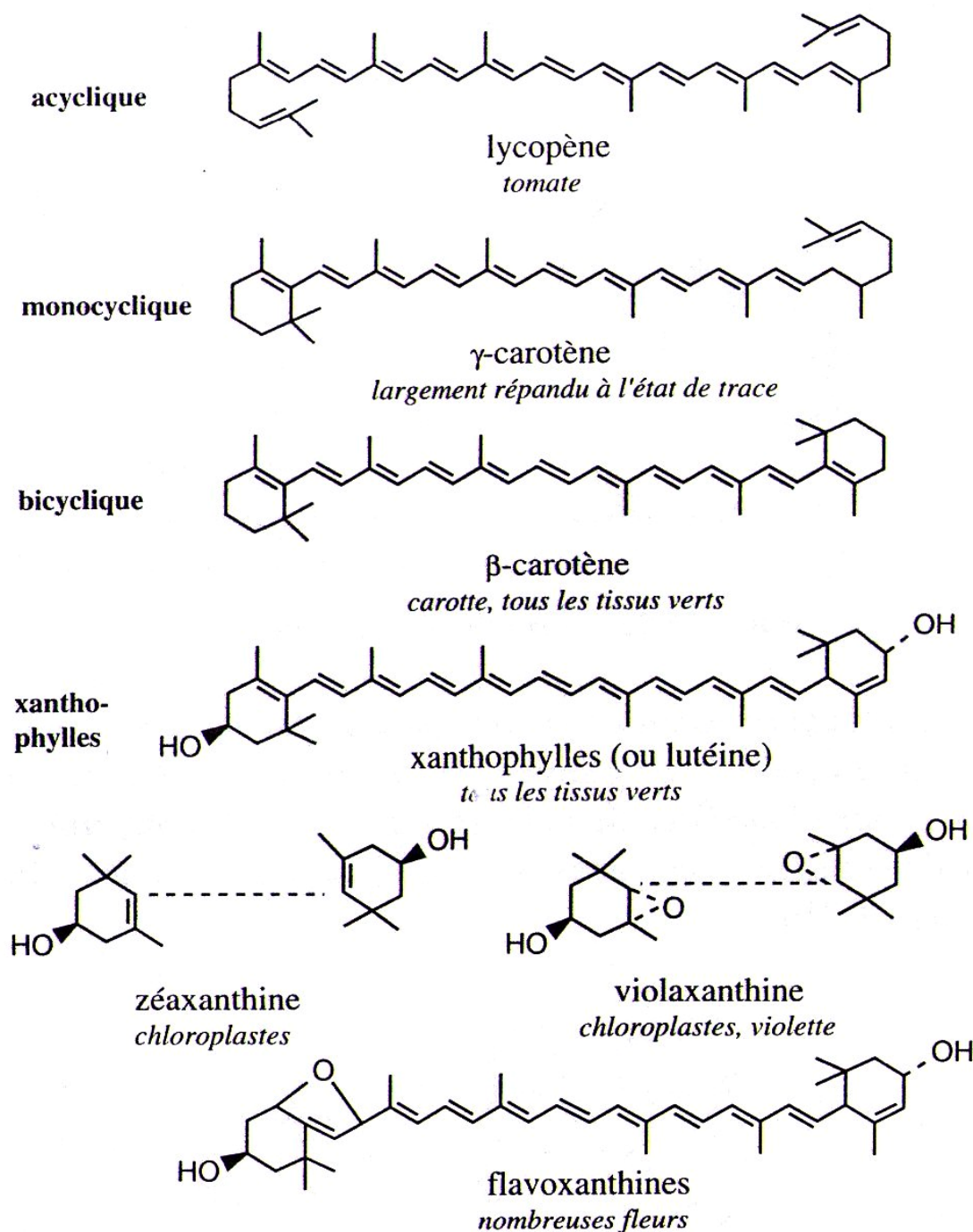
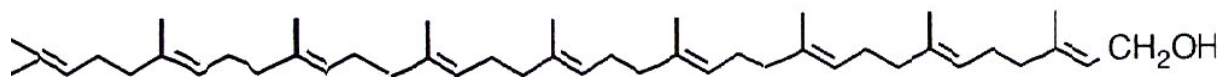


Fig.11 : Exemples de tétraterpénoides.

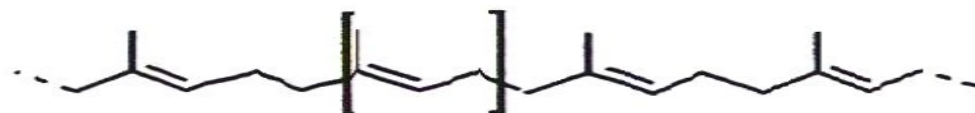
(Guignard, 2000).

II.1.3.5 Polyterpènes

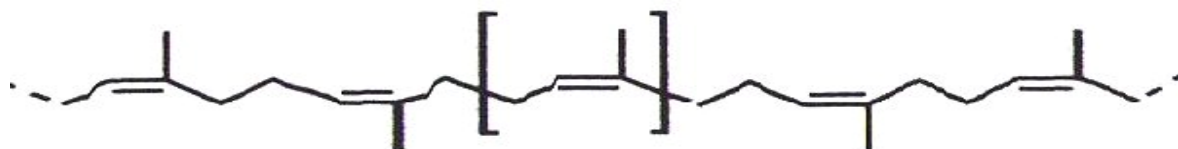
Les polyterpènes Présentent une structure linéaire (figure 11). Les polyterpènes hautement polymérisés (500 à 5000 restes) sont les composants des latex rencontrés dans trois cents espèces végétales environ ; des gommes et des résines (Guignard, 2000).



solanésol (nombreux tissus végétaux)



gutta-pecha sapotiller



Caoutchouc hévéa.

Fig. 12 : Quelques exemples de polyterpènes.

(Guignard, 2000).

II.3.2 Composés aromatiques

Les HE renferment aussi des composés aromatiques plus particulièrement des composés phénylpropanoïdes (figure13) dont la biogenèse est différente de celle des terpènes (Paris et Hurabielle, 1981).

Les dérivés du phénylpropane (C_6-C_3) sont beaucoup moins fréquents que les précédents. Très fréquemment, Ce sont très souvent des allyl- et de propénylphénols, parfois des aldéhydes, caractéristiques de certaines HE d'apiaceae, telle celle du girofle (eugénol). On peut également rencontrer dans les HE des composés en C_6-C_1 , comme la vanilline (assez fréquente) (Bruneton, 1999).

