



THÈSE

Présentée à l'Université de Ouagadougou
pour obtenir le grade de

DOCTEUR ES SCIENCES PHYSIQUES

par

Abdoul Dorosso SAMATE

Maître ès sciences

Diplômé d'Études Approfondies

Docteur de 3^{ème} cycle (Mention : Chimie Organique)

Thème :

**COMPOSITIONS CHIMIQUES D'HUILES ESSENTIELLES
EXTRAITES DE PLANTES AROMATIQUES DE LA ZONE
SOUDANIENNE DU BURKINA FASO : VALORISATION**

Soutenance publique le 24 janvier 2002 devant la commission d'examen

Président : Mouhoussine NACRO, Professeur, Université de Ouagadougou

**Examineurs : Yves CHAPLEUR, Directeur de Recherche, Université Nancy I
Chantal MENUT, Professeur, Université de Montpellier II
Honoré Kossi KOUMAGLO, Professeur, Université du Bénin (Togo)
Sita GUINKO, Professeur, Université de Ouagadougou
Adama SABA, Maître de Conférences, Université de Ouagadougou**

Je dédie ce mémoire,

A la mémoire : de ma mère Kouessé DAO et ma tante Fatoumata DAO,

A la mémoire : de mon père Diby SAMATE et mon grand père Kolama DAO,

A la mémoire : de Oumarou Clément OUEDRAOGO et Aimé NIKIEMA,

A la mémoire : de Jacqueline BOYER,

A mon maître : le Professeur Robert CORRIU,

Au Professeur : Léopold MOLLE,

A mon épouse : Téné SANOU,

A mes enfants : Youssouf, Yasmina et Mâ Bibata,

A mes camarades et amis,

A tous les miens

en témoignage de reconnaissance et de profonde affection.

AVANT-PROPOS

Ce travail a été réalisé en alternance :

La première étape s'est déroulée, au Laboratoire de Chimie Organique Appliquée du Professeur Mouhoussine NACRO, à l'Université de Ouagadougou (Burkina Faso). Elle a consisté, à l'extraction des huiles essentielles des plantes aromatiques par la méthode d'hydrodistillation. Les huiles ainsi obtenues sont conservées dans des flacons en verre blanc ou brun, à une température d'environ 4° C.

La deuxième étape, profitant des voyages d'études et de recherche, est consacrée aux analyses et l'identification des constituants des huiles essentielles ; elles ont lieu au Laboratoire de Chimie Organique Physique dirigé par les Professeurs Gérard LAMATY et Jean Pierre ROCQUE, à l'Université de Montpellier II (France).

Nous avons bénéficié de quatre subventions provenant, du Centre de Recherche pour le Développement International (CRDI) du Canada et de la Coopération française.

L'ensemble du travail réalisé, en partenariat avec les Professeurs Chantal MENUT, du Laboratoire de Chimie Biomoléculaire, Université de Montpellier II et Jean Marie BESSIERE, du Laboratoire de Phytochimie, ENSCM, Montpellier, a fait l'objet de plusieurs publications : cinq communications et huit articles dont 7 parus dans différentes revues internationales et 1 dans une revue nationale.

REMERCIEMENTS

Avant d'aborder l'exposé de ce travail, qu'il me soit permis d'exprimer ma profonde gratitude :

A Messieurs les Professeurs, Yves CHAPLEUR, Honoré Kossi KOUMAGLO et Sita GUINKO pour l'honneur qu'ils me font en acceptant de faire partie du jury de cette thèse.

A Monsieur le Professeur Adama SABA pour sa contribution et pour avoir accepté de faire partie du jury.

A Monsieur le Professeur Mouhoussine NACRO, de m'avoir accepté dans son équipe en 1988. Je lui ai proposé le sujet de cette thèse, qu'il a accepté et n'a cessé de m'encourager. Je le remercie enfin, pour toute la compréhension et tout le soutien dont j'ai bénéficié auprès de lui dans des circonstances difficiles. Son sens profond de la recherche restera pour moi un exemple.

A Monsieur le Professeur Gérard LAMATY, pour m'avoir accepté dans son laboratoire de Chimie Organique Physique de l'Université de Montpellier II en 1991. Il m'a présenté à Madame le Professeur Chantal MENUT responsable de la section "Huiles essentielles".

Je suis heureux de pouvoir adresser mes très vifs remerciements à Madame le Professeur Chantal MENUT qui m'a guidé dans ce travail. Sa compétence, l'amitié qu'elle a toujours manifestée à mon égard et son assistance sans relâche, m'ont permis de mener ce travail à terme.

A Monsieur le Professeur Jean Marie BESSIERE pour sa grande contribution à la réalisation de ce travail.

Au Centre de Recherche pour le Développement International (CRDI) du Canada et Monsieur Serges DUBE, pour m'avoir accordé trois subventions au cours de ce travail. Ces subventions m'ont permis de participer aux rencontres suivantes :

- premier séminaire maghrébin sur les plantes aromatiques à TLEMCEM (Algérie), mai 1990 ;

- réunion scientifique internationale sur la valorisation des productions végétales : Cas des plantes aromatiques et des huiles essentielles, Kigali (RWANDA), février 1992 ;

- treizièmes journées internationales Huiles essentielles, Digne-Les Bains (FRANCE), septembre 1994.

Aux Professeurs Jean Pierre AYCARD et Guy Venance OUEDRAOGO, pour m'avoir permis de bénéficier d'une subvention en 1997, de la Convention interuniversitaire Universités de Marseille- Provence (France) - Ouagadougou. Cette subvention a permis, l'isolement et

l'identification des composés : apodophyllone et isotorquatone de l'huile essentielle d'Eucalyptus apodophylla.

Je ne saurais oublier de remercier Mesdames et Messieurs les Professeurs Marie KOUDA-BONAFOS, Odile NACOULMA-OUEDRAOGO, Jean Boukari LEGMA et Jean PIRO, mes collègues Raymond BELEMTUGRI, Marcel S. BONKIAN, Dembo GADIAGA, Florent KIENO, Jeanne MILLOGO-RASOLODIMBY Boukary ZEBE et Ouétian BOGNOUNOU, Messieurs Robert KORAHIRE, Justin K. NIKIEMA et Alfa Keïta DJIBO, pour l'aide amicale et efficace que j'ai toujours trouvée auprès d'eux.

Je terminerai en remerciant mes amis français : Monsieur et Madame Agapit KPOTON, Monsieur et Madame Joël MASSE, Monsieur et Madame Christian GUERIN, Monsieur et Madame Gérard LANNEAU, Monsieur et Madame Bernard HENNER, Monsieur Joël MOREAU et Mademoiselle Cathérine REYE, qui m'ont accueilli, ainsi que Madame Jean Pierre ROCQUE qui assumait la tâche d'enregistrement des spectres de résonance magnétique nucléaire.

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE

1

PREMIERE PARTIE : RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LES
HUILES ESSENTIELLES

CHAPITRE I : GENERALITES SUR LES HUILES ESSENTIELLES

<u>I-1- Définitions</u>	4
<u>I-2- Répartition dans le règne végétal</u>	4
<u>I-3- Localisation dans la plante</u>	5
<u>I-4- Origine des constituants volatils</u>	5
I-4-1- Biosynthèse des terpénoïdes	6
I-4-1-1- Formation des motifs isopréniques	6
I-4-1-2- Condensation des motifs isopréniques	7
I-4-1-3- Transformations secondaires.	9
I-4-1-4- Biosynthèse des monoterpènes acycliques	10
I-4-1-5- Biosynthèse des monoterpènes cycliques	11
I-4-1-6- Biosynthèse des sesquiterpènes	12
I-4-2- Biosynthèse des dérivés du phénylpropane	15
I-4-3- Biosynthèse des acides gras	17
<u>I-5- Rôle dans la plante</u>	18
<u>I-6- Caractéristiques physiques</u>	19
<u>I-7- Composition chimique</u>	19
I-7-1- Groupe des terpénoïdes	20
I-7-2- Groupe des composés aromatiques	20
I-7-3- Composés d'origines diverses	20
<u>I-8- Facteurs de variabilité</u>	20
I-8-1- Diversité selon l'organe végétal	21
I-8-2- Influence de la période de récolte	21
I-8-3- Existence des variétés chimiques ou "chémotypes"	21
I-8-4- Influence des facteurs extrinsèques	22
I-8-5- Influence du procédé d'obtention	22

CHAPITRE II : METHODES D'EXTRACTION ET D'ANALYSE DES HUILES ESSENTIELLES

	PAGES
<u>II-1- Méthodes d'extraction</u>	24
II-1-1- Méthodes d'extraction des huiles essentielles	24
II-1-1-1- Entraînement à la vapeur d'eau	24
II-1-1-1-1- Hydrodistillation	24
II-1-1-1-2- Distillation à vapeur saturée	25
II-1-1-1-3- Hydrodiffusion	25
II-1-1-2- Expression à froid	26
II-1-2- Autres méthodes d'obtention des extraits volatils	26
II-1-2-1- Extraction par les solvants	26
II-1-2-2- Extraction par un fluide à l'état supercritique	28
II-1-2-3- Extraction par les corps gras	29
II-1-2-4- Extraction par micro-ondes	29
II-1-2-5- Méthodes "Headspace"	30
II-1-2-5-1- Procédé "closed loop stripping"	30
II-1-2-5-2- Technique "Headspace sous vide"	30
II-1-3- Traitements ultérieurs	30
<u>II-2- Méthodes d'analyse</u>	30
II-2-1- Analyse par chromatographie en phase gazeuse (CPG)	31
II-2-1-1- Principe de la chromatographie en phase gazeuse	31
II-2-1-2- Identification préliminaire par les indices de rétention	32
II- 2- 2- Identification par couplage chromatographie en phase gazeuse spectrométrie de masse (CG/SM)	32

VALORISATION DES HUILES ESSENTIELLES

CHAPITRE III : UTILISATION DES HUILES ESSENTIELLES

<u>III-1- Utilisations des huiles essentielles</u>	34
III-1-1- Parfumerie et cosmétologie	34
III-1-2- Pharmacie	34
III-1-3- Industrie agro-alimentaire	35
III-1- 4- Industrie chimique	36
<u>III-2- Activités biologiques</u>	37

	PAGES
III-2-1- Pouvoir antiseptique	39
III-2-2- Pouvoir contre les affections respiratoires	39
III-2-3- Propriétés antihelminthiques	39
III-2-4- Propriétés antibactériennes et antifongiques	39
III-2-5- Propriétés pesticides	40
III-2-6- Propriétés irritantes	40
III-2-7- Propriétés toxicologiques	40
<u>III-3- Conservation des huiles essentielles</u>	40
<u>III-4- Marché</u>	40
III-4-1- Production	41
III-4- 2- Consommation	47
III-4- 3- Prix	47
<u>III-5- Moyens physiques et humains de développement</u>	48
III-5-1- Moyens physiques	48
III-5-2- Moyens humains	49

CHAPITRE IV : PROBLEMES LIES A L'EXTRACTION, L'ANALYSE ET AU STOCKAGE DES HUILES ESSENTIELLES

IV-1- Problèmes liés à l'extraction et à l'analyse des huiles essentielles	50
IV-2- Problèmes liés au stockage des huiles essentielles	50
IV-2-1- Principales réactions chimiques	51
IV-2-1-1- Réactions photochimiques	51
IV-2-2- Réactions d'autooxydation	57
IV-3- Moyens d'étude des altérations	58
IV-3-1- Tests de conservation à long terme	58
IV-3-1-1- Température	58
IV-3-1-2- Contact avec l'air	58
IV-3-1-3- Irradiation lumineuse	58
IV-3-2- Tests accélérés	58
IV-3-2-1- Analyse des modifications	58
IV-3-2-2- Etude des caractères physiques	59
IV-3-2-3- Détermination des indices chimiques	59
IV-3-2-4- Analyses chromatographiques	59
IV-4- Exemples d'altérations et moyens de protection des huiles essentielles	

	PAGES
IV-4-1- Exemples d'altérations	60
IV-4-1-1- Huile essentielle à anéthole : huile essentielle d'anis vert	60
IV-4-1-2- Huile essentielle à citral : huile essentielle de citron	62
IV-4-2- Moyens de protection des huiles essentielles	65
IV-4-2-1- Élimination des facteurs physiques	65
IV-4-2-2- Déterpénation	65
IV-4-2-3- Emploi d'antioxydants classiques	66
IV-4-2-4- Recherche de nouveaux antioxydants	66

CHAPITRE V : RAISONS DU CHOIX DE L'ETUDE DES PLANTES

AROMATIQUES

V-1- Début des travaux	68
V-2- Screening phytochimique	68
V-3- Raisons du choix de l'étude des plantes aromatiques	73

DEUXIEME PARTIE : PLANTES AROMATIQUES DU BURKINA FASO

CHAPITRE VI : ETUDE DE L'HUILE ESSENTIELLE DE *BLUMEA AURITA*

(ASTERACEAE)

<u>VI-1- Généralités sur les Asteraceae</u>	76
VI-1-1- Description botanique	76
VI-1-2- Usages	76
VI-1-3- Huiles essentielles des Asteraceae	76
<u>VI-2- <i>Blumea aurita</i> (L.) DC. (synonyme : <i>Laggera aurita</i>)</u>	76
VI-2-1- Description botanique	76
VI-2-2- Usages	77
VI-2-3- Travaux antérieurs	77
VI-2-4- Extraction et analyse des huiles essentielles	77
VI-2-5- Résultats et Discussion	78

CHAPITRE VII : ETUDE DE L'HUILE ESSENTIELLE DE *BOSWELLIA*

DALZIELII (BURSERACEAE)

<u>VII-1- Généralités sur les Burseraceae</u>	81
VII-1-1- Description botanique	81

	PAGES
VII-1-2- Usages	81
<u>VII-2- <i>Boswellia dalzielii</i> Hutch</u>	81
VII-2-1- Description botanique	81
VII-2-2- Usages	81
VII-2-3- Travaux antérieurs	82
VII-2-4- Extraction et analyse de l'huile essentielle	82
VII-2-5- Résultats et Discussion	84

CHAPITRE VIII : ETUDE DE L'HUILE ESSENTIELLE DE *DANIELLIA OLIVERI* (CAESALPINIACEAE)

<u>VIII-1- Généralités sur les Caesalpiniaceae</u>	85
VIII-1-1- Description botanique	85
VIII-1-2- Usages	85
<u>VIII-2- <i>Daniellia oliveri</i> (Rolfe) Hutch. et Dalz.</u>	85
VIII-2-1- Description botanique	85
VIII-2-2- Usages	86
VIII-2-3- Travaux antérieurs	86
VIII-2-4- Extraction et Analyse des huiles essentielles	86
VIII-2-5- Résultats et Discussion	87

CHAPITRE IX : ETUDE DES HUILES ESSENTIELLES DE *MENTHA PIPERITA* ET *D'OCIMUM BASILICUM* (LAMIACEAE)

<u>IX-1- Généralités sur les Lamiaceae</u>	89
IX-1-1- Description botanique	89
IX-1-2- Usages	89
IX-1-3- Huiles essentielles des Lamiaceae	89
<u>IX-2- <i>Mentha piperita</i> Huds. L.</u>	90
IX-2-1- Description botanique	90
IX-2-2- Usages	91
IX-2-3- Travaux antérieurs	91
IX-2-4- Extraction et analyse des huiles essentielles	92
IX-2-5- Résultats et Discussion	93
<u>IX-3- <i>Ocimum basilicum</i> L.</u>	96

	PAGES
IX-3-1- Description botanique	96
IX-3-2- Usages	96
IX-3-3- Travaux antérieurs	98
IX-3-4- Extraction et analyse des huiles essentielles	100
IX-3-5- Résultats et Discussion	102

CHAPITRE X : ETUDE DES HUILES ESSENTIELLES DE SIX ESPECES DE LA FAMILLE DES MYRTACEAE

<u>X-1- Généralités sur les Myrtaceae</u>	105
X-1-1- Description botanique	105
X-1-2- Usages	105
X-1-3- Huiles essentielles des Myrtaceae	105
<u>X-2- Etude des huiles essentielles de six espèces du genre Eucalyptus</u>	106
X-2-1- Généralités sur différentes espèces d'Eucalyptus	106
X-2-2- Etude structurale des constituants d' <i>Eucalyptus apodophylla</i> : apodophyllone et isotorquatone deux composés isolés de l'huile essentielle d' <i>Eucalyptus apodophylla</i> du Burkina Faso	107
X-2-2-1- Travaux antérieurs	107
X-2-2-2- Résultats et Discussion	109
X-3- Etude des huiles essentielles d'autres espèces d'Eucalyptus	113
X-3-1- <i>Eucalyptus alba</i>	113
X-3-1-1- Description botanique	113
X-3-1-2 - Usages	113
X-3-2- <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Denhardt	113
X-3-2-1- Description botanique	113
X-3-2-2- Usages	113
<u>X-3-3- Autres espèces d'Eucalyptus</u>	114
X-4- Travaux antérieurs	114
X-5- Résultats et Discussion	115

CHAPITRE XI : ETUDE DE L'HUILE ESSENTIELLE DE *ELIONURUS ELEGANS* (POACEAE)

<u>XI-1- Généralités sur les Poaceae</u>	124
XI-1-1- Description botanique	124

	PAGES
XI-1-2- Usages	124
<u>XI-2- Huiles essentielles des Poaceae</u>	124
<u>XI-3- <i>Elionurus elegans</i> Kunth</u>	124
XI-3-1- Description botanique	124
XI-3-2- Usages	125
<u>XI-3-3- Extraction et analyse des huiles essentielles</u>	125
<u>XI-3-4- Résultats et Discussion</u>	125

CHAPITRE XII : ETUDE DES HUILES ESSENTIELLES DE CINQ ESPECES DE LA FAMILLE DES VERBENACEAE

<u>XII-1- Généralités sur les Verbenaceae</u>	127
XII-1-1- Description botanique	127
XII-1-2- Usages	127
XII-1-3- Huiles essentielles des Verbenaceae	127
<u>XII-2- <i>Lantana camara</i> L.</u>	127
XII-2-1- Description botanique	127
XII-2-2- Usages	128
XII-2-3- Travaux antérieurs	128
XII-2-4- Extraction et analyse des huiles essentielles	129
XII-2-5- Résultats et Discussion	130
<u>XII-3- Espèces du genre <i>Lippia</i></u>	131
XII-3-1- Description botanique	131
XII-3-2- Usages	131
XII-3-3- Travaux antérieurs	132
XII-3-4- Extraction et analyse des huiles essentielles	132
XII-3-5- Résultats et Discussion	134

CHAPITRE XIII : SCREENING D'HUILES ESSENTIELLES POUR LEURS ACTIVITES ANTIOXYDANTES ET ANTIRADICALAIRES

<u>XIII-1- Introduction</u>	139
<u>XIII-2- Screening</u>	139

	PAGES
XIII-2-1- Action antiradicalaire	140
XIII-2-2- Action antioxydante	140
XIII-3-Résultats	140
CONCLUSION GENERALE	141

CHAPITRE XIV : PARTIE EXPERIMENTALE

<u>XIV-1- Tests chimiques préliminaires</u>	143
XIV-1-1- Préparation des extraits	143
XIV-1-2- Réalisation des tests	143
XIV-1-2-1- Alcaloïdes	143
XIV-1-2-2- Quinones	144
XIV-1-2-3- Saponosides	144
XIV-1-2-4- Stéroïdes/Terpénoïdes	144
XIV-1-2-5- Cardénolides	144
XIV-1-2-6- Iridoïdes	144
XIV-1-2-7- Composés phénoliques	144
<u>XIV-2- Extraction des huiles essentielles</u>	145
<u>XIV-3- Analyse des huiles essentielles</u>	146
<u>XIV-4- Isolement et identification des constituants : apodophyllone (27) et isotorquatone (29) de l'huile essentielle d'<i>Eucalyptus apodophylla</i></u>	147
XIV-4-1- Récolte de la plante	147
XIV-4-2- Isolement des constituants : apodophyllone et isotorquatone	147
XIV-5- Screening des huiles essentielles pour leurs propriétés antioxydantes et antiradicalaires.	147
XIV-5-1- Action antiradicalaire	147
XIV-5-2- Action antioxydante	147

BIBLIOGRAPHIE	149
----------------------	------------

ANNEXES

INTRODUCTION GENERALE

L'usage des plantes est une composante naturelle de la culture humaine. En effet, l'Homme a toujours tiré profit de son environnement végétal pour satisfaire ses besoins quotidiens.