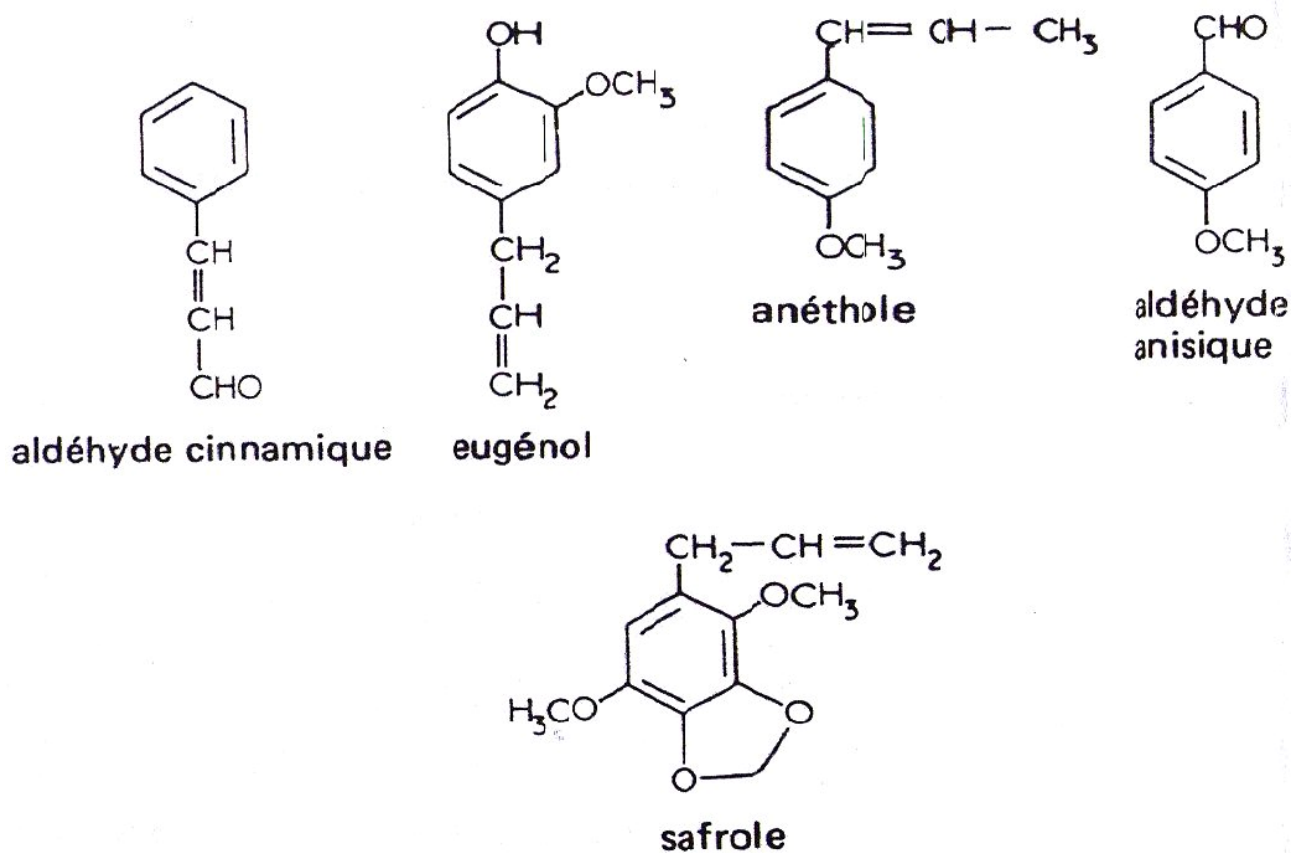


Fig. 13 : Exemples de composés aromatiques.

(Paris et Hurabielle, 1981).

II.3.3 Composés d'origines diverses

Il s'agit là de produits résultant de la transformation de molécules non volatiles (figure 14). Ces composés contribuent souvent aux arômes de fruits. Compte tenu de leur mode de préparation, le concrètes et les absolues peuvent en renfermer. Il en est de même pour les HE lorsqu'ils sont entraînables par la vapeur d'eau (Bruneton, 1999).