Dans la perspective de valorisation des ressources végétales tropicales, nous nous sommes intéressés plus particulièrement aux plantes aromatiques, qui se distinguent par le fait qu'elles exhalent des fragrances dénotant généralement la présence dans leurs cellules de sécrétions naturelles constituées de molécules volatiles élaborées par l'organe végétal. Ces extraits naturels sont appelés huiles essentielles quand ils sont obtenus par entraînement à la vapeur d'eau, par expression (péricarpes des *Citrus*) ou par distillation sèche.

Sur le plan chimique, les huiles essentielles, objets de notre étude, sont des mélanges complexes de différents composés chimiques, dissous l'un dans l'autre, formant des solutions homogènes. De ce fait, elles ont des propriétés multiples et multiformes, mais sont utilisées principalement :

- en parfumerie et en cosmétologie pour leurs propriétés parfumantes ;
- dans les spécialités pharmaceutiques et dans les produits utilisés par les médecines dites douces (phyto et aromathérapie) pour leurs propriétés thérapeutiques ;
- dans l'industrie agro-alimentaire pour leurs propriétés aromatisantes. Cette filière prend de l'importance avec le retour actuel vers le naturel et la mondialisation de l'économie.

A l'échelle mondiale, on estime à plus de 40000 le nombre d'espèces aromatiques et près de 90 % de ces plantes poussent dans les régions tropicales et subtropicales. Au regard de la richesse de la flore à prospecter, du faible coût d'investissement nécessaire à la production des huiles essentielles, de la relative simplicité des techniques d'analyses dans ce domaine et dans la perspective de lier une nouveauté scientifique à un intérêt économique pouvant déboucher sur la création de petites unités de production et de commercialisation, un bon nombre des chercheurs des pays tropicaux ont fait de la valorisation des plantes à huiles essentielles l'un des axes prioritaires de recherche. D'une façon générale, la "valorisation des ressources naturelles d'origine végétale" est une préoccupation prioritaire et normale des responsables politiques et scientifiques africains. En effet, divers colloques (ceux tenus sous l'égide de l'OUA à Dakar au Sénégal en 1968, au Caire en Egypte en 1975, et celui organisé par le CAMES en 1974 à Lomé au Togo) ont suffisamment souligné et l'importance et l'urgence d'une pharmacopée africaine.

En 1974, une équipe pluridisciplinaire de l'Université de Ouagadougou (Burkina Faso)

s'est intéressée à l'étude des plantes médicinales. Dans le projet initial de cette équipe, il est écrit ce qui suit : "L'objectif du présent projet sera de déceler à travers les centaines de plantes utilisées chez les différents groupes ethniques de Haute-Volta, celle d'intérêt thérapeutique réel, et cela dans l'optique" suivante :

1°) Contribuer à une meilleure protection sanitaire des populations, en indexant les plantes toxiques et celles inefficaces, dont l'utilisation entretient de dangereuses illusions chez les malades.

2°) Valoriser les plantes d'intérêt médicinal établi ; cela pouvant, indépendamment de l'importance possible de l'apport des drogues africaines à la thérapeutique moderne dans la recherche de médicaments naturels nouveaux ou d'hémisynthèse.

3°) Contribuer à asseoir les bases scientifiques indispensables à l'élaboration d'une pharmacopée moderne burkinabè appelée à trouver sa place dans une pharmacopée, à établir à l'échelon régional voire africain".

Depuis plusieurs années, le laboratoire de Chimie Organique Appliquée de l'Université de Ouagadougou s'intéresse à l'étude chimique des constituants volatils des plantes aromatiques et d'autres métabolites secondaires des végétaux (composés anthocyaniques) soudaniens du Burkina Faso.

Le travail sur les plantes aromatiques a pour objectifs : dresser l'inventaire des plantes aromatiques du Burkina Faso, extraire, analyser et faire évaluer leurs huiles essentielles pour une valorisation de celles qui auront montré des propriétés intéressantes dans l'alimentation et / ou en chimie, pharmacie, parfumerie et cosmétique etc.

Les récoltes ont lieu dans plusieurs localités en zone soudanienne du Burkina Faso. Un herbier existe au département d'écologie de l'Université de Ouagadougou. Le Burkina Faso est un pays situé au sud du Sahara en zone soudano-sahélienne. La zone comprend trois régions climatiques sur le plan agro-météorologique (Carte en annexe) :

- **la zone sahélienne** semi-désertique est située au nord du 14^{ème} parallèle, elle reçoit des précipitations inférieures à 600 millimètres par an ;

- **la zone soudanienne Centre-Nord** située entre les 12^{ème} et 14^{ème} parallèles, reçoit 800 millimètres de précipitations par an ;

- **la zone soudanienne méridionale** plus arrosée, a une pluviométrie annuelle supérieure à 1000 millimètres.

La végétation comprend des espèces aromatiques :

- spontanées : *Boswellia dalzielii*, *Blumea aurita* *Cymbopogon schoenanthus*,

Daniellia oliveri, *Lippia*, (*L. chevalieri*, *L. multiflora*, *L. rugosa*, et *L. savoryi*), *Elionurus elegans*, *Hyptis spicigera*, *Hyptis suaveolens*, *Ocimum americanum*, etc. ;

- introduites pour le reboisement : *Eucalyptus* (diverses espèces),

Plumeria rubra *Lantana camara*...

- cultivées : *Mentha piperita*, *Cymbopogon citratus*, *Ocimum basilicum*,

Lawsonia inermis, *Citrus* et *Allium* (plusieurs espèces), *Mangifera indica*, *Psidium guayava* etc.

La liste des plantes étudiées et les localités de récolte sont données dans le tableau 1.

Tableau 1 : Liste des plantes étudiées et lieux de récolte.

Nom de l'espèce	Famille	Organe de la plante	Localité de récolte
<i>Blumea aurita</i>	Asteraceae	Feuilles	Ouagadougou
<i>Boswellia dalzielii</i>	Burseraceae	Feuilles-Rameau	Gaongho (Manga)
<i>Daniellia oliveri</i>	Caesalpiniaceae	Ecorces	Boromo
<i>Ocimum basilicum</i>	Lamiaceae	Feuilles	Ouagadougou
<i>Ocimum basilicum</i>	Lamiaceae	Feuilles	Bobo- Dioulasso
<i>Mentha piperita</i>	Lamiaceae	Feuilles	Ouagadougou
<i>Elionurus elegans</i>	Poaceae	Feuilles	Ouagadougou
<i>Eucalyptus alba</i>	Myrtaceae	Feuilles	Dindéresso
<i>Eucalyptus apodophylla</i>	Myrtaceae	Feuilles	Dindéresso
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	Myrtaceae	Feuilles	Dindéresso
<i>Eucalyptus citriodora</i>	Myrtaceae	Feuilles	Banfora
<i>Eucalyptus crebra</i>	Myrtaceae	Feuilles	Banfora
<i>Eucalyptus torelliana</i>	Myrtaceae	Feuilles	Banfora
<i>Lantana camara</i>	Verbenaceae	Feuilles	Ouagadougou
<i>Lippia chevalieri</i>	Verbenaceae	Feuilles-Fleurs	Ouagadougou Yagma
<i>Lippia multiflora</i>	Verbenaceae	Feuilles-Fleurs	Ouagadougou Boulbi
<i>Lippia rugosa</i>	Verbenaceae	Feuilles-Fleurs	Ouagadougou Boulbi
<i>Lippia savoryi</i>	Verbenaceae	Feuilles-Fleurs	Ouagadougou Saaba

Le mémoire est divisé en deux parties

La première partie est consacrée aux recherches bibliographiques sur les huiles essentielles, leurs modes d'extraction et d'analyse, leur valorisation, les problèmes liés à l'extraction et au stockage, les raisons du choix de l'étude chimique des plantes aromatiques (chapitres I à V).

L'ensemble du travail est présenté et discuté (chapitres V à XIII) dans la deuxième partie. Nous avons choisi des plantes aromatiques parmi les familles suivantes : Asteraceae, Burseraceae, Caesalpiniaceae, Lamiaceae, Myrtaceae, Poaceae et Verbenaceae pour la simple raison que les espèces retenues couramment utilisées en pharmacopée traditionnelle au Burkina Faso, n'ont fait l'objet d'aucune étude chimique.

Nous terminons notre étude par la partie expérimentale (chapitre XIV).

**PREMIERE PARTIE : RECHERCHES
BIBLIOGRAPHIQUES SUR LES HUILES
ESSENTIELLES**

CHAPITRE I : GENERALITES SUR LES HUILES ESSENTIELLES

I- 1- Définitions

La norme AFNOR définit une huile essentielle comme étant l'extrait obtenu à partir d'une matière végétale, par entraînement à la vapeur d'eau, par distillation sèche ou par expression des épicarpes de *Citrus* ¹⁷⁾.

Cette définition par procédé d'obtention est restrictive, elle exclut les produits obtenus par tout autre procédé d'extraction (solvants organiques, fluides à l'état supercritique, corps gras, etc.).

Ainsi, c'est l'origine de la matière première et le mode technologique de préparation qui définissent une huile essentielle.

Selon la nature de la matière première à extraire, les produits obtenus par extraction à l'aide des solvants organiques sont appelés concrètes ou résinoïdes.

I- 2- Répartition dans le règne végétal

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 Rutales, des Laurales et des Magnoliales ⁽¹⁰⁹⁾. Elles peuvent être stockées à l'intérieur d'un ou de plusieurs organes, à titre d'exemples nous pouvons citer :

- les racines du vétiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf) ;
- les rhizomes du gingembre (*Zingiber officinalis* Roscoe) ;
- les écorces du cannellier (*Cinnamomum zeylanicum* Blume) ;
- le bois du camphrier (*Cinnamomum camphora* Sieb) ;
- les tiges du romarin (*Rosmarinus officinalis* L.) ;
- Les feuilles de menthe (*Mentha piperita* L.) ;
- les aiguilles de pin (*Pinus sylvestris* L.) ;
- les fleurs du giroflier (*Syzygium aromaticum* L.) ;
- les graines ou les amandes du muscadier (*Myristica fragrans* Houtt.) ;
- le péricarpe ou zeste des agrumes (*Citrus sp* Blanco) ;
- les fruits du bigaradier (*Citrus aurantium* L.).

Sur le plan quantitatif, les teneurs en huiles essentielles des plantes pouvant les contenir sont très faibles, souvent inférieures à 1 %. Des teneurs fortes comme celle du bouton floral du giroflier (15 %) sont rares et exceptionnelles.

I- 3- Localisation dans la plante.

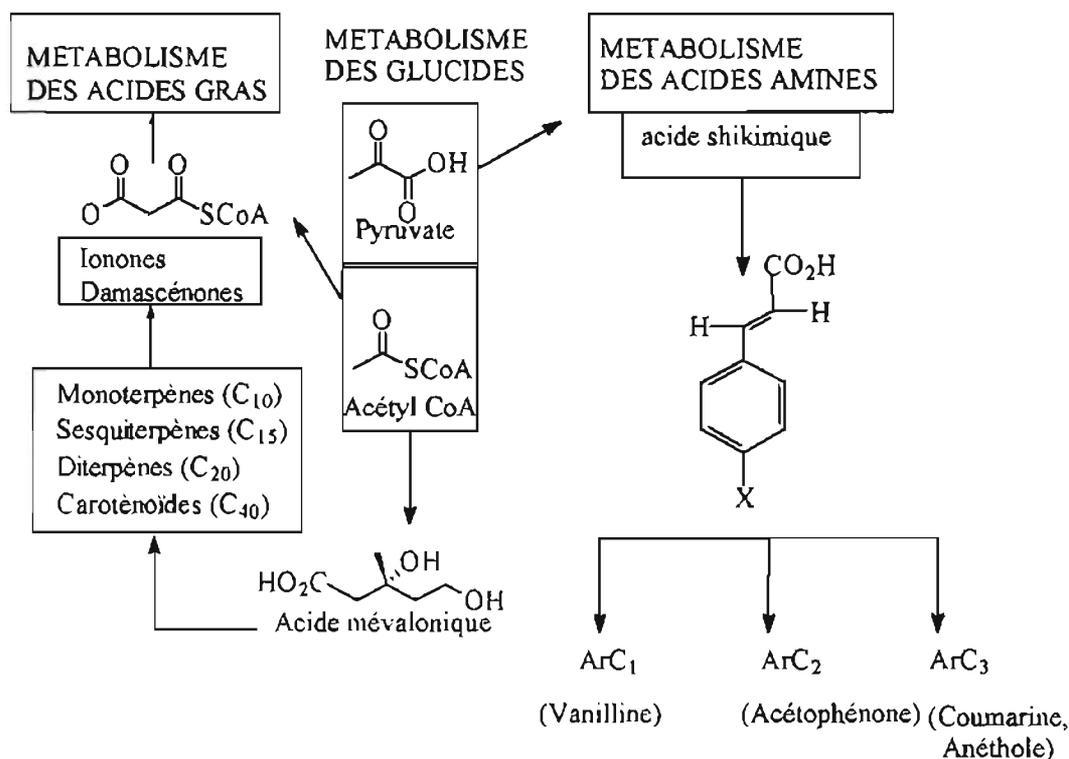
Les huiles essentielles sont produites dans le protoplasme cellulaire des plantes aromatiques et représentent les produits du métabolisme cellulaire dit "secondaire"^[109]. La synthèse et l'accumulation de ces métabolites dans un organe sont associées à la présence de structures histologiques spécialisées qui selon l'espèce botanique peuvent être des cellules sécrétrices, des poches sécrétrices, des poils sécréteurs ou des canaux sécréteurs^[58].

I- 4- Origine des constituants volatils.

Plusieurs hypothèses ont été émises pour expliquer l'origine des huiles essentielles dans la plante. Actuellement, il est admis que deux voies métaboliques secondaires conduisent à la formation des principaux constituants des huiles essentielles :

- la voie de l'acide mévalonique qui conduit aux terpènes ;
- la voie de l'acide shikimique, précurseurs des composés aromatiques.

La figure 1 représente les principales voies biosynthétiques des extraits volatils naturels.



Tressi R. et coll., Biogenesis in fruits and vegetables
 Aroma Research (H. Maarsc and P. J. Groenen, eds.), Pudoc, wagingen, 1975.

Figure 1: Principales voies biosynthétiques des composés volatils naturels.

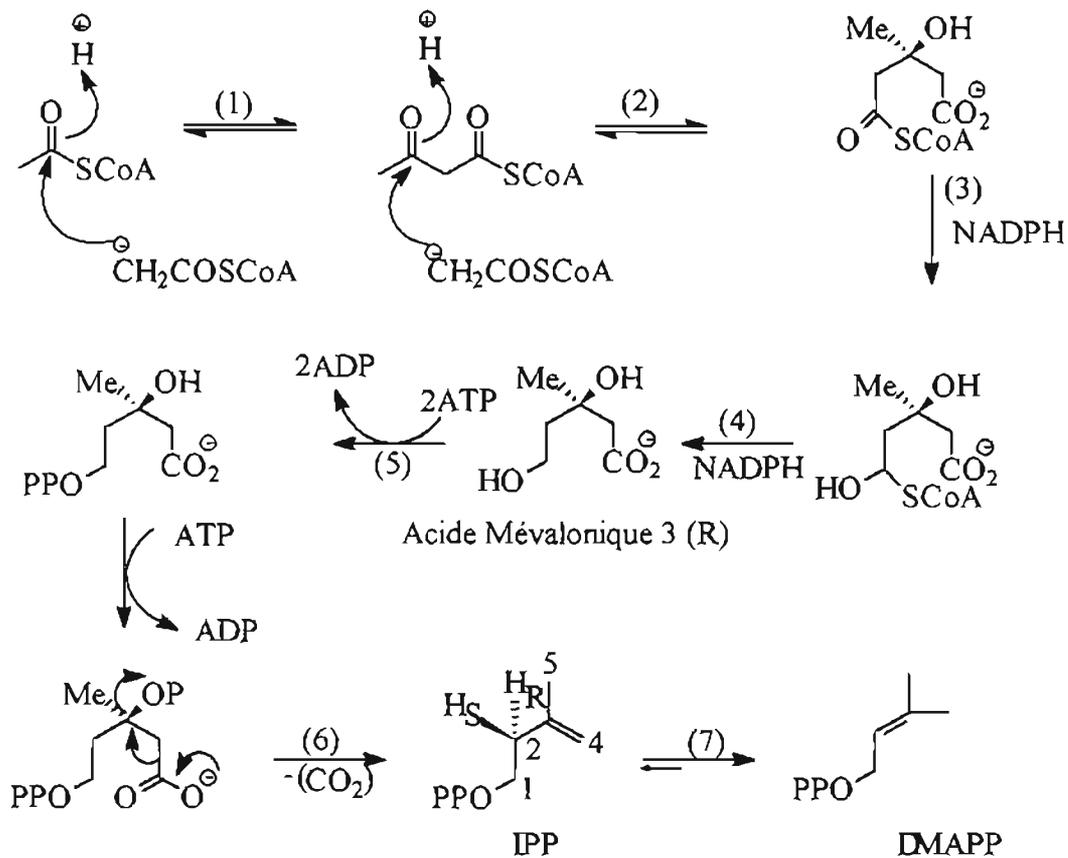
I-4-1- Biosynthèse des terpénoïdes

I- 4-1-1- Formation des motifs isopréniques ^[109]

Des travaux expérimentaux, tels que le marquage isotopique ont montré que le squelette carboné des terpènes provenait de l'acétate et que l'acide mévalonique en était le précurseur universel ^[109].

L'acide mévalonique est formé par condensation successive de trois molécules d'acétyl-coenzyme A, sous l'action d'enzymes spécifiques, suivie de réduction. Sa conversion en structures hémiterpéniques débute par une double phosphorylation : l'acide mévalonique-5-pyrophosphate formé subira ensuite une décarboxylation et une déshydratation pour former l'isopenténylpyrophosphate (IPP).

L'acide-3-phosphomévalonique-5-pyrophosphate est très certainement l'intermédiaire réactionnel dans ce processus, puisqu'une mole d'ATP est consommée, induisant un meilleur groupe partant en position 3, dont l'élimination assistera la décarboxylation. Le pyrophosphate d'isopentényle (IPP) est l'unité isoprénique de base qui, par isomérisation donne le pyrophosphate de diméthylallyle (DMAPP) (figure 2).



- | | |
|--|---|
| 1: Acétoacétyl-coenzyme A thiolase | 5: Phosphomévalonate kinase |
| 2: Hydroxyméthylglutaryl-coenzyme A synthétase | 6: Mévalonate-5-diphosphate décarboxylase |
| 3: Hydroxyméthylglutaryl-coenzyme A réductase | 7: Isopentényl diphosphate-isomérase |
| 4: Mévalonate kinase | |

Figure 2 : Formation des motifs isopréniques¹⁴⁰¹.

I-4-1-2-Condensation des motifs isopréniques

Les précurseurs des principales classes de terpènes, sont des esters pyrophosphoriques d'alcools en (C₅)_n. Ils sont formés par condensation entre une unité en C₅, le pyrophosphate d'isopentényle (IPP) et un pyrophosphate de prénylallylique, le premier terme de la série étant le pyrophosphate de diméthylallyle (DMAPP). L'addition du DMAPP sur la double liaison de l'IPP conduit au pyrophosphate de géranyle (GPP), précurseur des monoterpènes ; elle est catalysée par une pyrophosphate de géranyle synthétase.

La réaction, implique une substitution nucléophile sur le C-1 du DMAPP (favorisée par la formation d'un cation allylique) et concertée avec élimination d'un groupement pyrophosphate, qui est un bon groupe partant (Figure 3).

La stéréochimie du processus bien connue, s'accompagne de l'élimination d'un proton 2-pro-(R) de l'IPP, conduisant à la formation d'une double liaison trans, dans la biosynthèse du GPP.

L'élimination du proton 2-pro-(S) conduirait à la formation de l'isomère cis ; c'est ce que l'on rencontre, plus rarement, dans la biosynthèse de certaines gommés naturelles.

La stéréochimie de ces réactions dépend très certainement de la conformation de l'IPP au niveau du site actif de(s) enzyme(s) correspondant(s) qui sont des prényltransférases(s).

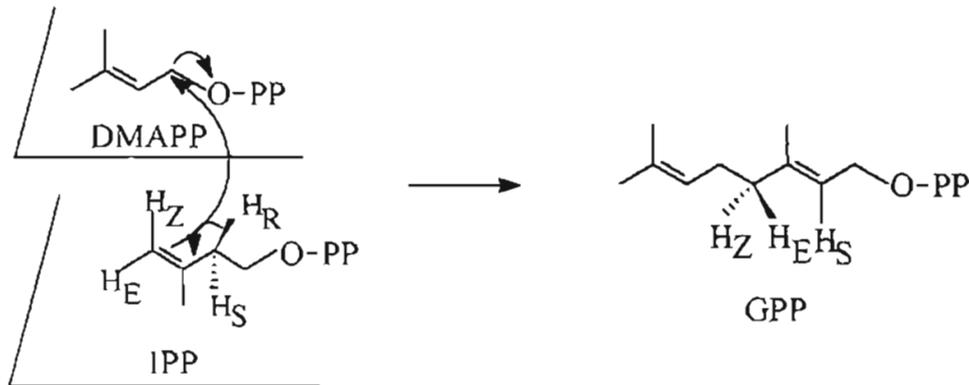


Figure 3 : Mécanisme de l'addition de DMAPP sur l'IPP.

Cette réaction de prénylation peut se poursuivre : l'addition de l'IPP sur le GPP conduit au pyrophosphate de farnésyle (FPP), précurseur des sesquiterpènes ; une condensation ultérieure de l'IPP sur le FPP conduira au pyrophosphate de géranylgeranyle (GGPP), précurseur des diterpènes (figure 4).

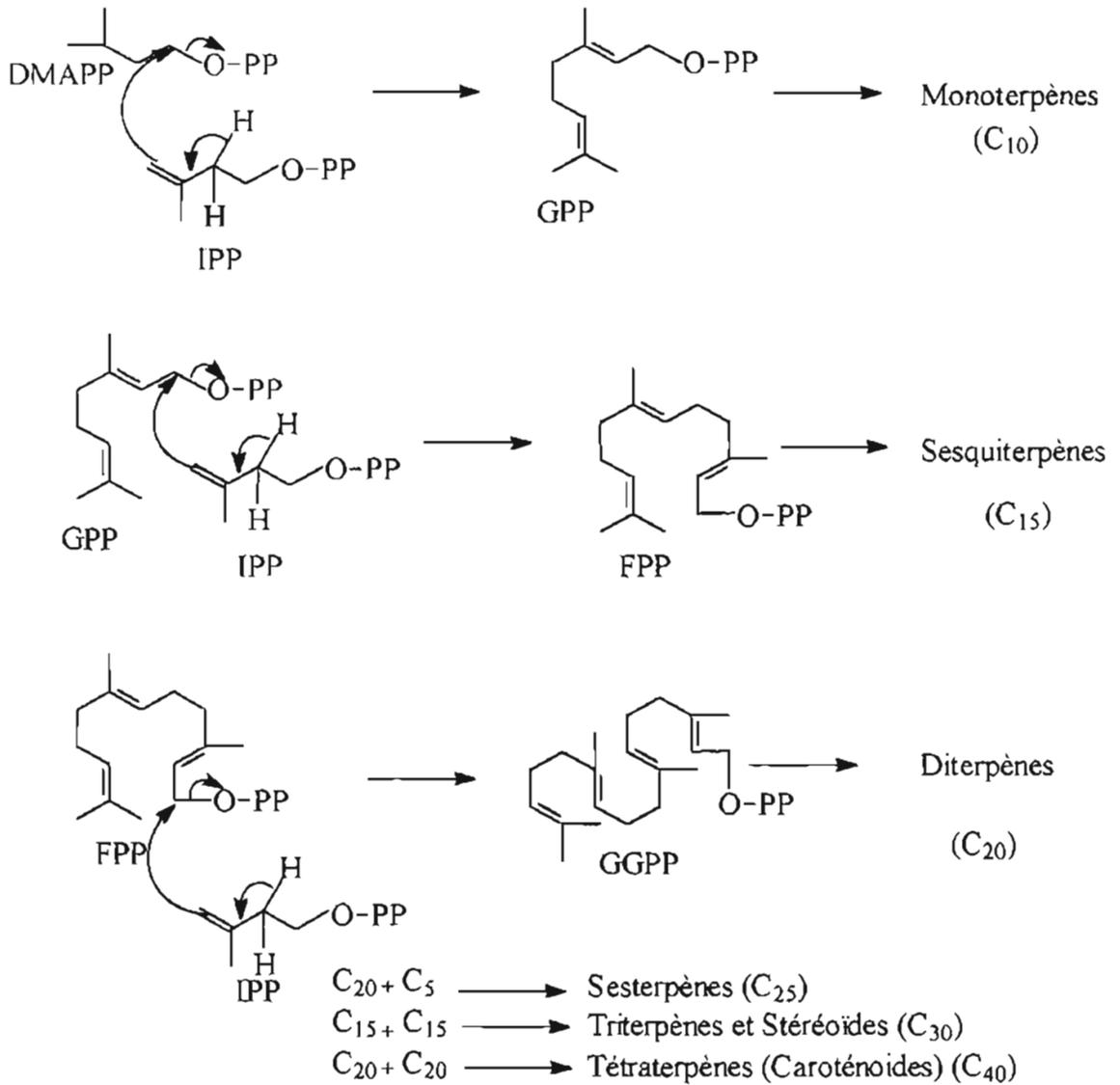


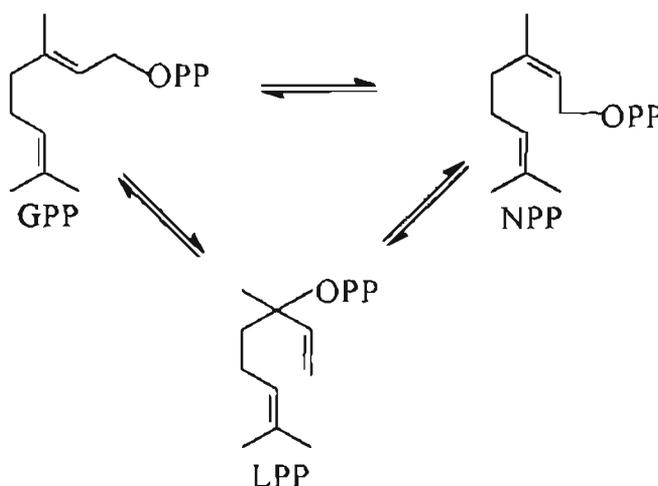
Figure 4 : Condensation des motifs isopréniques.

I-4-1-3-Transformations secondaires.

Elles peuvent être interprétées comme une suite de réactions très classiques : formation d'ions carbonium par solvolysse de pyrophosphates allyliques, ouverture d'époxydes, protonation de doubles liaisons, cyclisation électrophile, réarrangements de type Wagner-Meerwein, etc.

I-4-1-4-Biosynthèse des monoterpènes acycliques.

Selon leurs caractéristiques géométriques, les différents types de monoterpènes acycliques rencontrés sont susceptibles de dériver “directement” du géranylpyrophosphate ou de son isomère géométrique le nérylpyrophosphate (NPP). L’interconversion GPP-NPP pourrait se faire directement par un processus d’oxydo-réduction, avec un intermédiaire de type aldéhyde, une autre voie biosynthétique probable passant par la formation du Linalylpyrophosphate (LPP).



A chacune de ces espèces chimiques correspond une forme cationique très probablement stabilisée, *in vivo*, sous forme d’une paire d’ions avec l’anion pyrophosphate susceptible de conduire aux divers types de structures fréquemment rencontrées dans les huiles essentielles (Figure 5).

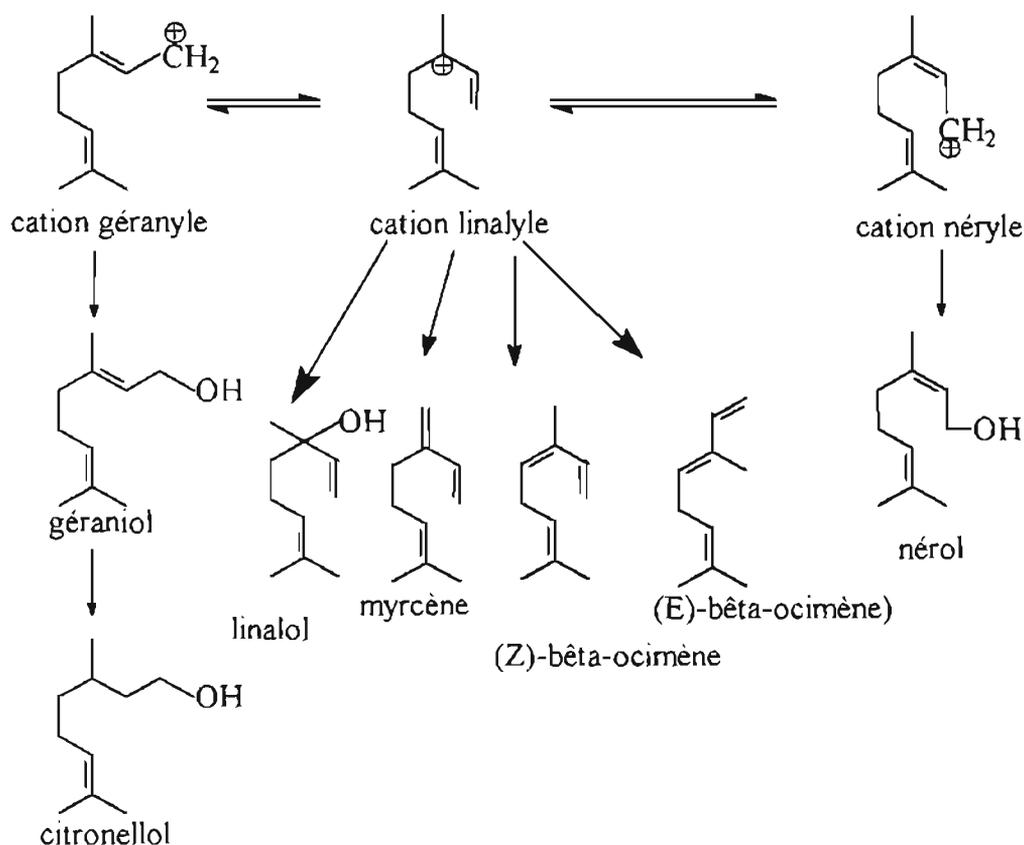


Figure 5 : Voies biosynthétiques des principaux monoterpènes acycliques.

I-4-1-5-Biosynthèse des monoterpènes cycliques.

Le pyrophosphate de linalyle (LPP) est le principal précurseur des monoterpènes cycliques. Il a été montré que les cyclases responsables de ces transformations jouent également le rôle d'isomérase, catalysant donc la transformation GPP-LPP avant d'induire les différents processus de cyclisations.

La plupart des squelettes cycliques rencontrés sont susceptibles d'être dérivés d'un précurseur commun, le cation terpinyle, par différents types de réarrangements (Figure 6), sachant que certaines cyclisations interviennent très probablement *in vivo* directement à partir du LPP, sans passer par l'intermédiaire terpinyle.

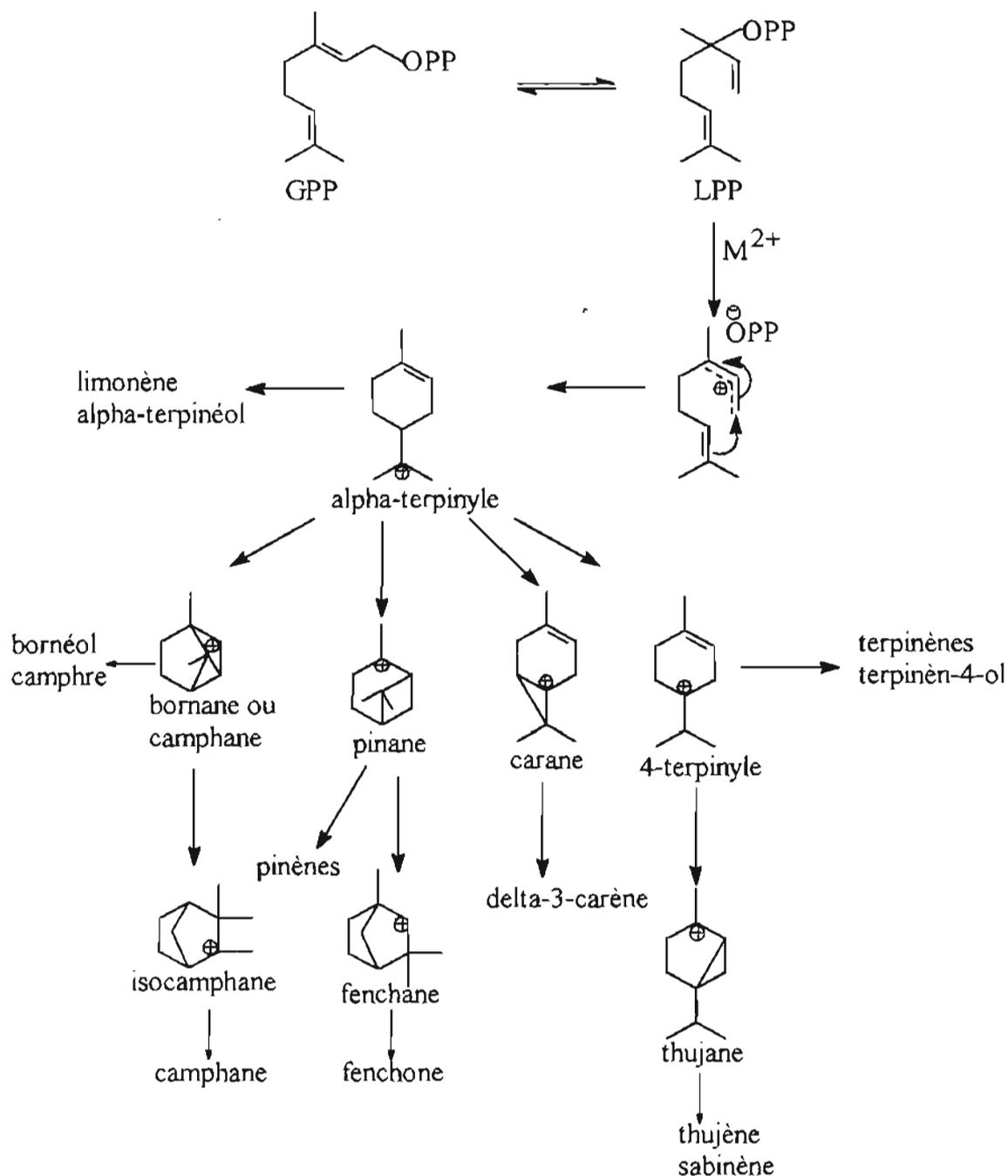


Figure 6 : Voies biosynthétiques des principaux monoterpènes cycliques.

I-4-1-6-Biosynthèse des sesquiterpènes.

Le pyrophosphate de farnésyle, sous deux configurations (2Z, 6E) et (2E, 6E), est à l'origine de la quasi-totalité des composés sesquiterpéniques. On retrouve les réactions d'isomérisation analogues à celles décrites dans l'interconversion GPP, NPP, LPP (Figure 7).

Les sesquiterpènes acycliques sont donc directement issus de ces précurseurs, ou par transformation des carbocations correspondants.

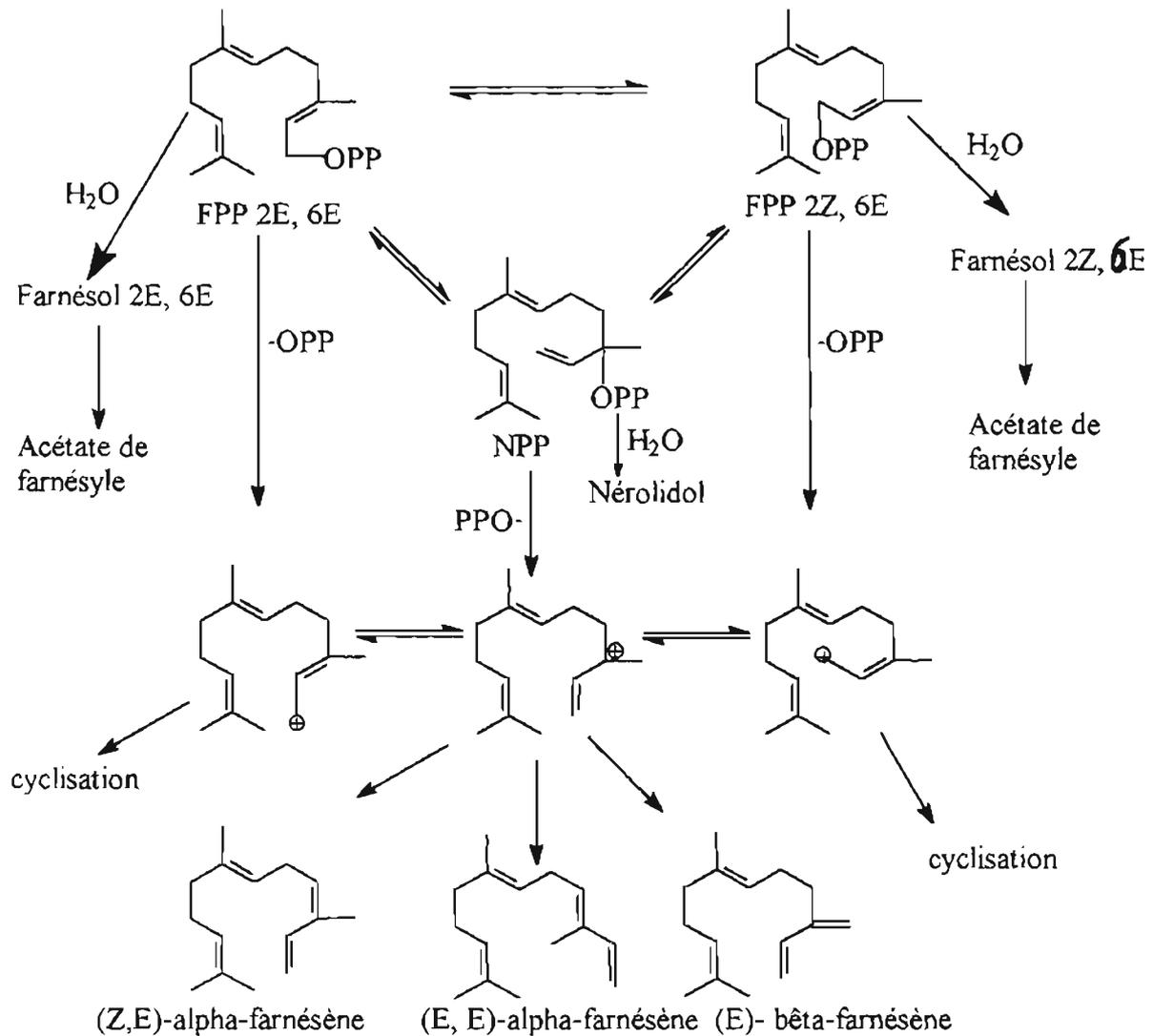


Figure 7 : Biosynthèse des sesquiterpènes acycliques.