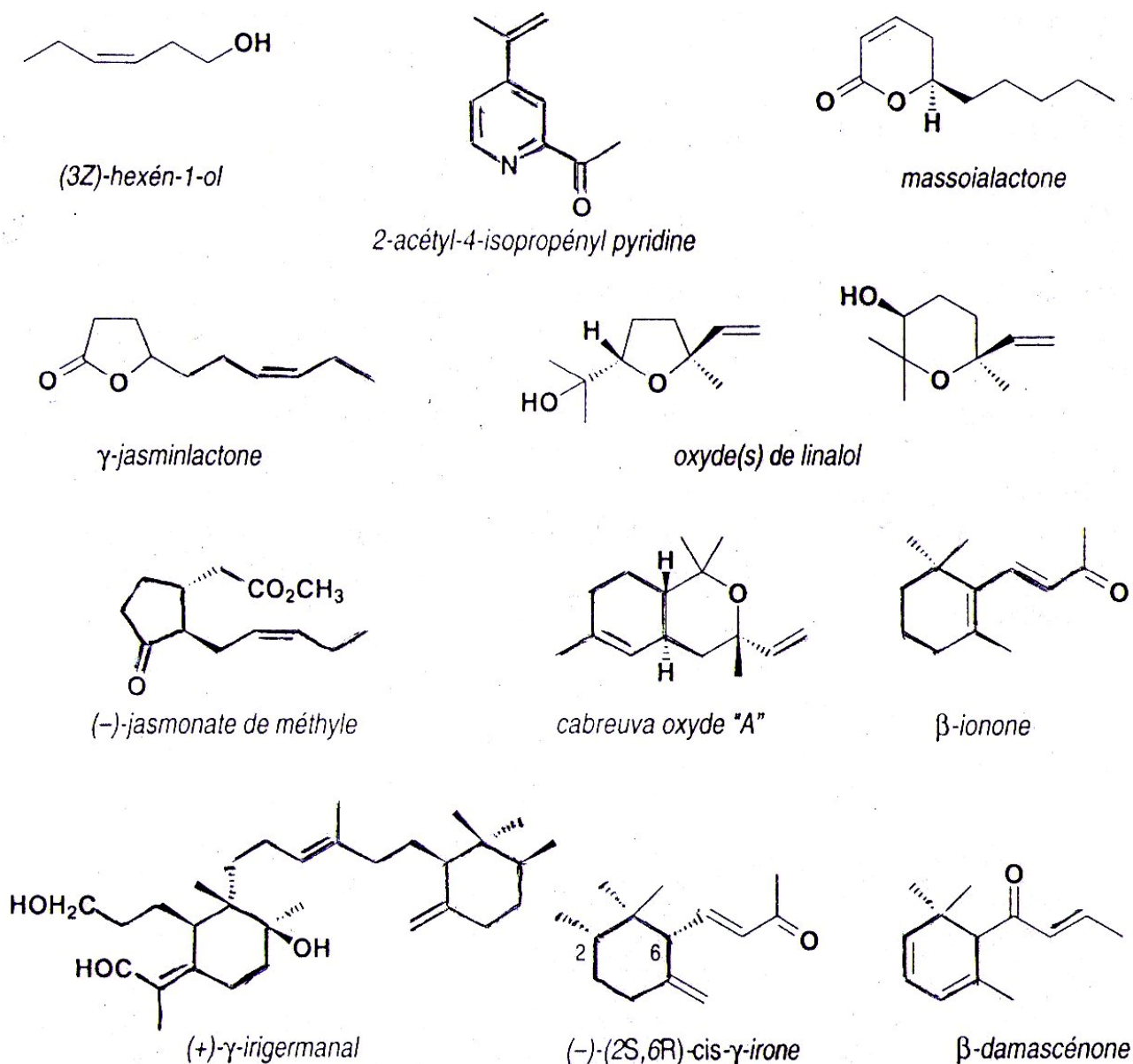


Fig. 14 : Exemples des composés d'origines diverses.

(Bruneton, 1999).

II.4 Caractéristiques physicochimique des HE

La plupart des HE sont des liquides incolores moins dense que l'eau, quelques unes sont cependant plus dense que l'eau (cannelle, girofle), solubles dans l'alcool à 90% et les solvants des corps gras (Legrand, 1994).

Les propriétés physico-chimiques tels que : le pouvoir rotatoire, l'indice de réfraction, l'indice d'acide, l'indice d'ester, l'indice de carbonyle,...etc., constituent un moyen de vérification et de contrôle de la qualité de l'HE (Fellah et al., 2006).

II.5 Utilisation des HE

L'huile d'écorce est utilisée comme aromatisant alimentaire en l'industrie agroalimentaire. Les HE sont aussi largement utilisés comme une note de base en parfumerie avec une odeur douce épicée. Ils sont utilisés aussi en industrie pharmaceutique pour masquer le goût désagréable de certains médicaments (Atta et al., 1999).

Les HE utilisent par voie orale, à la manière d'un médicament (cet usage est surtout réservé à la prescription médicale), en inhalations, en diffusion dans l'atmosphère avec un diffuseur d'essence, en massage (mélangée à une huile de base), en soins du visage (mélangée à une huile ou à une crème) (Odoul, 2003).

II.6 Variation de la composition chimique des HE

Généralement, la composition chimique des HE dépend de plusieurs facteurs tels que l'espèce, l'origine, le stade phénologique, les influences environnementales et le patrimoine génétique (El Ajjouri et al., 2008). Et d'autres facteurs tels que le génotype, chémotype, origine géographique et agronomiques, peuvent influencer de ces substances naturelles (Svoboda et Hampson, 1999).

II.7 Chémotype

Pour une même espèce botanique, il peut exister plusieurs races chimiques ou chimiotypes qui trouvent leur origine dans de légères différences des voies de biosynthèse, aboutissant à l'accumulation de métabolites secondaires différents (Legrand, 1994).

II.8 Conservation

Les HE peuvent s'oxyder facilement et donner des produits résinifiés par fixation de l'oxygène de l'air sous l'action de la lumière. Aussi, devrait-on conserver les HE dans des flacons bien bouchés, à l'abri de la lumière et à une température de l'ordre de 4°C (Legrand, 1994).

Chapitre III

Méthodes d'extraction, de séparation et de caractérisation des HE

III. Méthodes d'extraction, de séparation et de caractérisation des HE

Les méthodes d'analyse des huiles essentielles ont beaucoup évolué depuis 10 ans et il est maintenant possible d'isoler et d'identifier des composés auparavant inconnus; ceci permet le développement de nouveaux mélanges pouvant avoir un effet additif ou synergique (Chiasson et Beloin, 2007).

III.1 Méthodes d'extraction

Les matières premières végétales utilisées pour produire des HE sont en principe des plantes ou parties de plantes qui sont à divers états de siccité (forme sèche, flétrie, fraîche). Une HE contient, très concentrés, l'essentiel des principes actifs de la plante, mais pas tous. En effet, au cours de la distillation de la plante par la vapeur pour obtenir l'HE, certains composants, trop lourds, ne sont pas recueillis. Cela donne alors une spécificité à l'HE que ne développe pas directement la plante fraîche (Desmares et al., 2008). Mise en évidence de l'HE dans les coupes d'organes végétaux : Elle s'effectue à l'aide d'un colorant lipophile comme le soudan III qui colore en rouge les gouttelettes d'essence (Paris et Hurabielle, 1981).

III.1.1 Distillation à la vapeur d'eau

C'est le processus le plus répandu car il convient à la majorité des plantes : les végétaux sont disposés sur une grille à travers laquelle circule de la vapeur d'eau. Celle-ci entraîne avec une molécule parfumée qu'elle enlève aux plantes. La solution obtenue circule dans un serpentin où elle se condense en refroidissant. L'HE étant plus légère que l'eau, elle reste en surface. On obtient ainsi deux phases non miscibles que l'on peut séparer par décantation : les HE et les eaux aromatiques (ou hydrolats) chargées des parties hydrosolubles des essences distillées (exemple : eau de fleur d'orange, eau de rose, eau de lavande,...). La distillation se fait lentement, sous basse température et basse pression, avec de l'eau de source non calcaire (Degryse et al., 2008).

III.1.2 Expression à froid

L'essence, altérable par entraînement à la vapeur d'eau, est ici extraite du péricarpe frais d'agrumes par différents modes d'expression. Dans l'industrie, on procède aujourd'hui par scarifications mécaniques et entraînement de l'HE par un courant d'eau. L'essence est séparée par décantation (Paris et Hurabielle, 1981).