Les sesquiterpènes cycliques sont supposés être formés par cyclisation des carbocations issus des deux isomères géométriques du FPP (Figure 8). Les voies biosynthétiques proposées sont inspirées du schéma proposé par MANN J.^[109] qui tient compte de la stéréochimie des précurseurs potentiels (2Z, 6E-FPP et 2E, 6E-FPP) des différentes structures cycliques rencontrées.

On remarquera en particulier le classement “particulier” du germacrène D avec les noyaux cadinènes (et épimères), du fait de sa filiation commune à partir du carbocation de la voie 3, ce classement étant confirmé par les réarrangements observés (germacrène D-murolènes, copaènes, amorphènes, cadinènes) en milieu acide^[182].

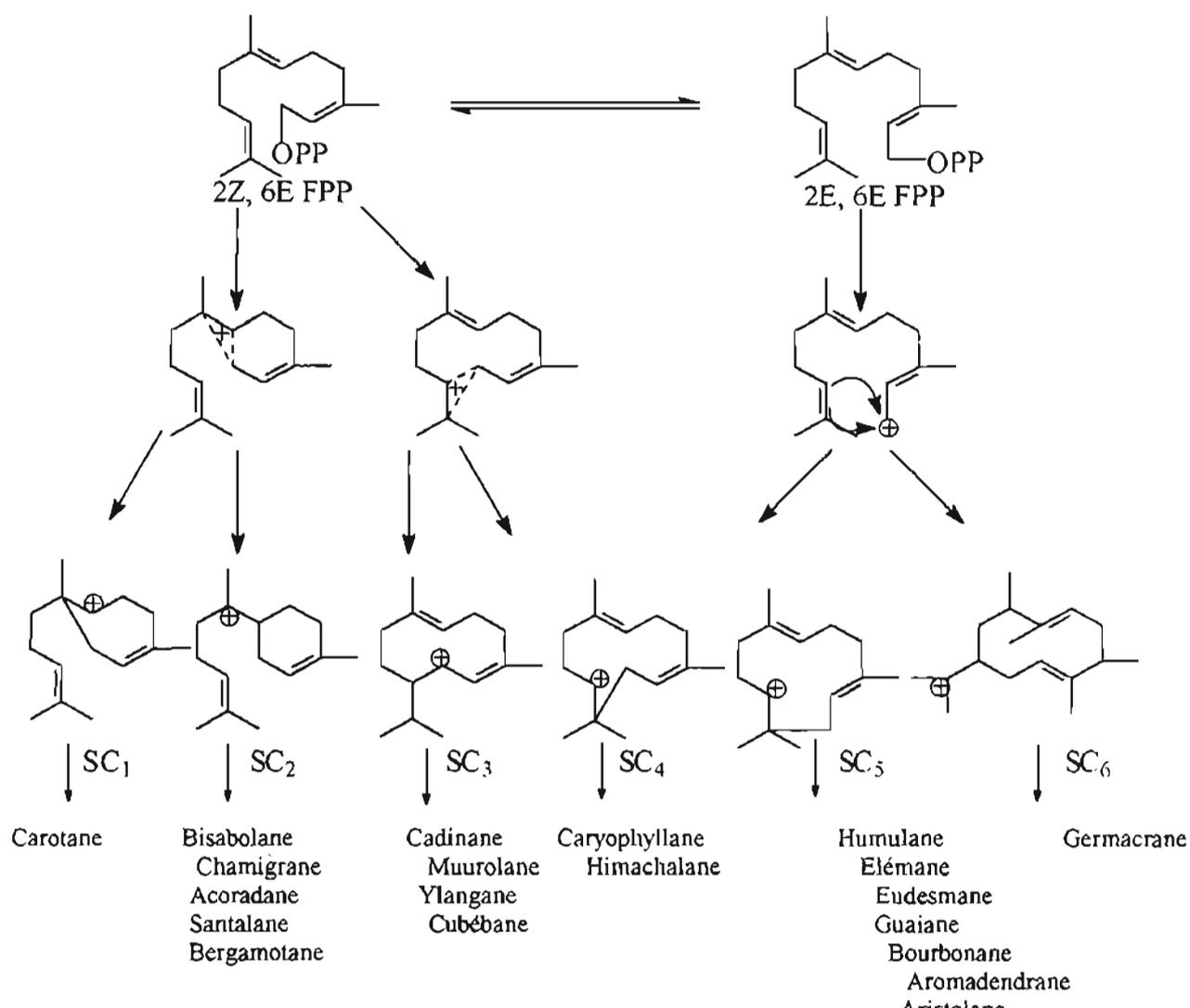


Figure 8 : Biosynthèse des sesquiterpènes cycliques.

I-4-2-Biosynthèse des dérivés du phénylpropane.

Les composés aromatiques sont biologiquement issus d'une voie métabolique secondaire dite de l'acide shikimique⁽¹⁰⁹⁾. Cet intermédiaire se forme par une série de conversions biologiques dont la première étape est une condensation aldolique stéréospécifique entre le phosphoénolpyruvate (P.E.P.) et l'érythrose-4-phosphate pour former un composé en C₇, dont la cyclisation conduit à l'acide déhydroquinique, qui se déshydrate pour donner l'acide déhydroshikimique qui à son tour conduit à l'acide shikimique par une réaction de réduction (Figure 9).

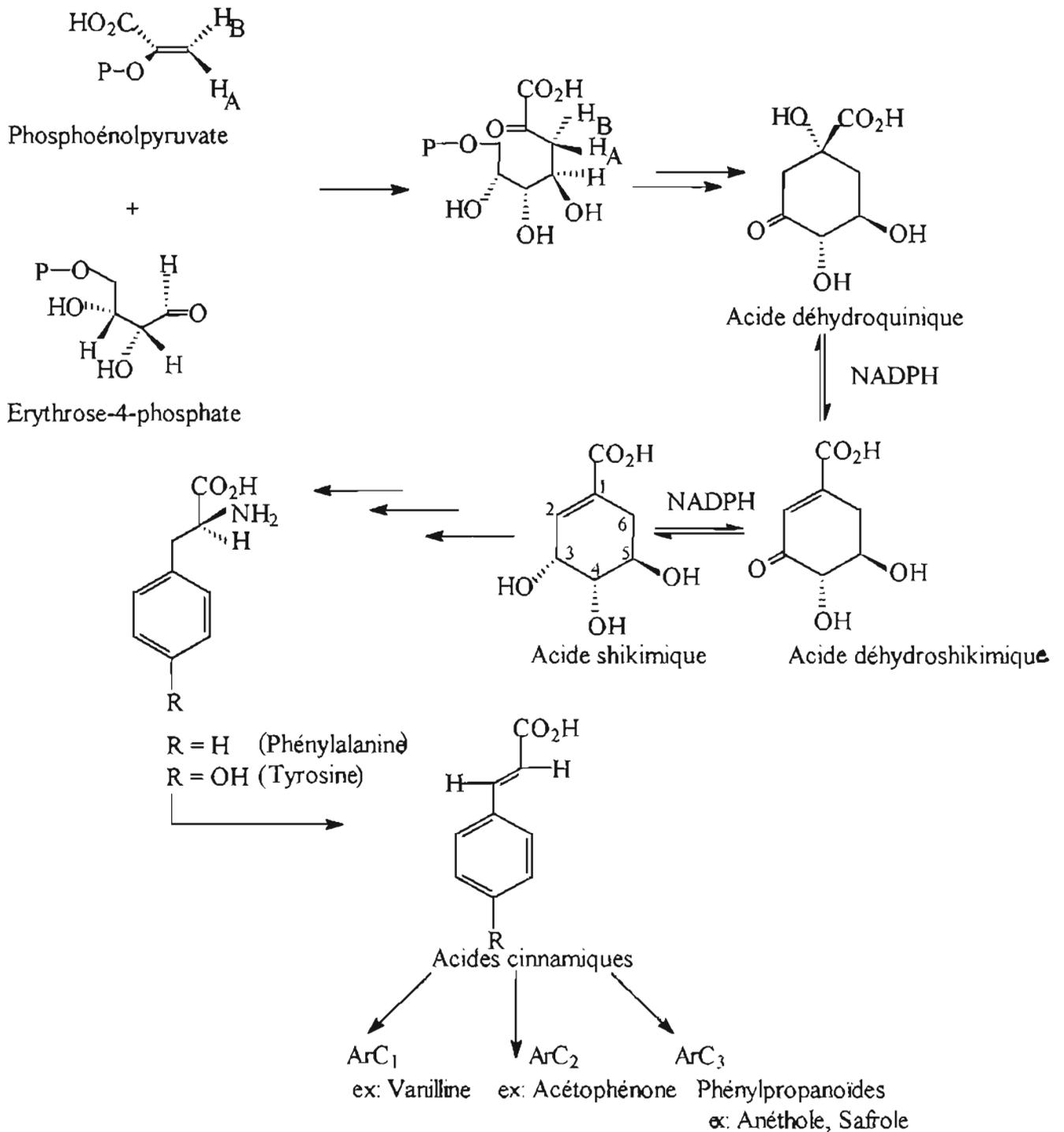


Figure 9 : Biosynthèse des dérivés du phénylpropane.

I-4-3-Biosynthèse des acides gras.

Les acides gras saturés les plus abondants de formule générale

$\text{CH}_3\text{CH}_2(\text{CH}_2-\text{CH}_2)_n\text{CH}_2\text{CO}_2\text{H}$ sont :

- l'acide caprylique - C_8 $n = 2$;
- l'acide caprique - C_{10} $n = 3$;
- l'acide laurique - C_{12} $n = 4$;
- l'acide myristique - C_{14} $n = 5$;
- l'acide palmitique - C_{16} $n = 6$;
- l'acide stéarique - C_{18} $n = 7$.

Ce sont des constituants des cires naturelles et des huiles essentielles de graines, rencontrés soit à l'état libre, soit sous forme estérifiée.

La majorité des acides gras insaturés naturels appartient à la série C_{18} , les plus représentatifs étant :

- l'acide palmitoléique - C_{16} ($\Delta 9$) ;
- l'acide oléique - C_{18} ($\Delta 9$) ;
- l'acide linoléique - C_{18} ($\Delta 9, 12$) ;
- l'acide linoléique - C_{18} ($\Delta 9, 12, 15$).

A de rares exceptions près, les acides gras insaturés naturels sont des isomères cis. Leur biosynthèse passe par une polymérisation d'unité en C_2 sur l'acétylCoA. En réalité chaque étape de condensation fait intervenir un motif malonyl-S-CoA, meilleur nucléophile que l'acétylCoA, dans un processus concerté attaque nucléophile/décarboxylation, suivie d'une réduction (Figure 10).

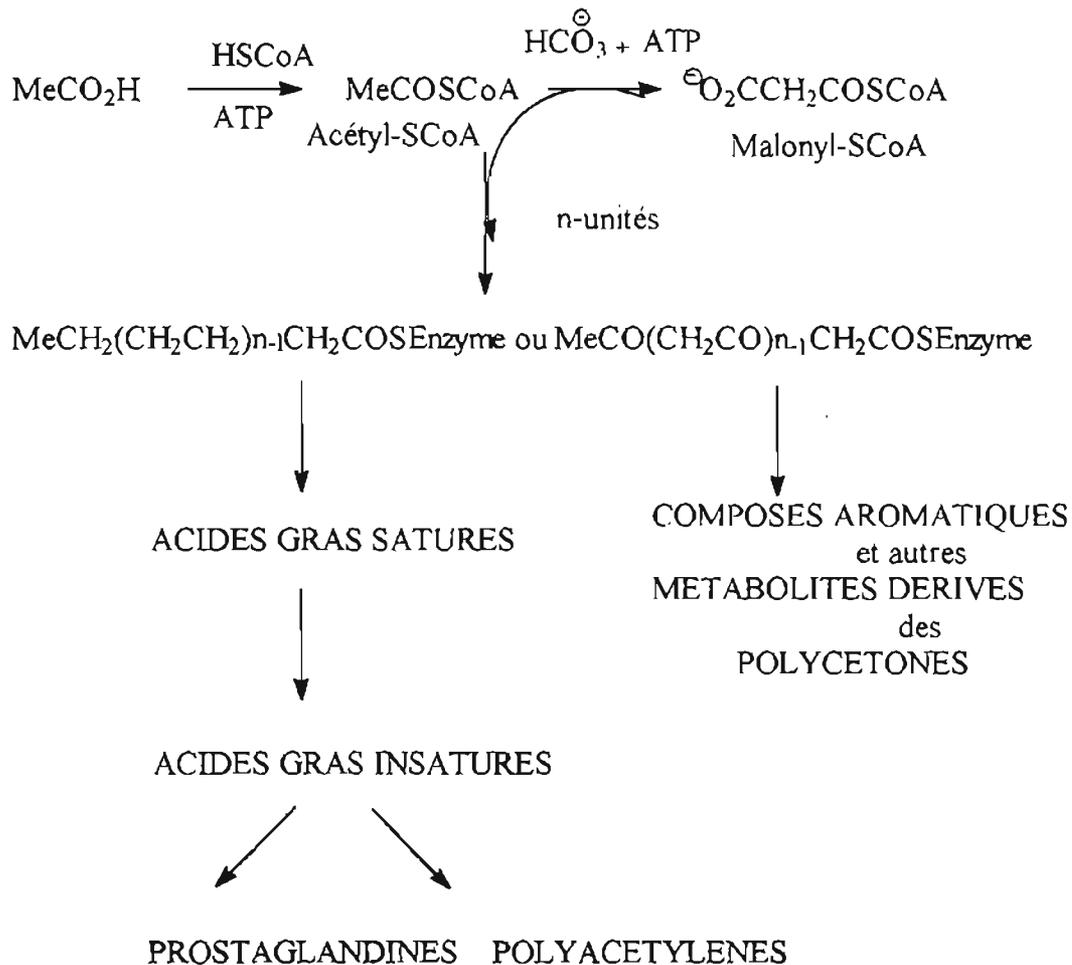


Figure 10 : Biosynthèse des acides gras.

I-5-Rôle dans la plante.

Le rôle des constituants volatils dans la plante n'est pas bien défini. Il est vraisemblable qu'ils aient un rôle écologique. Nous nous contenterons d'énumérer ici des hypothèses émises par quelques auteurs.

VESCHAFFELT et STAHL pensaient que les essences naturelles constituaient un moyen de défense contre les prédateurs (micro-organismes, champignons, insectes, etc.) en modulant les comportements trophiques de ceux-ci vis-à-vis des plantes ^[174, 188].

LUTZ considérait les constituants volatils comme des modérateurs des réactions d'oxydation intramoléculaires protégeant la plante contre les agents atmosphériques. Certains de ces composés se comporteraient aussi comme source d'énergie à la suite d'une baisse de l'assimilation chlorophyllienne ^[104].

Une mise au point plus récente de CROTEAU montre que les huiles volatiles auraient un

rôle de mobilisateur d'énergie lumineuse et de régulateur thermique au profit de la plante. Elles réguleraient la transpiration diurne en absorbant les rayons ultraviolets par leurs constituants insaturés. La présence d'huiles essentielles dans les plantes ainsi que leur teneur seraient donc en rapport avec la photochimie ^[52].

Les travaux de NICOLAS H. J. ^[134] ont montré que les mono- et sesquiterpènes pouvaient jouer des rôles variés et importants dans la relation des plantes avec leur environnement.

Le 1, 8-cinéole et le camphre agiraient comme agents allélopathiques en inhibant la germination des organes de propagation, d'infection et la croissance des agents pathogènes issus de ces organes ^[134]. Les groupes cyclopropyle et furanne donnent un grand degré de stabilité biologique avec une possibilité d'être toxiques pour les autres formes de vie

ERMAN dégage le rôle incontestable des huiles essentielles dans la pollinisation et la dispersion des diaspores grâce à leur pouvoir attracteur sur les insectes pollinisateurs. Les relations entre angiospermes et les insectes pollinisateurs sont d'une grande importance écologique et physiologique ^[65].

BOUQUET considère que certains constituants volatils seraient des composés intermédiaires du métabolisme et qu'ils se trouveraient à l'état libre durant certaines périodes en relation avec l'activité végétative de la plante ^[34].

I-6-Caractéristiques physiques.

Les huiles essentielles sont des substances odorantes volatiles contenues dans les végétaux. En général, elles sont liquides à la température ambiante. Leur densité est généralement inférieure à 1 ; leur indice de réfraction est souvent élevé ; elles sont douées d'un pouvoir rotatoire. Peu solubles dans l'eau, elles sont solubles dans la plupart des solvants organiques. Elles peuvent être incolores ou colorées. Sensibles à l'altération, elles ont tendance à se polymériser pour former des produits résineux.

I-7-Composition chimique.

Les huiles essentielles sont des mélanges variables et complexes de différents composés chimiques, dissous l'un dans l'autre, formant des solutions homogènes. Les principaux constituants des huiles essentielles appartiennent de manière quasi exclusive, à deux groupes caractérisés par des origines biogénétiques distinctes : le groupe des terpénoïdes et le groupe des composés aromatiques dérivés du phénylpropane (voir paragraphe I-4).

I-7-1-Groupe des terpénoïdes.

D'une manière générale, les huiles essentielles ne contiennent que les terpènes les plus volatils, c'est-à-dire ceux dont la masse moléculaire n'est pas trop élevée : mono- et sesquiterpènes. Ce sont des hydrocarbures ayant respectivement dix et quinze atomes de carbone. Ils peuvent être saturés ou insaturés, acycliques, monocycliques, bicycliques ou polycycliques. Ils peuvent également être accompagnés de leurs dérivés oxygénés : alcools, esters, éthers, aldéhydes, cétones, etc.