III.1.3 Enfleurage

Les organes fragiles (fleurs d'oranger, pétales de rose) sont mis en contact à la température ambiante avec un corps gras (saindoux) se sature en essence au bout de quelques jours. La pommade obtenue est épuisée par l'alcool absolu (dans lequel les corps gras sont très peu solubles). L'alcool est ensuite évaporé sous vide (Paris et Hurabielle, 1981).

On distingue deux types d'enfleurage : à froid ou chaud. L'enfleurage à froid consiste à piquer des fleurs fraîches dans de la graisse, cette dernière absorbant ainsi les molécules odorantes. L'enfleurage à chaud (ou digestion) consiste quant à lui à faire fondre dans de grandes marmites au bain-marie de la graisse à laquelle on ajoute les fleurs (Bachelot et al., 2006).

III.1.4 Extraction par solvants organiques volatils

Les solvants les plus utilisés sont des carbures aliphatiques (pentane, hexane) ou des carbures aromatiques (benzène). On opère le plus souvent à la température ordinaire. C'est une méthode plus en plus utilisée dans l'industrie des parfums (Paris et Hurabielle, 1981).

III.1.5 Extraction par expression

Réservée presque exclusivement aux écorces (péricarpes) des citrus (orange, citron, ...). Elle est réalisée dans des presses qui permettent de faire exsuder les HE. Notons que l'on obtient par ce procédé des produits colorés en jaune du fait que les pigments se trouvent entraînés avec les essences (Legrand, 1994).

III.1.6 Extraction au fluide supercritique

Au de la du point critique, un fluide peut avoir la densité d'un liquide et la viscosité d'un gaz, d'où une bonne diffusibilité dans les solides et un bon pouvoir solvant. Si plusieurs gaz peuvent en théorie être utilisés, l'entêter s'est porté initialement sur le dioxyde de carbone (CO₂) ce qui s'explique si l'on considère ses atouts : produit naturel, inerte chimiquement, ininflammable, strictement atoxique, facile à éliminer totalement, sélectif, aisément disponible, peu réactif chimiquement et peu coûteux. Si les contraintes technologiques sont loin d'être négligeables (le point critique se situe à $P = 73,8$ bars et $T = 31,1^{\circ}\text{C}$) les avantages sont nombreux : capacité à fournir, des extraits de composition très proche de celle des produits naturels, possibilité de faire varier la sélectivité, la viscosité, etc (Bruneton, 1999).

III.1.7 Extraction assistée par micro-onde

La technique d'extraction par micro-onde a été développée au cours des dernières décennies à des fins analytiques. Le procédé d'extraction est basé sur l'absorption de l'énergie de la micro-onde par les composantes du matériel végétal et qui sont mesurées par une constante diélectrique, cette absorption dépend aussi de la fréquence de l'onde et de la température du matériel végétal (Benayad, 2008).

III.2 Caractéristiques des HE

Après isolement des HE, on doit :

- vérifier les caractères organoleptiques (couleur, odeur, etc.),
- déterminer les constantes physique (point de congélation, densité, pouvoir rotatoire, indice réfraction),
- Faire des essais de solubilité dans l'alcool,
- Déterminer les indices chimiques : indices d'acidité, d'esters, etc (Paris et Hurabielle, 1981).

III.3 Méthodes de séparation des HE

Des techniques chromatographiques très variées sont utilisés pour confirmer l'identité d'une drogue et à garantir sa qualité pharmaceutique, sont exigées dans les monographies des pharmacopées. Ces méthodes sont tous fondées sur le même principe : séparation de substances présentes en mélange à l'aide d'un support solide (plaque, colonne) et d'un éluant (solvant organique, gaz). La nature du support, de l'éluant et des conditions opératoires (température, débit, gradient...) sera choisie pour permettre une séparation optimale des différents constituants (Anton, 2003).

III.3.1 Chromatographie sur couche mince (TLC)

La chromatographie sur couche mince est une technique de séparation, dans laquelle une phase stationnaire constituée d'un matériau approprié est répandue en une couche mince et uniforme sur un support (plaque de verre, de métal ou de plastique). Les solutions à analyser sont appliquées sur la plaque avant le développement. La séparation repose sur les mécanismes d'adsorption, de partage ou d'échange d'ions ou sur une combinaison de ces mécanismes, et elle s'effectue par migration (développement) de solutés à travers la couche mince (phase stationnaire), dans un solvant ou un mélange de solvants approprié (phase mobile) (Anton, 2003).

III.3.2 Chromatographie en phase gazeuse (GC)

La chromatographie en GC est une méthode de séparation dont les principes généraux sont les mêmes que ceux énoncés pour la chromatographie en général, c'est-à-dire fondés sur la migration différentielle des constituants du mélange à analyser au travers d'un substrat choisi. La particularité du procédé est d'opérer en totalité sur des produits volatilisés, ce qui implique de maintenir une température minimale convenable, mais sans qu'il y ait volatilisation du substrat, et de travailler en circuit étanche aux gaz. La phase mobile est un gaz, dit gaz vecteur, et les solutés sont introduits sur la colonne directement s'il s'agit d'un échantillon gazeux ou après volatilisation dans la chambre d'injection chauffée s'il s'agit d'un échantillon liquide (éventuellement après dilution ou dissolution dans un solvant adéquat) (Caude et Jardy, 1996).

III.3.3 Chromatographie liquide (LC)

La LC est une technique de séparation chromatographique reposant sur la distribution différentielle des espèces entre deux phases non miscibles, une phase stationnaire contenue dans une colonne et une phase mobile qui traverse, par percolation, cette phase stationnaire. La LC est principalement fondée sur les mécanismes d'adsorption, de distribution de masse, d'échange d'ions, d'exclusion ou d'interaction stéréochimique.

L'appareillage se compose d'un système de pompage, d'un injecteur, d'une colonne chromatographique (éventuellement thermostatée), d'un détecteur et d'un système d'acquisition des données (ou d'un intégrateur ou enregistreur). La phase mobile, délivrée à partir d'un ou plusieurs réservoirs, circule à travers la colonne, généralement à débit constant, puis passe à travers le détecteur (Anton, 2003).

III.3.4 Chromatographie liquide à haute pression (HPLC)

L'HPLC est peu intéressante pour les fractions volatiles, cette technique est efficace pour s'assurer de l'authenticité des HE de *citrus* par l'analyse des constituants non volatils ou pour doser l'herniarine (une coumarine) dans les HE de lavandes ou d'estragon. C'est une très bonne méthode pour étudier les constituants non volatils des concrètes et des absolues ou pour opérer des préfractionnements (Bruneton, 1999).