I-7-2-Groupe des composés aromatiques.

De manière moins systématique que les terpénoïdes, une autre famille chimique est fréquemment rencontrée parmi les composés volatils. Il s'agit des dérivés du phénylpropane. Ce sont très souvent des allyle- et propénylphénols, parfois des aldéhydes, caractéristiques de certaines huiles essentielles d'Apiaceae (anis, fenouil, persil, etc.: anéthole, anisaldéhyde, apiole, méthylchavicol...) mais aussi de celles de girofle, de la muscade, des cannelles, etc. (eugénol, myristicine, asarones, cinnamaldéhydes,...)^[40].

I-7-3-Composés d'origines diverses.

De faibles quantités de composés acycliques non terpéniques et de poids moléculaires peu élevés peuvent se retrouver dans certaines huiles essentielles (alcools, aldéhydes, cétones, etc.).

Parmi les essences naturelles, on peut distinguer des essences que l'on pourrait qualifier de simples (riches en un composé prépondérant), de complexes (ne possédant aucun composé prépondérant) et tous les cas intermédiaires sont possibles. L'un des exemples typiques d'une essence simple est celui de l'essence de girofle qui contient au moins 80 % d'eugénol et de petites quantités d'autres produits. Le cas extrême de complexité peut être illustré par l'essence de vétiver qui contient une centaine de composants dont les vétivones (alpha et bêta) et le khusimol^[90].

I-8-Facteurs de variabilité.

Les travaux de nombreux auteurs ont montré que les plantes réagissent au milieu environnant et qu'au cours de leur vie, la composition chimique de leurs métabolites pouvait évoluer. Extraites des végétaux, les huiles essentielles sont donc très fluctuantes dans leur composition, qui peut varier en fonction des conditions géographiques et climatiques, du terrain de culture de la plante, de l'année de culture (ensoleillement, hygrométrie, etc.), du mode cultural, de la période de récolte, de l'individu ou l'organe considéré, de la méthode d'extraction, etc.

I-8-1-Diversité selon l'organe végétal.

Pour une espèce dont différents organes peuvent renfermer une huile essentielle, la composition chimique de celle-ci peut varier d'un organe à un autre.

Ainsi dans le cas de la cannelle (*Cinnamomum zeylanicum* Blume), l'écorce donne une essence riche en aldéhyde cinnamique, la racine fournit un extrait volatil où le camphre est majoritaire tandis que dans l'huile essentielle obtenue à partir de feuilles, l'eugénol prédomine⁽¹³⁶⁾.

I-8-2-Influence de la période de récolte.

La proportion des différents constituants de l'essence d'une espèce donnée peut varier d'une manière considérable au cours de son développement.

- Chez le coriandre (*Coriandrum sativum* L.), la teneur en linalol est cinquante pour cent plus élevée dans le fruit mûr que dans le fruit vert⁽⁴⁰⁾.

- Chez la sauge (*Salvia officinalis* L.), la diminution de la teneur en (+)-camphre qui est observée lorsque les feuilles ont atteint leur taille maximale correspond à la formation d'une lactone et à sa solubilisation par glycosylation⁽⁴⁰⁾.

La maturité ou l'état phénologique de la plante au moment de la récolte sont difficiles à vérifier et à contrôler. Une menthe récoltée quelques jours avant ou après la floraison va voir son taux d'isomenthone, de menthone, de menthofurane et d'acétate de menthyle fortement évoluer par rapport à sa teneur en menthol⁽⁵⁵⁾.

Le problème de la hauteur de prélèvement relève du même phénomène. En effet, sur une même tige, les feuilles ou les fleurs n'apparaissent pas simultanément et suivant leur âge, n'ont pas la même composition⁽¹⁸⁴⁾. Ceci a été démontré notamment sur la menthe où des différences de composition chimique ont été observées entre les bords et le centre de la feuille

I-8-3-Existence des variétés chimiques ou "chémotypes".

Une espèce végétale parfaitement définie botaniquement peut donner des essences dont la composition chimique est différente suivant les individus. L'un des exemples caractéristiques est celui du pin sylvestre d'Auvergne (*Pinus sylvestris* L.), pour qui il existe deux chémotypes de types A et B. Chez le type A, le cation terpinyle est majoritairement cyclisé en pinènes, le type B cyclise d'une façon prépondérante le même cation en 3-carène et en terpinolène⁽⁴⁰⁾.

Pour certains auteurs, les chémotypes constituent, à l'intérieur de l'espèce, des variétés chimiques possédant chacune un équipement enzymatique particulier, déterminé génétiquement et qui oriente la biosynthèse vers la formation préférentielle d'un constituant précis⁽¹⁴⁴⁾.

I-8-4-Influence des facteurs extrinsèques.

Il s'agit de l'incidence des facteurs de l'environnement, des pratiques culturales et des réactions de la plante au milieu.

Les facteurs climatiques (la température, l'humidité relative, le régime des vents, l'alternance de chaleur et de lumière, etc.) exercent une influence chez les végétaux.

L'influence du sol ou facteur édaphique est aussi très grande. Les propriétés physiques du sol (porosité, rétention d'eau...), sa nature (argileuse, sablonneuse...), sa composition (teneur en azote, terrains calcaires, siliceux...) etc., sont des facteurs déterminants pour la végétation ^[74].

Les pratiques culturales : la densité de la population, l'intensité et les modalités de l'irrigation, l'apport des engrais, etc., sont également déterminants sur le rendement et la qualité de l'huile essentielle.

Le prétraitement du matériel végétal : le séchage, les conditions de conservation, notamment les modifications physiques et biochimiques dues à l'action de l'air, du soleil, de l'échauffement en tas, etc., ont également une influence sur la composition de l'huile essentielle.

Ces résultats montrent la difficulté, plus particulièrement, d'effectuer des échantillonnages représentatifs lors de la prospection d'espèces nouvelles.

I-8-5-Influence du procédé d'obtention.

Le procédé d'obtention d'une essence peut également intervenir sur sa composition chimique. Il existe une abondante littérature sur les modifications de la composition au cours de l'extraction de l'essence d'une plante ^[157]. Sous l'action de la chaleur, du pH, de la teneur en oxygène, de l'état d'hydratation et de la pression du milieu d'extraction, de nombreuses réactions sont susceptibles de se produire : réactions d'hydrolyse, de réarrangement photochimique ou, en milieu acide, de racémisation, d'oxydo-réduction, d'élimination (déshydratation, rétroaldolisation, etc.), d'addition (hydratation, estérification, Diels-Alder, etc.), de cyclisation, etc.

La forme du réacteur, la nature des matériaux de construction des appareils, la température des fluides, la conception des condensateurs ^[55] et la façon de mener les extractions (temps des opérations, tassages et broyages de la matière végétale, nombres de lavages, etc.), peuvent jouer sur la composition et les caractéristiques organoleptiques de l'essence.

Sur la variabilité de la composition chimique des extraits volatils des végétaux, nous retiendrons qu'il n'y a pas d'explications générales. Les difficultés rencontrées dans l'étude de l'influence des engrais sur la citronnelle ^[128] et le vétiver ^[56], pour ne citer que quelques exemples, montrent la complexité et la diversité des facteurs intervenant sur la composition chimique des

huiles essentielles. En fait, chaque espèce végétale a ses exigences biologiques et écologiques, sa propre évolution et ses réactions au milieu dans lequel elle vit. Comme l'a écrit le botaniste FLAHAUT C. : "chaque espèce a sa place marquée dans la nature par des lois auxquelles l'homme ne saurait rien changer"^[144].

CHAPITRE II : METHODES D'EXTRACTION ET D'ANALYSE DES HUILES ESSENTIELLES

II-1- Méthodes d'extraction.

Plusieurs méthodes sont connues pour extraire les essences aromatiques des végétaux. Les principales méthodes d'extraction sont basées sur l'entraînement à la vapeur d'eau, l'expression, la solubilité et la volatilité. Chacune d'elles donne une image différente de la composition de l'arôme du produit. L'extrait volatil obtenu n'est jamais identique au mélange de constituants initialement présent dans les organes sécréteurs du végétal. Au mieux, il s'en rapproche. De nos jours, il n'existe pas de méthode présentant le même degré d'efficacité à l'égard d'une part de molécules très volatiles ou peu polaires et d'autre part de molécules peu volatiles ou très polaires⁽¹⁵⁷⁾. Le choix de la méthode la mieux adaptée à l'extraction des arômes d'un végétal se fait en fonction de la nature de la matière végétale à traiter, des caractéristiques physico-chimiques de l'essence à extraire, de l'usage de l'extrait, de manière à pouvoir minimiser les distorsions inévitables entre l'extrait et l'arôme du départ au cours de l'extraction.

II-1-1- Méthodes d'extraction des huiles essentielles.

II-1-1-1- Entraînement à la vapeur d'eau.

Les méthodes d'extraction par entraînement à la vapeur d'eau sont basées sur le fait que la plupart des composés volatils contenus dans les végétaux sont entraînaables par la vapeur d'eau, du fait de leur point d'ébullition relativement bas et de leur caractère hydrophobe.

Sous l'action de la vapeur d'eau introduite ou formée dans le vase d'entraînement, l'essence aromatique contenue dans la plante est chauffée, disloquée du tissu végétal et entraînée par la vapeur d'eau. Les vapeurs hétérogènes sont condensées sur une surface froide et l'huile essentielle se sépare par décantation. En fonction de sa densité, elle peut être recueillie à deux niveaux :

- au niveau supérieur du distillat, si elle est plus légère que l'eau ;
- au niveau inférieur du distillat, si elle est plus dense que l'eau.

Les principales variantes de l'extraction par l'entraînement à la vapeur d'eau sont l'hydrodistillation, la distillation à vapeur saturée et l'hydrodiffusion.

II-1-1-1-1- Hydrodistillation.

Le principe de l'hydrodistillation est celui de la distillation des mélanges binaires non miscibles.

Elle consiste à immerger le matériel végétal dans un alambic rempli d'eau, que l'on porte ensuite à l'ébullition. La vapeur d'eau et l'essence libérée par le matériel végétal forment un mélange non miscible. Les composants d'un tel mélange se comportent comme si chacun était

tout seul à la température du mélange, c'est-à-dire que la pression partielle de la vapeur d'un composant est égale à la pression de vapeur du composant pur. La pression totale au dessus du mélange est égale à la somme des pressions partielles de ses constituants.

$$P_t = P_{H_2O} + P_1 + P_2 + P_3 + \dots$$

P_t : pression totale au dessus du mélange

P_{H_2O} : pression partielle de l'eau

P_1, P_2, P_3 : pressions partielles des différents constituants du mélange.

A la pression atmosphérique, le point d'ébullition sera inférieur à 100°C. Le pourcentage d'un constituant de masse molaire M_c entraîné par la vapeur d'eau est donné par la formule suivante :

$$R = \frac{T_c}{373} \times \frac{M_c}{18} = \frac{m_c}{m_e}$$

T_c : température d'ébullition du constituant entraîné

M_c : masse moléculaire du constituant entraîné

m_e : masse d'eau évaporée

m_c : masse du composé entraîné.

L'hydrodistillation est une méthode simple dans son principe et qui ne nécessite pas un appareillage coûteux. Cependant, en dépit de sa simplicité, elle peut apporter de nombreux artefacts. En effet, l'eau, l'acidité et la température du milieu peuvent induire des réactions d'hydrolyse, de réarrangement, de racémisation, d'oxydation, d'isomérisation, etc.

II-1-1-1-2- Distillation à vapeur saturée.

Dans cette variante, le végétal n'est pas au contact avec l'eau ; la vapeur d'eau est injectée au travers de la masse végétale disposée sur des plaques perforées. La distillation à la vapeur saturée est la méthode la plus utilisée à l'heure actuelle dans l'industrie pour l'obtention des huiles essentielles à partir de plantes aromatiques ou médicinales. En général, elle est pratiquée à la pression atmosphérique ou à son voisinage et à 100°C, température d'ébullition de l'eau. Elle présente l'avantage de minimiser les altérations de l'huile essentielle recueillie.

II-1-1-1-3- Hydrodiffusion.

Elle consiste à pulser de la vapeur d'eau à travers la masse végétale, du haut vers le bas. Ainsi, le flux de vapeur traversant la masse végétale n'est pas ascendant, comme dans les techniques classiques de distillation, mais descendant. Le principe est de dégager et de condenser

en utilisant la pesanteur, l'azéotrope produit par la vapeur d'eau et dispersé dans la masse végétale ⁽¹³⁰⁾. Ce procédé présente des avantages parmi lesquels nous pouvons citer : l'allègement du travail grâce à une mécanisation télécommandée, l'amélioration qualitative et quantitative de l'huile récoltée, l'économie de temps, de vapeur d'eau, d'énergie, etc.

II-1-1-2- Expression à froid.

Le principe de l'extraction consiste à rompre les poches à essence par un moyen mécanique, pression, incision ou abrasion à froid. L'huile essentielle mélangée à l'eau cellulaire est séparée par décantation ou centrifugation.

Le procédé classique consiste à exercer sous un courant d'eau, une action abrasive sur la surface du fruit. Après élimination des déchets solides, l'huile essentielle est séparée de la phase aqueuse par centrifugation. D'autres machines rompent les poches par dépression et recueillent directement l'huile essentielle, ce qui évite les dégradations liées à l'action de l'eau ⁽¹⁴⁰⁾.

L'extraction par expression est souvent utilisée pour extraire les huiles essentielles d'agrumes (citron, orange, bergamote, mandarine, etc.).

II-1-2- Autres méthodes d'obtention des extraits volatils.

II-1-2-1- Extraction par les solvants.

Elles sont basées sur le fait que les essences aromatiques sont solubles dans la plupart des solvants organiques. L'extraction se fait dans des extracteurs de construction variée, en continu, semi-continu ou en discontinu. Le procédé consiste à épuiser le matériel végétal par un solvant à bas point d'ébullition qui sera ensuite éliminé par distillation sous pression réduite. L'évaporation du solvant donne la concrète : mélange odorant de consistance pâteuse. L'extraction de la concrète avec l'alcool conduit à l'absolue.

Le choix du solvant est effectué en tenant compte des paramètres techniques, économiques et des propriétés physico-chimiques des solvants, telles que : la température d'ébullition, la constante diélectrique, la miscibilité avec d'autres solvants, etc.

- La constante diélectrique est une bonne indication de la polarité du solvant.
- Le point d'ébullition ne devra pas être trop élevé pour faciliter l'élimination ultérieure à pression réduite tout en réduisant les pertes en arômes à leur minimum.
- Le pouvoir solvant : chaque solvant n'a pas la même affinité vis-à-vis de chacun des composés organiques participant à l'arôme. La conséquence est que le pourcentage de récupération de chacun des éléments du mélange et la qualité de l'extrait aromatique obtenu seront variables et fonction du type de solvant utilisé ⁽¹⁵⁷⁾.

- D'autres critères comme la stabilité, l'inertie chimique, la sécurité de manipulation (atoxicité, ininflammabilité), etc., du solvant sont aussi importants. Les solvants les plus utilisés sont les hydrocarbures aliphatiques (éther de pétrole, hexane, pentane, butane liquide, etc.), les solvants halogénés (dérivés chlorés et fluorés du méthane et de l'éthane).

L'extraction par les solvants est très coûteuse à cause du prix de l'équipement et de la grande consommation de solvants. Un autre inconvénient majeur de l'extraction par les solvants est leur manque de sélectivité : de ce fait, de nombreuses substances lipophiles peuvent se retrouver dans les concrètes (huiles fixes, phospholipides, caroténoïdes, cires, coumarines, etc.) et imposer une purification ultérieure ^[40].

Tableau 2 : Propriétés physico-chimiques de quelques solvants ^[18].

Solvants	Masses moléculaires (g mol ⁻¹)	Température d'ébullition (°C)	Constantes diélectriques	Miscibilité
Apolaire				
Dioxyde de carbone	44,00		1,600 à 0°C	
Pentane	72,15	36,10	1,844 à 20°C	A, AC, B, C, E
Hexane	86,18	69,00	1,890 à 20°C	A, C, E
Cyclohexane	84,16	80,07	2,015 à 25°C	A, AC, B, E
Tétrachlorure de carbone	153,82	76,50	2,228 à 25°C	A, AC, B, C, E
Disulfure de carbone	76,14	46,20	2,641 à 20°C	A, C, E
Benzène	78,12	80,01	2,274 à 25°C	A, AA, AC, E
Fréon 11 ou Fluro-Trichloro méthane	137,37	23,82	1,280 à 29°C	
Polarité moyenne				
Ether isopropylique	102,18	68,00	3,880 à 25°C	A, AC, E
Chloroforme	119,38	61,70	4,806 à 20°C	A, AC, B, E
Acétate d'éthyle	88,12	77,06	6,020 à 25°C	A, AC, B, E, W
Dichlorométhane ou Chlorure de méthylène	84,93	40,00	9,080 à 20°C	A, E
Polaire				
Acétone	58,08	65,20	20,070 à 25°C	A, B, C, E, W
Ethanol	46,07	78,50	24,300 à 25°C	AC, B, E, W
Méthanol	32,04	65,15	32,630 à 25°C	A, AC, B, C, E, W

Légende: A: Alcool éthylique, AA: Acide acétique, AC: Acétone, B, Benzène, C: Chloroforme
E: Ether éthylique, W: eau

II-1-2-2- Extraction par un fluide à l'état supercritique.

C'est une méthode où on utilise comme solvant d'extraction un fluide porté à l'état supercritique par un contrôle adéquat de la température et de la pression. L'état supercritique est un état particulier de la matière où un corps chimique, sous certaines conditions de pression et de température, échappe à la dualité d'être un liquide ou un gaz. Il est caractérisé par une température critique T_c dont les valeurs déterminent pour chaque corps pur les coordonnées du point critique ^[129]. Ainsi, sous une pression P_c et une température inférieure à T_c , il y a coexistence d'une phase liquide et d'une phase vapeur. Au delà de T_c , une seule phase coexiste, le fluide est dans l'état supercritique et il est impossible de le condenser par une augmentation de pression.

Les qualités dissolvantes des fluides supercritiques sont plus ou moins sélectives selon la

température, la pression et la nature des solutés. Il est possible de faire varier la sélectivité en jouant sur la température et la pression. Le fluide le plus fréquemment utilisé est le dioxyde de carbone pour ses atouts : paramètres critiques ($P = 73,8$ bars, $T = 31,1^{\circ}\text{C}$), produit naturel, inerte chimiquement, ininflammable, atoxique, facile à éliminer totalement, aisément disponible, prix modeste, sélectif, etc. ⁽⁴⁰⁾.

II-1-2-3- Extraction par les corps gras.

Les procédés d'extraction par les corps gras sont utilisés dans le traitement des parties fragiles de plantes telles que les fleurs, qui sont très sensibles à l'action de la température. Ils mettent à profit la liposolubilité des composants odorants des végétaux dans les corps gras ⁽⁴⁰⁾. Le principe consiste à mettre les fleurs au contact d'un corps gras pour le saturer en essence végétale. Le produit obtenu est une pommade florale qui est ensuite épuisée par un solvant que l'on élimine sous pression réduite.

Dans la technique de l'enfleurage, la saturation se fait par diffusion à la température ambiante des arômes vers le corps gras. Celle de la digestion se pratique à chaud, par immersion des organes végétaux dans le corps gras fondu.