III.4 Identification des constituants des HE

L'identification des composés dans chaque HE est basée:

- sur la comparaison de leur indice de rétention (IR) sur les colonnes apolaires et polaires, déterminés par rapport aux indices de rétention d'une gamme étalon d'alcane; avec ceux des composés de référence.
- sur la comparaison des déplacements chimiques RMN-13C de l'HE avec ceux des composés de référence connus dans les bibliothèques de spectres à l'aide de logiciel conçu au laboratoire de Chimie et Biomasse de l'Université de Corse (Oussou et al., 2008).

Les techniques de couplage entre méthodes chromatographique et spectrométrie de masse (MS) sont apparues il y a une quarantaine d'années (le premier couplage GC-MS a été réalisé par Holmes en 1957). Elles ont véritablement révolutionné la chimie analytique (Bouchonnet et al., 1999). L'identification des constituants a été réalisée en se basant sur leurs indices de Kováts et sur la chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC/MS) (Bourkhiss et al., 2007).

Les différents constituants des HE ont été identifiés par comparaison de leurs spectres de masse avec ceux des composés des bases de données Willet et Nist 98 du spectromètre de masse GC/MS et ceux de base de données spectrales Adams. L'identification des molécules a été confirmée par comparaison de leurs indices de rétention avec ceux connus dans la littérature (Adams, 2001). Les indices de rétention des composés ont été calculés grâce aux temps de rétention d'une série n-alcane avec une interpolation linéaire (Koba et al., 2004).

L'utilisateur du couplage GC/MS se doit de faire preuve d'une grande prudence lorsqu'il applique cette technique d'analyse à la recherche quantitative et qualitative des composants d'une HE. Le couplage GC/MS associe par exemple un chromatographe Perkin Elmer Autosystem GC, doté d'un injecteur automatique et d'une colonne capillaire polaire BP20 en polyéthylène glycol, avec un spectromètre de masse Perkin Elmer Q-Mass 910. Le bombardement par impact électronique utilise un faisceau d'électrons dont l'énergie est d'environ 70 eV. La détection de masse est effectuée à l'aide d'un filtre quadripolaire, constitué par un assemblage de quatre électrodes parallèles de section cylindrique. Le gaz vecteur est l'hélium, avec une pression de 43 psi en tête de colonne et un débit de 1 ml.min⁻¹ dans la colonne. 0,2 µl sont injectés, avec une programmation de température linéaire depuis 60 jusqu'à 230°C, à raison de 2°C.min⁻¹ suivie d'un palier de 10 min à 230°C (Desjobert et al., 1997).

Chapitre IV

Les activités biologiques des HE

IV Activités biologiques des HE

Dans la seconde guerre mondiale les soldats blessés traités leurs blessures avec des HE a cause de la non disponibilité de la pénicilline et des autres antibiotiques. La plupart des plantes à HE ont une activité antimicrobienne (Lis-Balchin ,1997).

Les extraits d'HE possèdent des propriétés antioxydantes (Svoboda et Hampson, 1999 ; Bouzouita et al., 2008), antiinflammatoires (Bachelot et al., 2005-2006), antibactériennes (Satrani et al., 2007 ; El hanbali et al., 2006 ; Amrati et al., 2009 ; Oussou et al., 2008), antifongiques (El Ajjouri et al., 2008 ; Svoboda et Hampson, 1999 ; Satrani et al., 2007 ; Heimeur et al., 2006 ; Amrati et al., 2009), antivirales (Odoul, 2003 ; Svoboda et Hampson, 1999), anticancereuses Svoboda et Hampson, 1999 ; El hadri et al., 2006), antileishmaniennes (Mellouki et al., 2006), et antiseptiques (Benayad, 2008 ; BachelotA et al., 2005-2006).

L'action des HE est le résultat de l'effet combiné de deux de leurs composés actifs et inactifs. Ces composés inactifs avoir une influence sur la résorption, le taux de réactions et la biodisponibilité des composés actifs. Plusieurs composants actifs pourraient avoir un effet synergique (Svoboda et Hampson, 1999).

IV.1 Activité antioxydante

Les antioxydants sont importants pour le bien-être physique de l'homme vient du fait que l'oxygène est un élément potentiellement toxique car il peut être transformé par l'activité métabolique en formes plus réactifs comme le superoxyde, peroxyde d'hydrogène, l'oxygène singulet et des radicaux hydroxyles, collectivement connu sous le nom l'oxygène actif (Svoboda et Hampson, 1999).

De nombreux travaux sur les activités antioxydantes des HE d'une grande variété de plantes aromatiques montrent que ces propriétés sont en relation avec la composition chimique. Plusieurs auteurs ont rapporté que les activités antioxydantes sont dues à la présence de composés qui comportent le groupement hydroxyle (Bouzouita et al., 2008).

Les HE de plantes comme des antioxydants ont été étudiés en détail en vue d'enquêter sur leur rôle de protection pour les lipides hautement insaturés dans les tissus animaux. Dans certains cas, les antioxydants peuvent être prooxydant en stimulant les réactions des radicaux libres (Svoboda et Hampson, 1999).

IV.2 Activité antiinflammatoire

Les HE sont donc très utilisées pour traiter les troubles articulaires inflammatoires, les tendinites... Les acides (on en trouve surtout dans le clou de girofle et le genévrier), les aldéhydes (on en trouve dans le citron et la mélisse), les cétones (on en trouve dans l'absinthe, la camomille noble, le fenouil et le romarin officinal), les sesquiterpènes (on en trouve dans la mélisse, l'ylang-ylang, le cèdre d'Atlas), ont des activités antiinflammatoires (Bachelot et al., 2006).

IV.3 Activité antibactérienne

L'HE de *Cladanthus mixtus* est active *in vitro* contre les bactéries *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus* et *Micrococcus luteus* ; à la présence des alcools terpéniques sont particulièrement actifs contre les cellules microbiennes car solubles dans les milieux aqueux et ils provoquent des altérations importantes sur les parois cellulaires des microorganismes. Les alcools possèdent une activité microbicide plutôt que microbiostatique (Satrani et al., 2007).

Le 9 -hydroxyparthenolide de la plante *Anvillea radiata* Coss & Dur (Asteraceae) a été testé pour son activité cytotoxique et antibactérienne, les résultats montrent que ce produit a une forte activité cytotoxique avec une IC₅₀ inférieure à 5 µg/ml, pour l'activité antibactérienne, le produit entraîne une inhibition totale de la majorité des souches testées à la concentration de 50 et 100 µg/ml (El hanbali et al., 2006).

Il faut noter que les HE riches en dérivés phénoliques (carvacrol et thymol) possèdent une forte activité antimicrobienne (Amarti et al., 2009).

De l'analyse de la composition chimique et du pouvoir anti diarrhéique des HE de deux plantes, *Lippia multiflora* et *Ocimum gratissimum* il ressort que *Lippia multiflora* doit son pouvoir bactéricide au carvacrol (0,1%), au linalol (1,9%), au terpinène (0,1%) et au sabinène (5,1%) qui représentent 7,2% du total des composés présents dans cette huile. En outre, plus de la moitié des composants chimiques de l'essence d'*Ocimum gratissimum* (62,5%) ont un pouvoir antibactérien. Parmi ceux-ci le thymol et le p-cymène sont les composés majoritaires et représentent respectivement 34,6% et 25,2%. Toutes ces HE testées sont bactéricides sur les souches bactériennes à l'origine des diarrhées chez l'homme. Les effets bactéricides des HE de ces deux plantes traduisent leur implication dans le traitement des diarrhées dans la pharmacopée ivoirienne (Oussou et al., 2008).

IV.4 Activité antifongique

Les champignons responsables des pourritures brune et blanche du bois d'œuvre pèsent lourd sur l'industrie du fait des dégâts considérables qu'ils causent au bois en service et pendant le stockage. Les pesticides, utilisés dans la préservation du bois contre les agents de détérioration, sont souvent nocifs pour l'environnement. Le secteur de l'industrie du bois d'œuvre souffre de cette image. L'utilisation de formulations volatiles à base de plantes aromatiques et médicinales peut présenter de nombreux avantages par rapport aux produits de synthèses actuels. En effet, les HE sont faiblement toxiques pour l'environnement et peuvent avoir une activité biocide plus élevée (El Ajjouri et al., 2008).

L'activité antifongique des HE de deux plantes aromatiques et médicinales de la flore marocaine *Thymus bleicherianus* Pomel (Le carvacrol 70,92 %) et *Thymus capitatus* L. Hoffm (l' α -terpinène 42,2 % et le thymol 23,9 %) vis-à-vis de quatre champignons de pourriture du bois d'œuvre à savoir *Gloeophyllum trabeum*, *Poria placenta*, *Coniophora puteana* et *Coriolus versicolor* L. a été testée. Une forte activité antifongique contre tous les champignons testés a été constatée (El Ajjouri et al., 2008).

Des études ont montré que les mélanges complexes de monoterpènes et sesquiterpènes dans une HE représente une forte barrière à l'infection fongique (Svoboda et Hampson, 1999). L'HE de *Cladanthus mixtus* est active *in vitro* contre les champignons *Penicillium parasiticus*, *Aspergillus niger* et *Trametes pini* (Satrani et al., 2007).

Les effets fongicides des extraits naturels de différents organes de la plante *Pyrus mamorensis*, ils ont testé différents extraits sur un champignon pathogène *Penicillium expansum* responsable de nombreux effets délétères sur les fruits de rosacées (tels que les pommes) en post récolte. Les résultats ont montré que le mélange de l'extrait acétate d'éthyle des fruits et méthanol de la tige ainsi que l'extrait méthanol des fruits ont une activité antifongique importante sur le champignon *Penicillium expansum* se manifestant par des inhibitions significatives de la croissance de ce dernier (Heimeur et al., 2006).

altiation contre les champignons, les phénols terpéniques des HE provoquent plusieurs dégâts tels que des perturbations morphologiques des hyphes mycéliens, la rupture de la membrane plasmique et l'altération de la structure des mitochondries (Amarti et al., 2009).

IV.5 Activité antivirale

Aujourd'hui, des chercheurs s'intéressent toujours aux HE, notamment pour des études dans le domaine de l'antiviral (Odoul, 2003). L'activité antivirale de l'huile volatile de *Cordata houttuynia* a été testée contre les virus de l'herpès simplex, la grippe et le VIH-1. Il a été suggéré que l'activité antivirale de l'huile peut être due à une interférence avec l'enveloppe du virus. Dans une autre expérience d'HE de plusieurs espèces du genre *Heracleum* ont montré une activité prometteuse contre le virus de la grippe (Svoboda et Hampson, 1999).

IV.6 Activité Anticancéreuse

Les huiles volatiles peuvent être considérées comme des agents protecteurs contre la cancérogenèse (Svoboda et Hampson, 1999). Au niveau cytotoxique; l'HE d'*Origanum compactum* en doses de l'ordre de 0.5µl à 2 µl montre une activité anticancéreuse *in vitro* chez la lignée cellulaire d'adénocarcinome du nasopharynx humain (Hep): Carcinome développé à partir du revêtement ou épithélium glandulaire (El hadri et al., 2006).

IV.7 Activité antileishmanienne

Depuis le début du siècle, le traitement des leishmanioses est basé sur l'utilisation de dérivées stibiées. Cette thérapeutique présente des inconvénients liés à la toxicité des produits utilisés, à son coût et sa lourdeur (antimoniés pentavalents, Amphotericine B). De plus, certaines formes de leishmanioses manifestent des résistances vis-à-vis des médicaments usuels. Ainsi la recherche de nouvelles molécules efficaces et peu toxiques s'impose. Dans leur objectif, ils ont étudié *in vitro* l'activité antileishmanienne de produits isolés d'une apiaceae endémique au Maroc qui est très utilisée en médecine populaire : *Thapsia transtagana*. Brot. Parmi ces produits, nous nous sommes intéressés aux phénylpropanoïdes isolés de l'extrait dichlorométhanique des rhizomes de cette plante et dont les structures ont été élucidées par des techniques spectrales (IR, RMN, SM). L'étude *in vitro* de l'activité antileishmanienne d'un des phénylpropanoïdes isolés sur des formes promastigotes de *Leishmania infantum*, principal parasite responsable de la leishmaniose viscérale, avait montré une très forte inhibition de la croissance des leishmanies en culture avec une CMI de 10µg/ml (Mellouki et al., 2006).

IV.8 Activité Antiseptique

Les HE s'opposent au développement des germes microbiens et les détruisent. La plupart des HE ont ce pouvoir (Bachelot et al., 2006). Les aldéhydes et les terpènes sont réputés pour leurs propriétés désinfectantes et antiseptiques et s'opposent à la prolifération des germes pathogènes (Benayad, 2008).