II-1-2-4- Extraction par micro-ondes ⁽¹²⁹⁾.

Le concept du procédé d'extraction par micro-ondes ou VMHD (Vacuum Microwave Hydrodistillation) consiste à extraire l'essence aromatique à l'aide d'un rayonnement micro-ondes d'énergie constante et d'une séquence de mise sous vide. Seule l'eau de constitution de la matière végétale traitée entre dans le processus d'extraction des essences. Sous l'effet conjugué du chauffage sélectif des micro-ondes et de la pression réduite de façon séquentielle dans l'enceinte de l'extraction, l'eau de constitution de la matière végétale fraîche entre brutalement en ébullition. Le contenu des cellules est donc plus aisément transféré vers l'extérieur du tissu biologique, et l'essence est entraînée dans le mélange azéotropique formé avec la vapeur d'eau propre au produit traité. La séparation de l'essence est alors mise en oeuvre par la condensation, le refroidissement des vapeurs émises puis la décantation des condensats. Ce procédé présente les avantages suivants : rapidité, économie de temps, économie d'énergie, économie d'eau, extrait sans solvant résiduel, etc.

II-1-2-5- Méthodes “Headspace”.

Les extraits volatils sont préparés en opérant sur les vapeurs émises dans l’environnement du végétal.

II-1-2-5-1- Procédé “closed loop stripping”⁽⁴¹⁾.

Il utilise un système pratiquement fermé dans lequel la partie odoriférante de la plante, le plus souvent la fleur, est minutieusement enfermée. Une pompe à circulation aspire l’air contenant les substances odorantes à travers un capillaire rempli d’adsorbant. Les substances odorantes se concentrent sur l’adsorbant et peuvent être désorbées à l’aide d’un solvant. En conditions normales, cette méthode ne permet d’obtenir que de très faibles quantités de mélanges de substances naturelles.

II-1-2-5-2- Technique “Headspace sous vide”⁽⁴¹⁾.

Elle se pratique sur des matériaux végétaux cueillis. Sous une pression fortement diminuée et avec un léger échauffement, l’eau contenue dans les parties des plantes s’évapore et sert ainsi de support aux substances odorantes contenues. L’eau et les substances odorantes sont gelées dans un piège cryogénique contenant de l’azote liquide. L’échauffement du contenu du piège cryogénique et l’extraction consécutive produisent des concentrés de fragrances très proches sur le plan sensoriel du matériel végétal vivant. La méthode de “headspace sous vide” fournit des quantités plus importantes de mélanges de substances naturelles

II-1-3- Traitements ultérieurs.

Les huiles essentielles obtenues après extraction peuvent subir de nombreux traitements (décoloration, neutralisation, rectification, etc.). Le traitement sous pression réduite permet d’éliminer les produits malodorants ou irritants. Les huiles essentielles peuvent subir des traitements destinés à éliminer partiellement ou totalement un constituant ou un groupe de constituants : on parle alors d’huile essentielle “déterpénée”, désesquiterpénée”, “rectifiée”, “privée de X...”, etc.

II-2- Méthodes d’analyse.

Les méthodes d’analyses des huiles essentielles peuvent être classées en deux groupes distincts :

- les analyses qui ont pour but de définir les caractéristiques physico-chimiques de l’huile essentielle (densité, indice de réfraction, pouvoir rotatoire, indice d’acide, indice d’ester, etc.). Ces caractéristiques propres à chaque essence servent de critère de qualité dans les transactions commerciales entre producteurs et acheteurs. Les méthodes de détermination à utiliser sont

décrites dans le recueil de normes françaises “huiles essentielles” édité par l’Association Française de Normalisation (AFNOR) et dans le recueil de normes de l’International Standard Organisation (ISO) ;

-celles qui ont pour objet l’identification qualitative et quantitative, des différents constituants d’une huile essentielle (CPG, CG/SM, CG/FTIR, HPLC, RMN, IR, etc.).

La chromatographie en phase gazeuse est la technique la plus utilisée pour ce type d’analyse. Le chromatographe peut être couplé à différents types de détecteurs, les plus utilisés sont : le détecteur à ionisation de flamme (FID), le détecteur de masse (SM) et de plus en plus le détecteur infrarouge à transformé de Fourier (FTIR)

II-2-1- Analyse par chromatographie en phase gazeuse (CPG).

II-2-1-1- Principe de la chromatographie en phase gazeuse.

La chromatographie en phase gazeuse (CPG) est la technique la mieux adaptée à l’analyse des huiles essentielles. C’est une méthode basée sur la séparation de composés à l’état gazeux suivant leur coefficient de partage entre une phase stationnaire liquide imprégnée sur un support solide inerte (colonne de chromatographie) et parcouru par une phase mobile gazeuse (le gaz vecteur)⁽³⁹⁾.

Le mélange de constituants est introduit en tête de colonne où il est vaporisé au niveau de l’injecteur ; les différents constituants sont élués à travers la colonne à une vitesse qui dépend de la vitesse linéaire du gaz vecteur, de leur solubilité dans la phase stationnaire et de leur volatilité⁽¹⁸⁵⁾. Les substances séparées, toujours sous forme gazeuse, quittent la colonne et traversent l’une après l’autre un détecteur qui signale la proportion de chaque substance sur un enregistreur-intégrateur. L’enregistreur signale une succession de pics, caractérisés chacun par un temps de rétention et une aire.

Le pouvoir de séparation dépendra de la longueur de la colonne, les séparations les meilleures étant obtenues avec des colonnes “capillaires” (de très faible diamètre, ≤ 1 millimètre et de longueur pouvant aller jusqu’à 100 mètres).

La CPG permet à la fois une analyse qualitative et quantitative. L’inconvénient majeur de cette méthode provient de la nécessité de vaporiser les produits, ce qui peut entraîner des modifications structurales.

Les chromatographies sont généralement effectuées parallèlement sur deux types de colonne, différents par la nature de leur phase stationnaire.

Les colonnes dites “polaires” sont caractérisées par des phases stationnaires de type

polyéthylèneglycol.

Les colonnes dites "apolaires se distinguent par des phases de type "méthylsilicone".

II-2-1-2- Identification préliminaire par les indices de rétention.

Pour un même composé, l'indice de rétention, qui est une grandeur "caractéristique" du composé, est différent suivant le type de colonne utilisé.

Sur une colonne apolaire l'élution est approximativement fonction de la température d'ébullition du composé ; sur une colonne polaire, les composés sont retenus plus longtemps sur la phase stationnaire. Ils auront donc un temps de rétention relativement plus élevé.

Les renseignements sur les deux colonnes sont donc complémentaires.

La valeur de rétention absolue, d'un composé inconnu A dans un mélange, dépend des conditions opératoires dans lesquelles elle est mesurée et n'est pas forcément reproductible d'une colonne à une autre. L'une des solutions permettant de remédier à la non reproductibilité est l'utilisation de plusieurs étalons régulièrement espacés sur un chromatogramme, par exemple les alcanes (nonane, décane, undécane, dodécane, etc.). On localisera tous les pics du chromatogramme par rapport à cette échelle ainsi constituée. Dans le cas d'une analyse en programmation de température, on utilise un indice de rétention linéaire défini par la formule suivante :

$$IR = C_n \times 100 + \frac{T_R(A) - T_R(C_n)}{T_R(C_{n+1}) - T_R(C_n)} \times 100$$

IR : indice de rétention

où $T_R(A)$: temps de rétention du composé inconnu A

$T_R(C_n)$: temps de rétention de l'hydrocarbure à n atomes de carbone

$T_R(C_{n+1})$: temps de rétention de l'hydrocarbure à n + 1 atomes de carbones

Le composé A est élué entre C_n et C_{n+1} .

Les indices de rétention des différents constituants sont calculés après co-injection de l'huile essentielle avec un mélange d'alcane linéaires.

II-2-2- Identification par couplage chromatographie en phase gazeuse spectrométrie de masse (CG/SM).

La mesure des temps de rétention ne constitue pas une preuve formelle de la nature des composés. L'identification des composés est confirmée par la technique de couplage CG/SM. La technique consiste à injecter une solution d'huile essentielle dans une colonne, chaque soluté passe dans la source d'ionisation du spectromètre où les molécules sont bombardées par un

faisceau électronique qui provoque leur ionisation positive. Les fragments chargés sont séparés selon leur masse et détectés en proportion de leur nombre. Ils fournissent des informations sur la nature et la structure de la molécule qui les a produits. Dans le spectre d'une substance pure, l'ion moléculaire, s'il est présent, sera le dernier du spectre, suivi toutefois des pics correspondants à la présence des isotopes, et donnera la masse moléculaire de la substance. ⁽⁵⁴⁾.

Lorsque les techniques de la CPG et la CG/SM ne permettent pas l'identification d'un constituant abondant d'une huile essentielle, on peut être amené à l'isoler par chromatographie d'adsorption pour le soumettre à d'autres techniques d'analyses (RMN, IR, etc.) ⁽¹³⁷⁾.

Nous disposons donc de deux méthodes basées, sur deux technologies d'extraction, des huiles essentielles : l'entraînement à la vapeur d'eau et l'expression.

L'entraînement à la vapeur d'eau comporte plusieurs variantes technologiques: l'hydrodistillation, la distillation à vapeur saturée et l'hydrodiffusion. L'extraction par expression est utilisée pour extraire les huiles essentielles d'agrumes : citrons, oranges, bergamotes mandarines, etc.

Cependant, il existe d'autres méthodes d'obtention des extraits volatils des végétaux :

-l'extraction par les solvants conduisent aux concrètes et l'extraction de la concrète avec l'éthanol conduit à l'absolu ;

-les autres méthodes sont : l'extraction par un fluide à l'état supercritique, l'extraction par les corps gras, l'extraction par micro-ondes et l'extraction par les procédés headspace.

Les méthodes d'analyse des huiles essentielles sont classées en deux groupes distincts :

-les analyses qui ont pour but de définir les caractéristiques physico-chimiques de l'huile essentielle (densité, indice de réfraction, pouvoir rotatoire, indice d'acide, indice d'ester, etc.) ,

-enfin celles qui ont pour objet l'identification qualitative et quantitative, des différents constituants d'une huile essentielle (CPG, CG/SM, CG/FTIR, HPLC, RMN, IR, etc.).

VALORISATION DES HUILES ESSENTIELLES

**CHAPITRE III : UTILISATION DES HUILES
ESSENTIELLES**

III-1- Utilisations des huiles essentielles.

Les applications des huiles essentielles sont nombreuses, les plus importantes sont leurs utilisations en parfumerie, en cosmétologie, dans l'agro-alimentaire, dans l'industrie pharmaceutique et chimique.

III-1-1- Parfumerie et cosmétologie.

La parfumerie est le débouché principal des huiles essentielles, concrètes, absolues, et résinoïdes. Dans la réalisation de ces transformations, l'industrie de la parfumerie utilise à côté des constituants issus de la synthèse chimique, des extraits naturels sélectionnés pour leurs qualités olfactives quelquefois jugées irremplaçables pour leur originalité ou leur puissance. A titre d'exemple, l'essence de vétiver, grâce à son odeur agréable, est recherchée en cosmétologie et en parfumerie haut de gamme associée à d'autres essences telles que le santal, le patchouli ou la rose pour lesquelles elle joue le rôle de fixateur naturel^[90]. L'huile essentielle d'ylang-ylang est très employée en cosmétologie, en parfumerie et en savonnerie de luxe. Les huiles essentielles servent aussi en hygiène, en esthétique corporelle sous forme de lotions, d'eaux florales, de crèmes, de gels, de pommades, etc..

Il existe au Burkina Faso quelques entreprises qui utilisent des extraits volatils de plantes aromatiques. On peut citer en guise d'illustration PHYCOS à Ouagadougou et CITEC Huilerie à Bobo-Dioulasso. Ces deux entreprises produisent des savons dans lesquels des extraits volatils importés de végétaux sont introduits. Signalons que PHYCOS met sur le marché des produits cosmétiques et des parfums, à base de matière première locale (beurre de karité) et d'extraits volatils aromatiques importés.

III-1-2- Pharmacie.

L'industrie pharmaceutique utilise les huiles essentielles dans le domaine des antiseptiques externes ; elle tire partie des propriétés bactériostatiques, bactéricides, antifongiques, protectrices, etc., des essences naturelles. A titre d'exemple, l'huile essentielle d'eucalyptus est largement utilisée en pharmacie pour ses propriétés anti-infectieuses, cicatrisantes, et pour la réparation des tissus^[85]. L'eucalyptol, l'un des principaux constituants de certaines huiles essentielles d'eucalyptus, est utilisé dans les préparations pharmaceutiques où il joue le rôle d'antiseptique, de stimulant de l'expectoration dans les bronchiques chroniques, dans le traitement des inflammations du nez et de la gorge.

Les huiles essentielles sont également utilisées pour l'aromatisation des formes médicamenteuses destinées à la voie orale^[40]. Elles constituent également le support d'une

thérapeutique particulière : l'aromathérapie (thérapie par les huiles essentielles des plantes aromatiques).

Au Burkina Faso, l'utilisation des huiles essentielles en préparations pharmaceutiques (pommades, lotions, teintures, gélules etc.), permettrait de mettre à la disposition du plus grand nombre, des médicaments bon marché. En effet, les médicaments modernes coûtent chers et ne sont pas à la portée de la majorité des populations qui ont un revenu très faible. C'est peut être ce qui explique le développement de la pharmacopée traditionnelle, aussi bien en ville qu'à la campagne. Les prix des médicaments pratiqués par les pharmaciens et les tradi-praticiens sont moins chers. On peut citer en exemple le Docteur pharmacien DAKUYO Z. chef de la pharmacie de la Comoé de Banfora et le Père CESAR FERNANDEZ DE LA PRADILLA, phytothérapeute bien connu des habitants de Ouagadougou. Tous deux pratiquent des prix intéressants, à la portée de la majorité des populations. Leurs produits sont beaucoup vendus à travers le Burkina Faso. Signalons que le Docteur DAKUYO qui dirige la pharmacie de la Comoé s'intéresse également à l'aromathérapie

Il est possible de constituer une équipe pluridisciplinaire pour l'étude des plantes. Cette équipe comprendrait les chercheurs universitaires, tous ceux qui utilisent les plantes à des fins thérapeutiques et les acteurs du développement qui emploient comme matière première les productions végétales.

III-1-3- Industrie agro-alimentaire.

Les huiles essentielles sont utilisées en agro-alimentaire comme aromates dans les préparations culinaires. Plusieurs secteurs alimentaires sont consommateurs :

- de nombreux arômes de fruits sont utilisés dans les laitages ,
- les boissons non alcoolisées font appel aux huiles essentielles d'agrumes, de menthes, etc.;
- les plats cuisinés utilisent les plantes aromatiques sous toutes leurs formes : oléorésines et huiles essentielles mais aussi sous formes fraîche, sèche ou surgelée⁽¹³⁹⁾;
- la charcuterie, les sauces, vinaigres, moutardes font appel à de nombreuses formes de présentations des plantes aromatiques ;
- la liquoristerie utilise largement les huiles essentielles anisées (fenouil, anis, badiane, etc.)⁽¹⁴⁰⁾.

Les huiles essentielles sont des concentrés à odeur et saveur très agréables qui présentent une alternative à l'usage des plantes entières, qu'il s'agisse de la menthe, du citron, du thym, du basilic, etc..

Le Burkina Faso est un pays où se tiennent de nombreuses réunions internationales et

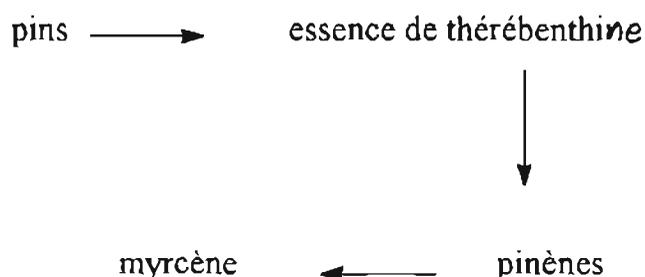
manifestations culturelles : Festival Panafricain du Cinéma de Ouagadougou (FES.PA.C.O.), Semaine Nationale de la Culture (S.N.C.), Salon International de l'Artisanat de Ouagadougou (S.I.A.O.). Toutes ces manifestations nécessitent le développement de l'art culinaire. La production d'arômes alimentaires à partir d'extraits volatils de plantes aromatiques par des entreprises installées sur place permettrait un meilleur développement de l'hôtellerie et de la restauration.

Le Burkina Faso, pays agricole tire une bonne partie de ses ressources de l'agriculture et de l'élevage. Les ressources provenant de l'élevage procurent à de nombreuses familles des revenus intéressants. Très souvent à Ouagadougou et à Bobo-Dioulasso, on trouve des grilleurs de viande, installés au bord de la route ; ils utilisent des épices et des aromates à base de plantes pour aromatiser les grillades. De plus en plus, de petites et moyennes entreprises présentent sur le marché des produits alimentaires (confitures, bonbons, gâteaux, etc.). L'emploi d'extraits volatils élaborés rendrait plus attrayantes les préparations culinaires et permettraient à ces entreprises de faire un meilleur chiffre d'affaire.

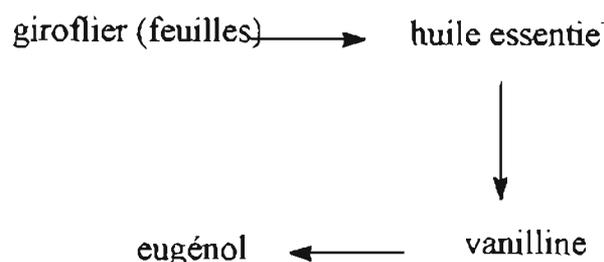
III-1-4- Industrie chimique.

Elle utilise des isolats (substances pures isolées des huiles essentielles), comme matière première pour la synthèse de principes actifs médicamenteux, de vitamines, de substances odorantes, etc. A titre d'exemple nous pouvons citer l'exploitation industrielle des pinènes à partir de l'essence de térébenthine et de l'eugénol à partir de l'essence de giroflier :

- les pinènes constituent un produit industriel de première importance, leur réactivité marquée autorisant la synthèse de très nombreux produits. Parmi les principales voies synthétiques mises en oeuvre, il y a les réactions de pyrolyse : la thermolyse du seul bêta-pinène conduit, via des réactions radicalaires, à des carbures tels que le myrcène qui est lui même une matière première permettant d'accéder à un grand nombre de composés intéressant la parfumerie (via les chlorures de géranyle et de néryle)¹²⁾.



- l'huile essentielle de feuilles de giroflier est utilisée pour produire l'eugénol destiné à diverses synthèses, notamment celle de la vanilline.



Les huiles essentielles ont également un rôle très important à jouer dans l'assainissement de l'air pollué que l'on respire et qu'elles désodorisent, parfument, désinfectent ^[90].

III-2- Activités biologiques.

Les plantes renferment des principes actifs qui leur confèrent des activités biologiques : tannins, principes amers, saponines, glycosides, alcaloïdes, mucilages, acides organiques, substances inorganiques, vitamines, dérivés du flavone, résines, anthraquinones, huiles essentielles, etc.