II.9 Toxicité des HE

Un nombre important de plantes aromatiques ne sont guères utilisées en raison de leur toxicité et de leur manque d'intérêt. Pierre Franchomme décortique les HE pour en comprendre l'impact, molécule par molécule. Son travail porte d'abord sur la toxicité réelle de ces molécules sur différentes cellules de l'organisme ; ensuite, il mesure l'impact de ces molécules sur les récepteurs cellulaires, afin de modifier l'action des cellules et de renforcer l'immunité au lieu de la déprimer (Odoul, 2003).

Certaines HE sont dangereuses lorsqu'elles sont appliquées sur la peau en raison de leur pouvoir irritant (huiles riches en thymol), allergènes (huiles riches en cinnamaldéhyde) ou phototoxique (huiles en citrus contenant des furocoumarines), d'autres HE ont un effet neurotoxique. Il existe aussi quelques HE dont certains composés sont capables d'induire la formation de cancers. C'est le cas par exemple de dérivés d'allylbenzènes ou de propénylbenzènes comme le safrole (sassafras) (Piochon, 2008).

Les HE présentent des paramètres de variabilité majeurs fort nombreux et chacun d'entre eux peut modifier considérablement leurs profils chimiques et donc accroître le risque de toxicité. Les HE ont des effets antiappétants, affectant ainsi la croissance, la mue, la fécondité et le développement des insectes et acariens (Chiasson et Beloin, 2007).

L'existence, dans l'HE, de trois composants assez toxiques (α , β -thujone et camphre) est à l'origine d'accidents survenus lors d'ingestion de trop fortes doses de ce produit (Fellah et al., 2006). L'huile de sauge a une toxicité d'environ 100% pour les acariens, une mortalité des abeilles plus faible de 10 à 20% (Imdorf et al., 2006).

CONCLUSION

L'histoire des plantes aromatiques (800.000 espèces de plantes) est associée à l'évolution des civilisations. L'aromathérapie est la plus vieille thérapeutique du monde. Elle a toujours existé puisque les plantes n'ont jamais cessé d'être occupées une place importante en médecine, dans la composition des parfums et dans les préparations culinaires. La valorisation de ces ressources naturelles végétales passe essentiellement par l'extraction de leurs HE. Ces dernières sont des compositions chimiques très complexes (1000 structures de monoterpènes et 3000 structures de sesquiterpènes). Les HE sont de produits à forte valeur ajoutée, utilisées dans les industries pharmaceutiques, cosmétiques et agroalimentaires. Les différents constituants des HE ont été identifiés sur la chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC/SM). L'étude des activités biologiques et biotechnologiques des HE est d'un grand intérêt (antimicrobiennes, anti-inflammatoire, antifongique, antivirale,...).

BIBLIOGRAPHIE

- Akrout A. (2001). Etude des huiles essentielles de quelques plantes pastorales de la région de Matmata (Tunisie). Institut des régions arides, 4119 Médenine, Tunisie.
- Amarti F., Satrani B., Ghanmi M., Farah A., Aafi A., Aarab L., El Ajjouri M. et Chaouch A. (2009). Composition chimique et activités antimicrobienne des huiles essentielles de *Thymus algeriensis* Boiss. & Reut. et *Thymus ciliatus* (Desf.) Benth. du Maroc. Biotechnol.Argon. Soc, **14** :141-148.
- Anton R. (2003). Plantes thérapeutiques Tec et doc Emintier: (2eme édition), Paris. pp :XXIX-XXXIII.
- Atta R., M-iqbal Ch., Afgan F., Aftab A., M-Zafar I., Demirci B., Demirci F. and Canbaser Kh. (1999). Antifungal activities and essential oil constituents of some spices from Pakistan.
- Bachelot C., Blaise A., Corbel T. et Le Guenic A. (2006). Les huiles essentielles. U.C.O Bretagne Nord Licence 2 Biologie. pp : 3-25.
- Benayad N. (2008). Les huiles essentielles extaites des Plantes medicinales Marocaines : moyen efficace de lutte contre les ravageurs des denrées alimentaires stockées. PP : 1-63
- Bouchonnet S., Hoppilliard Y. et Kargar-Grisel T. (1999). Technologie appliquee. Spectra analyse. **207**. pp: 11-24
- Bouhdid S., Skali S. N., Idaomar M., Zhiri A., Baudoux D., Amensour M. and Abrini, J. Antibacterial and antioxidant activities of *Origanum compactum* essential oil. African Journal of Biotechnology. **7**: 1563-1570.
- Bourkhiss B., Ouhssin M., Hnach M., Bourkhiss M., Satrani B. et Farah A. (2007). Composition chimique et bioactivité de l'huile essentielle des rameaux de *Tetraclinis articulata*. Bull. Soc. Pharm. Bordeaux. **146** : 75-84.
- Bouzouita N., Kachouri F., Ben halima M. et Chaabouni M. M. (2008). Composition chimique et activités antioxydante, antimicrobienne et insecticide de l'huile essentielle de *Juniperus phoenicea*. Jornal de la Société Chimique de Tunisie, **10** :119-125.
- Bruneton J. (1999). Mono et sesquiterpènes in Pharmacognosie Phytochimie Plantes médicinales. Tec et doc Emintier: (3eme édition), Paris. pp: 484-511.
- Caude M. et Jardy A. (1996). Techenique de l'ingénieur. Traite d'analyse et caractérisation. Fance. pp:1445 (1-5).
- Charleroi X. (1997). Roma News: *Origanum compactum*. Letter d'information de N.A.R.D.: Natural Aromatherapy Research and Development.
- Chiasson H. et Beloin N. (2007). Les huiles essentielles, des bio pesticides « Nouveau genre». **14**: 3-6
- Degryse A. C., Delpl I. et Voinier M. A. (2008). Risques et bénéfices possibles des huiles essentielles. Atelier santé environnement-IGS-EHESP. pp: 1-94

- Derwich E., Benziane Z. and Boukir A. (2010). Chemical Composition of Leaf Essential Oil of *Juniperus phoenicea* and Evaluation of its Antibacterial Activity. *Int. J. Agric. Biol.*, **12**: 199–204.
- Desjobert J. M., Bianchina A., Tomi P., Costa J. et Bernardini A. F. (1997). Etude d'huiles essentielles par couplage chromatographie en phase gazeuse / spectrométrie de masse. Application à la valorisation des plantes de la flore crose. *Analisis Magazine*, **25** (6) :13-16.
- Desmares C., Laurant A. et Delermed C, (2008). Recomondations relatives aux critères de qualité des huiles essentielles. Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé (afssaps). bd Anatole France. pp: 3-16
- El Ajjouri M., Satrani B., Ghanmi M., Aafi A., Farah A., Rahouti M., Amarti F. et Aberchane M. (2008). Activité antifongique des huiles essentielles de *Thymus bleicherianus* Pomel et *Thymus capitatus* (L.) Hoffm. & Link contre les champignons de pourriture du bois d'œuvre. *Biotechnol.Argon. Soc*, **12** :345-351.
- El Hadri A., Ziad A., Ait-Mbarek L., Hait-mouse H., Mezzoug N., Zhiri A., Baudoux D., Abrini J. et Idaomar M. (2006). Action anticancerigène de l'huile essentielle d'*Origanum compactum* : application sur la lignée cancéreuse humaine du nasopharynx " Hep ". Congrès intenational de biochimie, Agadi, Maroc.
- El Hanbali F., El.Hassanya B., Melloukia F., Rhalabib N., Bessib H., Haidourc A., Barreroc A. F. et Akssiraa M. (2006). Etude des activités cytotoxique et antibactérienne d'un partenolide isolé d'*Anvillea radiata*. Congrès intenational de biochimie, Agadi, Maroc.
- Fellah S., Romdhane M. et Abderraba M. (2006). Extraction et etude des huiles essentirllles de la *Salvia officinalis* L. cueillie dans deux régions différentes de la Tunisie. *J.Soc.Alger.Chim*, **16**: 193-202.
- Guignard J. L. (2000). terpène et stéroïde in *Biochimie végétale*. Dunod : (2eme édition), Paris. pp : 177-193.
- Heimeur N., Idrissi Hassani L. M. et Serghini M. A. (2006). Prospection de l'activité antifongique d'extraits de *Pyrus mamorensis*. Congrès intenational de biochimie, Agadi, Maroc.
- Imdorf A., Bogdanov S., Kilchenmann V. et Berger T. (2006). Toxicité pour les varroas et les abeilles des huiles de thym, de sauge et d'hysope de même que de leurs composants les plus importants. *Apidologie*. **30**: 209-228.
- Jazet Dongmo P. M., Kuate J., Fekam Boyom F., Ducelie D., Damesse F., Amvamzollo P.H., Menut Ch. et Bessiere J. M. (2002). Composition chimique et activité antifongique in vitro des huiles essentielles de Citrus sur la croissance mycélienne de *Phaeoramularia angolensis*. **57**: 95-104.
- Juge c. (2007). Fiche technique huile essentielle de menthe spearmint *Mentha spicata* L. Laboratoie florame aromatherapie.
- Karou D., H.Dicko M., Simpoe J., Yameogo S., Sanon S. et S.Traore A. (2005). Activités antioxydantes et antimicrobiennes des polyphénols extraits de plantes médicinales de la pharmacopee traditionnelle du Burkina-Faso. Analyse des risques en agroalimentaire. Ouagadougou.

- Koba K., Sanda K., Raynaud C., Nenonene Y. A., Millet J. et Chaumont J.P. (2004). Activités antimicrobiennes d'huiles essentielles de trois *Cymbopogon* sp. Africains vis-à-vis de germes pathogènes d'animaux de compagnie. Ann. Méd. Vét., **148**: 202-206
- Legrand G. (1994). Manuel du préparateur en pharmacie. Masson. Paris Milan Barcelone. pp:216-221.
- Lis-Balchin M. (1997). Essential oils and 'aromatherapy': their modern role in healing. London. J-Roy. Soc. Health. **117** :324-329.
- Mellouki F., Ait Abdellah Oul Mokhtara S., Saouf A., Akssira M. et Lemrani M. (2006) Evaluation *in vitro* de l'activité antileishmanienne de phénylpropanoïde de *Thapsia transtagana* Brot. Congrès international de biochimie, Agadi, Maroc.
- Mohammedi Z., Bachik S. et Belkaroubé N. (2010). Potentiel antifongique et antiaflatoxinogène des huiles essentielles d'une plante endémique *Thymus fontanesii* Boiss. Et Reut. **5** (10) :10-14.
- Odoul M. (2003). Les huiles essentielles. La lettre "l'institut français de shiatsu". **2** :1-12.
- Oussou K. R. Yolou S., Boti J. B., Guessennd K. N., Kanko C., Ahibo C. et Casanova J. (2008). Etude chimique et activité antidiarrhéique des huiles essentielles de deux plantes aromatiques de la pharmacopée ivoirienne. European journal of scientific research. **24** : 94-103.
- Paris M. et Hurabielle M. (1981).). Plante à huile essentielle in Abrégé de matière médicale (pharmacognosie, (tome 1). Paris New York Barcelone Milan Mexico Rio de Janeiro. pp: 182-192.
- Piochon M, 2008. Etude des huiles essentielles d'espèces végétales de la flore laurentienne : composition chimique, activités pharmacologiques et hémisynthèse. Université du Québec. pp 19.
- Satrani B., GHanmi M., Farah A., Aafi A., Fougrach H., Bourkhiss B., Bousta D. Talbi M. (2007). Composition chimique et activité antimicrobienne de l'huile essentielle de *Cladanthus mixtus*. Bull. Soc. Pharma. Bordeaux, **146** : 85-96.
- Svoboda K. P. and Hampson J. (1999). Bioactivity of essential oils of selected temperate aromatic plants: antibacterial, antioxidant, anti-inflammatory and other related pharmacological activities.
- Tchoumboungang F., Jazet Dongmo P.M., Sameza M.L., Nkouaya Mbanjo E.G., Tiako Fotso G.B., Henri P., Amvam Zollo A. et MenutCh. (2009). Activité larvicide sur *Anopheles gambiae* Giles et composition chimique des huiles essentielles extraites de quatre plantes cultivées au Cameroun. Biotechnol. Agron. Soc. Environ. **13**: 77-84
- Templenton W. (1988). Introduction to the chemistry of terpenoids and steroids. Butterworths. London. pp: 41, 71, 104, 105,124- 125.
- Trease G. E. and Evans W. CH. (1985). Volatile oil and resins in : Pharmacognosy. (12eme edition). pp: 415.
- Zhiri A et Baudoux D. (2009). Huiles essentielles chémotypées et leurs synergies. Aromathérapie scientifique.