Les plantes médicinales présentent des propriétés curatives grâce à l'action de leurs principes actifs ; à titre d'exemple nous pouvons citer le cajou (*Anacardium occidentale*), utilisé en médecine populaire dans certaines traditions africaines. Les tannins isolés de l'écorce d'acajou ont montré une action anti-inflammatoire chez le rat par voie orale et intrapéritonéale ^[150]. L'extrait de son écorce possède des propriétés hypoglycémiantes et antihypertensives.

D'autres plantes sont utiles aux laboratoires pharmaceutiques qui en extraient les principes actifs, tel est le cas de la digitale (*Digitalis purpureae* L.) qui contient la digitaline : une drogue cardiotonique importante, employée pour traiter les affections cardiaques ^[148].

Extraits végétaux, les essences naturelles peuvent aussi présenter des activités biologiques remarquables. De nombreux auteurs se sont attachés à l'étude des huiles essentielles, tant sur le plan chimique qu'au point de vue de leur activité biologique.

MALHURET R., BASTIDE P. et JOLY B. ont décrit un essai d'utilisation pratique des huiles essentielles en milieu hospitalier dans lequel l'action de vingt huiles essentielles commerciales était étudiée vis-à-vis de calibacilloses et d'infections urinaires, ainsi que l'activité in vitro et in vivo de l'huile essentielle de la cannelle ^[107].

CHALCHAT J.C., GARRY R.Ph. et coll. ont étudié la corrélation composition chimique /activité antimicrobienne des différents chémotypes de l'huile essentielle de pin sylvestre vis-à-vis d'*Escherichia coli* ^[44] et des huiles essentielles de cannelle, du thym à carvacrol ^[45].

LENS-LISBONNE C., CREMIEUX A. et coll. ont déterminé les activités antimicrobiennes de trois chémotypes d'essences de thym, d'une essence de cannelle et de leurs principaux constituants vis-à-vis d'*Escherichia coli*, de *Pseudomonas aeruginosa*, de *Staphylococcus aureus* et de *Streptococcus faecium* ^[100].

MALLEA M., SOLER M. et coll. ont mis en évidence l'effet inhibiteur du "paragerm": solution à base d'huiles essentielles, d'alcools (thymol, terpinéol), d'acide benzoïque et d'huiles hydrogénées (75 %). Ce produit dont le pouvoir bactéricide et acaricide est démontré, s'est comporté dans leur expérimentation comme un fongistatique ^[108].

PELLECUER J. ALLEGRINI J. et SIMEON de BUOCHBERG M. ont mis en évidence le pouvoir antimicrobien des huiles essentielles de quelques espèces végétales ^[145].

BOURREL C. VILAREM G. et coll. ont évalué le potentiel biostatique (propriétés fongistatiques, bactériostatiques et antioxydantes) des extraits éthanoliques et des huiles essentielles de dictame de crête, de cataire et de marjolaine ^[35].

MENGHINI A. MANTILACCI G. et coll. ont effectué des essais de l'activité antimicotique in vitro de l'huile essentielle de *Hyptis suaveolens* Poit. et ont trouvé des niveaux d'inhibition supérieurs à 90 % envers certaines souches de champignons (*T. Menthagrophytes*, *Microsporum canis*, *Fusarium culmorum*) ^[116].

BELANGER A. et KHANIZADEH S. ont étudié l'influence de la composition chimique des huiles essentielles de différents génotypes de fraisiers sur la résistance aux acariens ^[16]

Ces travaux cités à titre d'exemples, illustrent les potentiels biostatiques, pharmacodynamiques, et le pouvoir antimicrobien des huiles essentielles . propriétés bénéfiques en aromathérapie. Cependant, il n'est pas inutile de signaler certains aspects relatifs à l'emploi des huiles essentielles.

- Ces essences doivent être parfaitement définies quant à l'origine botanique des plantes mères (famille, genre, espèce, variété) et quant à leurs biotopes afin que leurs constituants moléculaires et leur composition, donc leurs propriétés, soient également bien définis et scientifiquement utilisables sans risques d'échec, d'inconvénient, voire de toxicité.

- Les huiles essentielles bénéfiques ont une polyvalence d'action du fait de leur extrême complexité chimique et de l'action synergique de leurs composants ^[90] ! Elles peuvent être à des

degrés divers : vitalisantes, antiseptiques, spasmolytiques, astringentes, cholagogues, antalgiques, cholérétiques, toxiques, etc.

- L'activité d'une huile essentielle peut être différente de celle de la plante dont elle est issue. Ainsi l'huile essentielle de romarin (*Romarinus officinalis* L.) est antibactérienne alors que l'infusé de la même espèce est traditionnellement utilisé pour le traitement symptomatique de troubles digestifs divers, sur la base de propriétés antispasmodiques et cholérétiques vraisemblablement liées à la présence de composés phénoliques ^[40, 146].

De nombreuses propriétés sont attribuées aux huiles essentielles, parfois elles sont expérimentalement démontrées. Nous ne présentons ci-dessous que quelques propriétés relevées dans la littérature.

III-2-1- Pouvoir antiseptique.

Le pouvoir antiseptique des huiles essentielles est manifeste par voie externe, par la peau, par les voies respiratoires supérieures, les bronches, les poumons ^[90]. Il s'exerce à l'encontre de bactéries pathogènes, des champignons responsables de mycoses et sur des levures. Ce pouvoir semble moins établi par voie interne digestive pour atteindre une infection sanguine ou organique. Parmi les huiles essentielles les plus antiseptiques, il y a la cannelle, le thym, le girofle, l'eucalyptus, la sarriette, la lavande ^[40].

III-2-2- Pouvoir contre les affections respiratoires.

L'essence de pin (*Pinus sylvestris* L.) est utilisée pour ses propriétés analeptiques, antispasmodiques, antiseptiques, dans le traitement de nombreuses maladies respiratoires en l'occurrence la toux, la bronchite, les angines, etc. ^[97]. L'essence de cyprès est utilisée pour le traitement de la toux spasmodique, celle d'estragon dans le traitement de hoquet ^[90].

III-2-3- Propriétés antihelminthiques.

Le chénopode (*Chenopodium ambrosioides* L.) est connu depuis longtemps en Amérique centrale, pour son action vermifuge. Son huile essentielle est également un excellent vermifuge surtout utilisé en médecine vétérinaire, elle est efficace contre les ascaris et les ankylostomes ^[150]. L'ascaridol, principe actif de l'essence est très toxique pour les animaux à sang froid, il paralyse et tue les vers parasites.

III-2-4- Propriétés antibactériennes et antifongiques.

L'huile essentielle de la mélisse (*Melissa officinalis* L.) est antibactérienne et antifongique, elle est également responsable des propriétés spasmolytiques reconnues à la drogue ^[40].

III-2-5- Propriétés pesticides.

Les huiles essentielles de citronnelle et de pyrèthre sont connues comme étant de bons insecticides. L'essence de pyrèthre dissout la protection de chitine des insectes réputés nuisibles, des porteurs de maladies comme l'anophèle paludéenne ^[90].

Les essences d'*Allium sativum* L. *Allium ampeloprasum* L. et *Allium cepa* L. sont efficaces contre les champignons phytopathologiques ^[86].

La société SAPHYTO au Burkina Faso importe des produits fongicides qu'elle utilise pour les préparations surtout d'insecticides à usage domestique et pour le traitement du cotonnier.

Cette société gagnerait peut être en utilisant des huiles essentielles produites sur place pour la préparation de ses produits.

III-2-6- Propriétés irritantes.

L'essence de térébenthine est révulsive pour la peau, elle provoque entre autres une sensation de chaleur et une légère action anesthésique ^[40, 90].

III-2-7- Propriétés toxicologiques.

A propos des propriétés toxicologiques des huiles essentielles, le risque de toxicité immédiat lié à une ingestion massive est mieux connu, en particulier, la neurotoxicité des huiles essentielles à thuyone (thuya, sauge officinale, tanaïsie, absinthe, etc.) ou à pinocamphore (hysope) ^[40,175]. La toxicité chronique est assez mal connue, on manque de données sur leurs éventuelles propriétés mutagènes, tératogènes ou cancérigènes.

III-3- Conservation des huiles essentielles.

La plupart des molécules constitutives des huiles essentielles sont insaturées, ce qui les rend instables et sensibles à l'altération. Selon les conditions de conservation, les essences naturelles peuvent être sujettes à des réactions secondaires telles que : le réarrangement moléculaire, la polymérisation, l'oxydation, la fermentation, l'hydrolyse, etc. Il est possible de limiter ces dégradations en prenant certaines précautions ^[40].

- l'utilisation des flacons de faible volume en aluminium, en acier inoxydable ou en verre brun, entièrement remplis et fermés de façon étanche ;
- le stockage à basse température ;
- la conservation sous atmosphère d'azote ;
- l'adjonction d'antioxydants, etc..

III-4- Marché.

Le PAYS quotidien indépendant d'informations générales du Burkina écrit :

Les huiles essentielles constituent une source de revenus encore sous-exploitée. Il existe plus de 3000 sortes d'huiles essentielles extraites de racines, écorces, feuilles, graines, fruits et fleurs de divers végétaux ; 500 d'entre elles font l'objet d'une commercialisation. Plusieurs variétés de plantes africaines peuvent fournir des huiles. Des projets de développement de cette filière sont en cours au Bénin, au Ghana, en Guinée, au Mali, au Malawi, au Togo et au Zimbabwe (Le PAYS N° 2198 du 10 août 2000).

III-4-1- Production.

La production mondiale des huiles essentielles est estimée à environ 50000 tonnes et le marché représente 700 millions de dollars ^[14, 186]. Près de 65 % de la production mondiale d'huile essentielle provient de l'extraction de partie d'arbres ou d'arbustes cultivés ou présents à l'état sauvage. Les plantes non arbustives qui sont à la base du reste de la production (35 %) sont en grande majorité cultivées. La figure 11 montre l'importance de chaque catégorie de plante dans l'extraction d'huiles essentielles.

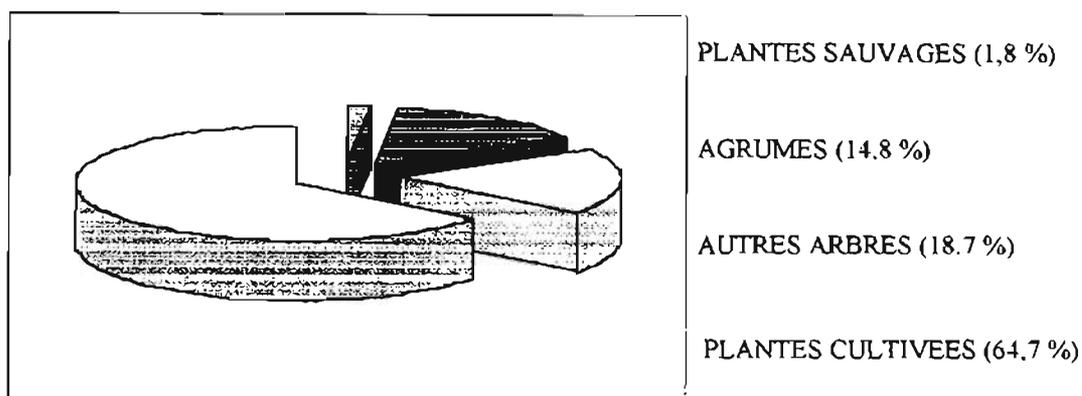


Figure 11 : Répartition de la production mondiale des huiles essentielles selon les espèces (en valeur) ^{187}.

Il existe plus de 300 types d'huiles essentielles connues et utilisées ^{178}. Les quinze essences dont la production est estimée supérieure à 500 tonnes couvrent près de 90 % de la production

totale : orange, *Mentha arvensis*, peppermint, cèdre, citronnelle, citron, eucalyptus, Litsea cubeba, girofle, spearmint, sassafras, osmanthus, patchouli, lime, lavandin.

Les estimations de la production mondiale en valeur gardent une part d'approximation du fait de la variabilité des cotations. Dix huit essences prédominent pourtant nettement avec une production supérieure à 10 millions de dollars (Tableau 3), l'ensemble de ces produits représentant 75 % de la valeur totale.

Tableau 3 : Estimation de la production mondiale des huiles essentielles les plus représentatives (en milliers de dollars) ⁽¹³⁷⁾.

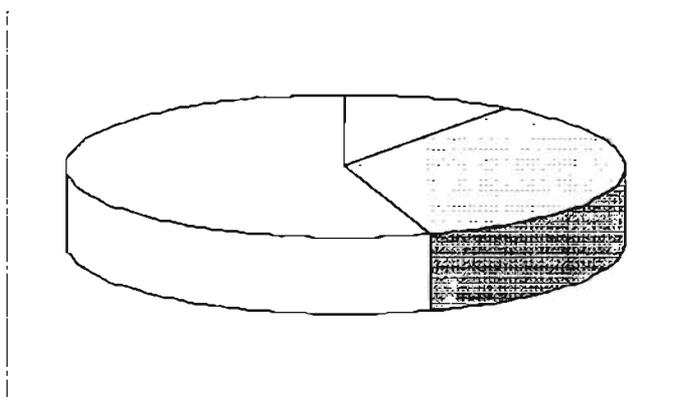
Espèces	Valeurs	Espèces	Valeurs
Menthe poivrée	96000	Santal	14000
Menthe arvensis	57600	Citronnelle	13110
Rose	40000	Vétiver	13000
Menthe crépue	33000	Patchouli	12750
Citron	30000	Lavandin	11400
Orange	27000	Cèdre	11000
Litsea cubeba	16000	Lime	10540
Eucalyptus globulus	15550	Bergamote	10350
Jasmin	15000	Géranium	10000

La répartition géographique mondiale des productions d'huiles essentielles telle que mentionnée par LAWRENCE B. et VERLET N. montre que : c'est en Asie et en Amérique que se situent les grandes surfaces à cultures extensives ; l'Europe ne représente pas une région de grande production ⁽¹²⁴⁾. Il en est de même pour l'Océanie. Quelques pays d'Afrique, notamment le Maroc, l'Egypte, les Comores, Madagascar, la Côte D'Ivoire, le Burkina Faso, l'Algérie, sont producteurs d'huiles essentielles.

Cette répartition géographique peut être complétée par une répartition en valeur présentée par groupes de pays auxquels correspondent des systèmes de production différents (Figure 12). Les pays en voie de développement où la production s'appuie sur une population rurale importante, occupent une position dominante (55 %), suivis des pays industrialisés (35 %) et des pays de l'Europe de l'Est (10 %) ⁽¹⁸⁶⁾.

EUROPE DE L'EST (9,8 %)

TIERS MONDE (54,9 %)



PAYS INDUSTRIALISES (35,3 %)

Figure 12 : Répartition de la production mondiale des huiles essentielles par systèmes économiques (en valeur).

Le tableau 4 présente, avec une marge d'erreur probablement importante pour les pays ne possédant pas de statistiques, la valeur totale estimée de la production dans quelques pays du monde en milliers de dollars

**Tableau 4 : Estimation de la production totale de quelques pays
(en milliers de dollars) ⁽¹⁸⁷⁾.**

Pays à revenu élevé			
Australie	4000	Israël	3000
Canada	2000	Italie	19000
Espagne	10000	Portugal	3000
France	20000	U. S. A.	145000
Grèce	2000		
Pays d'Europe de l'Est			
Bulgarie	26000	U. R. S. S.	30000
Hongrie	1000	Yougoslavie	2000
Pays à revenu faible ou moyen			
Albanie	2000	Inde	25000
Algérie	8000	Jamaïque	2000
Bésil	45000	Madagascar	6000
Burkina Faso	500	Mexique	5000
Chine	110000	Maroc	30000
Comores	6000	Paraguay	6000
Corée du Nord	1000	Pérou	2500
Côte d'Ivoire	3500	Sri Lanka	4000
Cuba	500	Thaïlande	2000
Dominique	1000	Tanzanie	700
Egypte	12000	Turquie	33000
Haïti	8000	Vietnam	500
Indonésie	32000		

L'examen du tableau 4 montre que la géographie de la production des huiles essentielles est marquée par une grande diversité. Plusieurs pays sont producteurs d'huiles essentielles. Certains pays se sont spécialisés ou dominant dans la production de certaines essences naturelles, à titre indicatif :

- Le volume global de la récolte française d'essence de lavande a été estimé entre 36 et 40 tonnes en 1994. Au vu des statistiques douanières du commerce extérieur de l'union européenne, la France demeure la plaque tournante du commerce international des essences de lavande et de

lavandin ^[2].

- Comme la France dans le cas de la lavande, l'Espagne reste une plaque tournante pour l'eucalyptus avec quelques centaines de tonnes, malgré la croissance des productions de Chine, d'Amérique du sud et d'Australie. Elle garde également une position dominante pour l'essence de thym ^[2].
- Les Etats Unis d'Amérique dominent la production des huiles essentielles des agrumes et de menthe poivrée ^[178].
- Le Brésil, a dominé le marché de la production d'huile essentielle d'orange et de d-limonène, de 1986 à 1996 avec plus des 3/4 de la production mondiale ; pendant ce temps, la Floride, a presque doublé sa production ^[6].
- La valeur de la production italienne a fortement régressé depuis la dernière guerre mondiale, mais la production d'essence de citron bénéficie du marché du fruit, dont elle est un sous-produit, et de la demande toujours soutenue pour les arômes d'agrumes. Au total, la production italienne d'essence de citron est estimée à 600 tonnes, celle d'orange à 200 tonnes ^[2]
- Le plus gros producteur actuel de l'ylang-ylang reste les Comores (Grande Comore, Anjouan, Moyeli) suivi de Mayotte et de Madagascar ^[143]. La France est le principal pays importateur depuis de très nombreuses années. La moyenne des importations françaises d'ylang-ylang de 1987 à 1995 est de 56,8 tonnes pour les Comores, 20,4 tonnes pour Mayotte et 14,3 tonnes pour Madagascar (de 1987 à 1993).
- Les principaux fournisseurs de l'huile essentielle de vétiver sont : Haïti avec une production de 80 tonnes, l'Indonésie dont la production s'élève à 60 tonnes et la Réunion avec 1,5 tonne ^[140].
- La production grecque d'huile essentielle a baissé de plus de 50 % depuis une dizaine d'années. Elle reste dominée par la production du safran (44 %) suivie par le fenouil (23,5 %), la menthe (11,8 %) et l'origan (4,7 %) ^[2].
- La France est le second producteur de l'huile essentielle d'estragon (2 tonnes) derrière l'Italie (5 tonnes) ^[140].
- la Côte d'Ivoire a produit 120 tonnes d'huiles essentielles (tous agrumes confondus) en 1994 ; elle est deuxième exportateur mondial d'huile essentielle de bergamote ^[2].
- Madagascar est le premier producteur mondial d'huiles essentielles de feuilles de girofle ^[143].
- Les principaux producteurs de l'essence d'anis sont l'Espagne (10 tonnes), l'Egypte (3 tonnes), l'ex-URSS (2 tonnes) et la Turquie ^[140].
- Aux Pays-Bas, le carvi est une production importante, en dehors des plantes médicinales et

aromatiques⁽²⁾.

III-4-2- Consommation.

Le but principal de la production des huiles essentielles est de les vendre aux utilisateurs. Les huiles essentielles produites peuvent être consommées dans le pays même où elles sont produites, soit être exportées, pures ou mélangées avec divers produits de synthèse.

L'importation des huiles essentielles est principalement le fait des pays industrialisés dotés d'une industrie des arômes et des parfums. Les cinq premiers importateurs (UE, USA, Japon, Suisse, Canada) représentent plus de 75 % des importations mondiales⁽²⁾. Si les pays en voie de développement produisent plus de la moitié des huiles essentielles dans le monde (Figure 12), en revanche ils représentent un petit marché pour ces ressources.

Contrairement à l'importation, l'exportation est le fait de beaucoup de pays (industrialisés, d'Europe de l'Est, en voie de développement). Les six premiers exportateurs (Chine, UE, USA, Brésil, Indonésie) couvrent 66 % du marché.

III-4-3- Prix.

Comme tout produit à valeur marchande, le prix des huiles essentielles est lié à la qualité du produit ; qualité définie par tous les acteurs en aval de la filière. La qualité peut connaître de très grandes variations du point de vue des caractéristiques organoleptiques, chimiques, de la pureté du produit, etc. A ces niveaux de qualité, correspondent des niveaux de prix.

D'après VERLET N., la formation des prix d'une essence, à court et moyen termes, dépend de la plus ou moins grande facilité de substitution d'une essence donnée dans les produits finis (par la synthèse ou d'autres produits naturels), du volume du marché, de la stratégie commerciale des négociants et utilisateurs industriels⁽¹⁸⁶⁾. Le prix d'une huile essentielle peut connaître des fluctuations de grande ampleur, par cycles d'une période plus ou moins longue.

A ces facteurs, on peut associer les coûts de production qui sont variables selon les pays producteurs. Ils dépendent essentiellement des charges (prix de l'énergie, des intrants nécessaires à la culture, taux d'intérêt, charges foncières, coût de la main-d'oeuvre, fiscalité, etc.).

L'exploitation des plantes aromatiques pour leurs huiles essentielles permettra de développer donc les secteurs économiques cités ci-dessus à savoir : la parfumerie et la cosmétologie, la pharmacie, l'industrie agro-alimentaire, l'industrie chimique. Les huiles essentielles peuvent être commercialisées et utilisées pour leurs activités biologiques : pouvoir antiseptique, pouvoir contre les affections respiratoires, propriétés antihelminthiques, antibactérienne et antifongique, pesticides, irritantes et toxicologiques.

III-5- Moyens physiques et humains de développement.

L'extraction et l'analyse chimique, des huiles essentielles de plantes aromatiques, pourrait permettre une valorisation des ressources d'origine végétale : cas de plantes aromatiques au Burkina Faso. Dans ce travail de valorisation des plantes aromatiques, il faudra tenir compte d'un certain nombre de facteurs : Ces facteurs sont les moyens physiques et humains. La production de plantes aromatiques et d'huiles essentielles nécessite donc des moyens physiques et humains qui constituent des conditions favorables.

III-5-1- Moyens Physiques

Les chercheurs pluridisciplinaires (botanistes, biologistes, pharmaciens, agronomes, médecins, chimistes, etc.), des Universités de Ouagadougou de Bobo-Dioulasso et de Koudougou, du Centre National de la Recherche Scientifique, des Instituts de recherche, disposent de locaux et d'équipement modeste pour mener leurs travaux de recherche.

Le Burkina Faso est un pays agricole, de la zone sud saharienne d'Afrique divisé en territoires phytogéographiques, que l'on peut regrouper en trois domaines¹⁷⁷⁾ :

- un domaine sahélien où les précipitations annuelles sont inférieures à 600 millimètres, est pauvre en végétation ;
- un domaine soudanien, plus riche en végétation que la première, reçoit des précipitations dont les moyennes annuelles sont comprises entre 600 millimètres et 1000 millimètres ;
- enfin, un domaine soudano-guinéen, le mieux arrosé, reçoit des précipitations supérieures à 1000 millimètres par an

Les espèces végétales aromatiques récoltées dans la zone soudanienne ont donné de façon générale des rendements intéressants en huiles essentielles.

Dans les domaines : soudanien et soudano-guinéen, poussent spontanément des plantes aromatiques tels que : les *Cymbopogon*, les *Lippia*, les *Ocimum*, les *Hyptis* etc.

Certaines espèces végétales ont été introduites pour le reboisement : *Eucalyptus* (plusieurs espèces), *Plumeria rubra*, *Anacardium occidentale*, *Mangifera indica*, *Psidium guayava*, etc. D'autres plantes aromatiques sont cultivées : *Citrus* et *Allium* (plusieurs espèces), menthe poivrée, basilic etc.

Il serait peut être intéressant de faire une étude comparée, des rendements en huiles essentielles des espèces aromatiques récoltées dans ces deux domaines.

Un facteur important pour la production des huiles essentielles est la disponibilité de terres cultivables. Les cultures pratiquées sur les parcelles : céréales surtout (mil, sorgho, maïs,

riz etc..) donnent de faibles rendements. Le résultat est un déficit céréalier auquel le Burkina Faso est confronté pratiquement chaque année.

Les cultures destinées à la vente telles que sésame, arachide et surtout le coton, ne procurent pas suffisamment d'argent aux paysans, pour compenser le déficit céréalier, payer les frais de scolarité de leurs enfants, se soigner faire face aux dépenses occasionnées par l'organisation des funérailles etc.

Le développement des cultures maraîchères et surtout la culture de certaines plantes aromatiques qui sont pratiquées principalement autour des villes comme Ouagadougou, Koudougou (domaine soudanien), Ouahigouya (domaine sud-sahélien), Bobo-Dioulasso et Banfora (domaine soudano-guinéen), pourrait permettre de combler le déficit céréalier, assurer la scolarisation des enfants, acheter les médicaments faire face aux dépenses de funérailles etc.

Les entreprises telles que SOFIB (Société de Fabrication Industrielle du Burkina), PHYCOS, SAPHYTO et les différentes pharmacies installées surtout à Ouagadougou et Bobo-Dioulasso, les dépôts pharmaceutiques à la campagne, sont autant de moyens physiques favorables à la production et à l'utilisation des plantes aromatiques et des huiles essentielles au Burkina Faso.

III-5-2- Moyens humains.

Le Burkina Faso est divisé en centres régionaux de production agro-pastorale. Les agents du développement rural, les agents d'élevage, sont chargés de l'encadrement des paysans et des éleveurs. D'autres agents tels que les formateurs des jeunes agriculteurs, les personnels de la santé et de l'environnement. les différents conseils formes dans le cadre de l'exécution de différents projets de gestion de terroirs, constituent également des moyens humains qui sont susceptibles de contribuer à la production des plantes aromatiques et des huiles essentielles.

Les moyens physiques et humains existent donc pour produire les huiles essentielles. Cependant, malgré les facteurs favorables énumérés ci-dessus plus, un certain nombre de problèmes demeurent.

**CHAPITRE IV : PROBLEMES LIES A
L'EXTRACTION, L'ANALYSE ET AU STOCKAGE
DES HUILES ESSENTIELLES**

IV-1- Problèmes liés à l'extraction, l'analyse et au stockage des huiles essentielles.

Certes, des facteurs favorables existent pour produire des huiles essentielles ; mais cela ne doit pas nous faire occulter les facteurs défavorables que sont : le problème de l'eau, la destruction du couvert végétal, l'analyse et le contrôle de qualité, l'altération et la conservation et le circuit de commercialisation des extraits volatils

IV-1-1- Problèmes liés à l'extraction et à l'analyse des huiles essentielles.

Des difficultés existent pour produire et analyser les huiles essentielles ; les principales sont :

- le coût élevé de l'énergie ;
- le manque d'appareils de production et d'analyses performants (extracteurs, chromatographes en phase gazeuse à ionisation de flamme et utilisant des colonnes capillaires et surtout de spectromètre de masse) ;
- le manque de liens de collaboration entre chercheurs universitaires d'une part et opérateurs économiques d'autre part. Les liens existants entre chercheurs et opérateurs économiques sont très timides, donc le manque de sources de financement ;
- la destruction de la flore, la coupe abusive du bois de chauffe et les feux de brousse, sont des pratiques qui contribuent à la désertification et à la suppression du couvert végétal ;
- le problème de l'eau se pose toujours, malgré les efforts déjà consentis par les gouvernements et les organismes non gouvernementaux (construction de barrages, retenues d'eau, forages de puits).

Ces différents problèmes qui ne sont pas insurmontables peuvent trouver leurs solutions :

- par la résolution de la question énergétique ;
- par l'établissement de partenariat entre d'une part, chercheurs universitaires du Sud entre eux et d'autre part, entre chercheurs universitaires du Sud et du Nord ;
- par un transfert de technologie des pays du Nord vers les pays du Sud ;
- par la vulgarisation de la culture des plantes aromatiques, la protection de l'environnement pour une exploitation durable de son couvert végétal ;
- par l'établissement de liens solides de partenariat entre chercheurs universitaires et opérateurs économiques ;
- enfin par le renforcement des efforts déjà entrepris pour la résolution de la question de l'eau.

IV-1-2- Problèmes liés au stockage des huiles essentielles ^{103}.

Sur le plan chimique, les huiles essentielles font partie des produits les plus fragiles et les plus complexes extraits du monde végétal. Dès leur extraction, elles sont susceptibles de subir

des transformations. En effet, la distillation génère des nouveaux constituants ou fragilise les huiles essentielles, par les températures élevées auxquelles elles sont soumises. De plus, n'étant pas utilisées dès leur extraction, souvent effectuée sur le lieu même de la récolte, elles peuvent subir d'autres altérations dues notamment aux effets de la lumière et de l'oxygène. A. LOBSTEIN et coll. ^[103], ont largement développé les différents aspects liés à l'altération et à la protection des huiles essentielles

En guise d'illustration, nous donnons dans les pages qui suivent, quelques exemples de modifications ayant lieu au cours de la conservation de certaines huiles essentielles et les différents moyens de les protéger afin de limiter leurs altérations.

IV-2-1- Principales réactions chimiques.

IV-2-1-1- Réactions photochimiques ^[167, 168, 176]

Une huile essentielle conservée sans précautions particulières contre les effets de la lumière est susceptible de donner lieu à un certain nombre de réactions photochimiques. Celles-ci sont provoquées par l'absorption des courtes longueurs d'onde du spectre solaire, en créant des biradicaux par rupture de doubles liaisons. Elles peuvent être de différents types

- Cycloaddition photochimique

Le benzaldéhyde, à odeur d'amandes amères et le trans-anéthole, constituant principal des huiles essentielles d'anis vert, de badiane et de fenouil, peuvent s'additionner en donnant naissance à des oxétanes (Figure 13).

- Photocyclisation

L'irradiation Ultra-Violet du myrcène, hydrocarbure monoterpénique présent dans de nombreuses huiles essentielles, conduit à la formation de dérivés cycliques comme le bêta-pinène, un dérivé cyclobutylique et un isomère bicyclique (Figure 14).

- Photoaddition

Le propanal, à odeur de pomme verte, donne naissance par réaction avec le cyclohexène à la cétone correspondante (Figure 15).

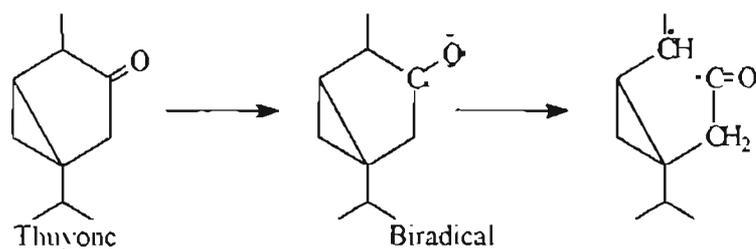


Figure 16 : Transformation de la Thuyone en biradical.

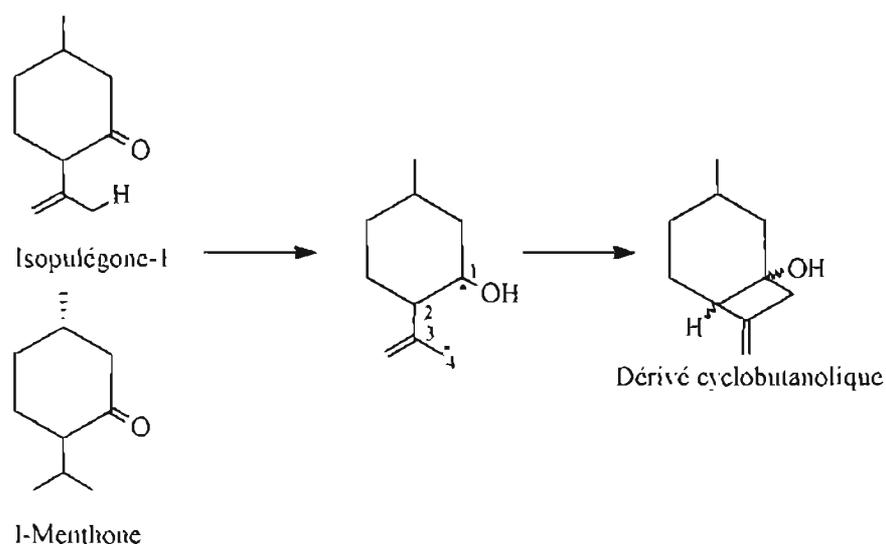


Figure 17 : Transformation de l'isopulegone-1 et de la l-menthone en dérivé cyclobutanolique

- Photoisomérisation- photoréarrangement.

La trans- α -ionone, très utilisée en parfumerie pour son odeur de violette, donne naissance à l'isomère cis, dont l'odeur ressemble davantage à celle du bois de cèdre (Figure 18).

La carvone, présente dans l'huile essentielle de carvi et d'aneth, peut être réarrangée en "camphre de carvone" (Figure 19).

Enfin le safrole de l'huile essentielle de sassafras est transformé en cyclopropyl-1 méthylènedioxy-3,4-benzène (Figure 20).

- Photooxydation-photoréduction.

L' α -terpinène peut être transformé en ascaridole, principe actif vermifuge de l'huile essentielle du *Chenopodium* (Figure 21).

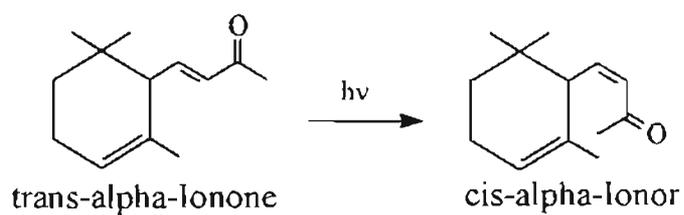


Figure 18 : Photoisomérisation de la trans-alpha-ionone.

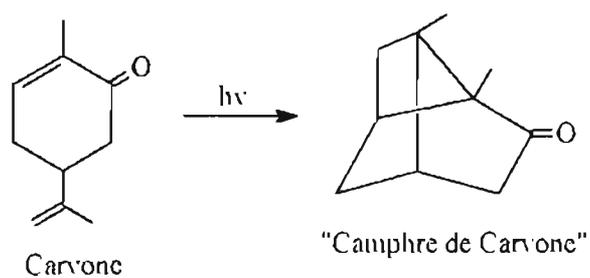


Figure 19 : Réarrangement de la carvone.

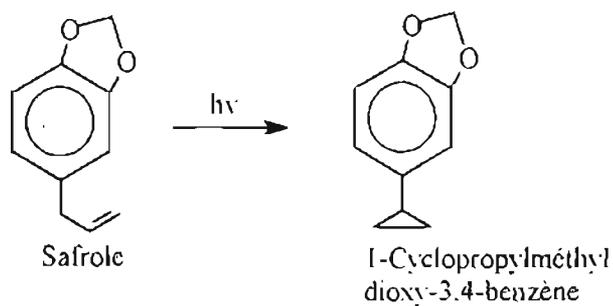


Figure 20 : Réarrangement du safrole.

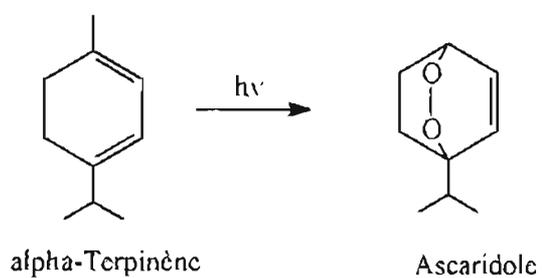


Figure 21 : Photooxydation de l'alpha-terpinène.

L'acétate de géranyle présent dans les huiles essentielles de citronnelle, de palmarosa et de lemongrass, donne deux dérivés hydro- peroxydés qui se transforment eux-mêmes en alcools (Figure 22).

L'iso-eugénoï constituant des huiles essentielles d'ylang-ylang et de noix de muscade, réagit par la réaction d'oxydation photosensibilisée en donnant un endo-peroxyde puis de la vanilline (Figure 23).

La benzophénone à odeur de rose, et l'iso-propanol se transforment en benzopinacole et acétone par réaction d'oxydo-réduction (Figure 24).

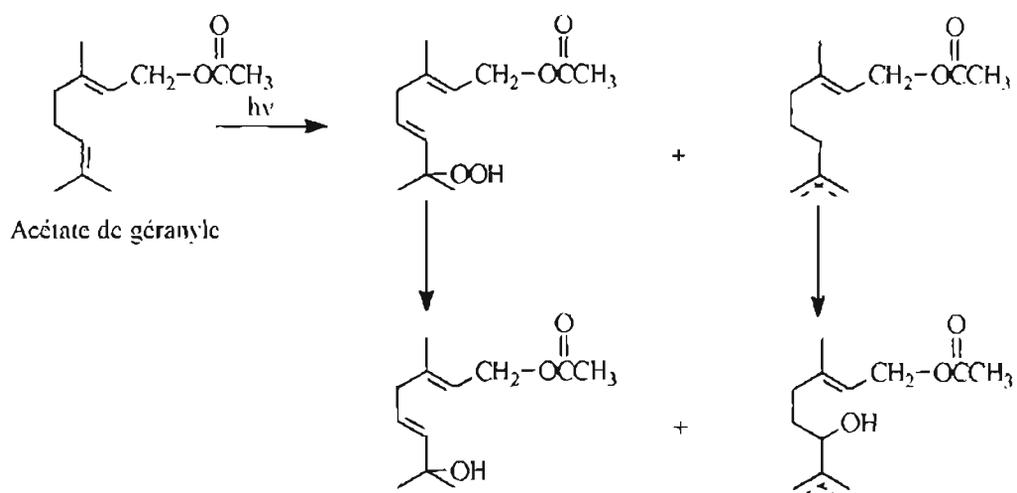


Figure 22 : Photooxydation de l'acétate de géranyle.

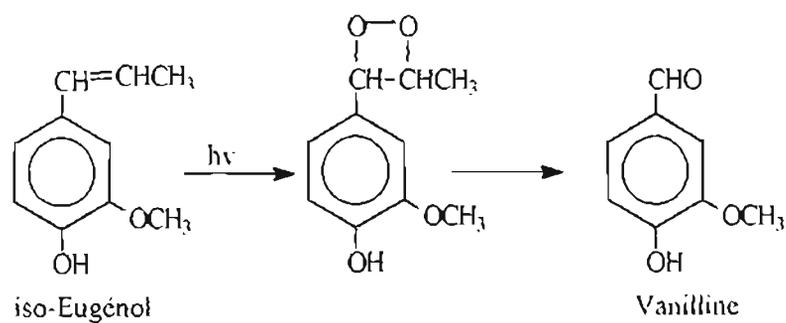


Figure 23 : Photooxydation de l'iso-eugénol.

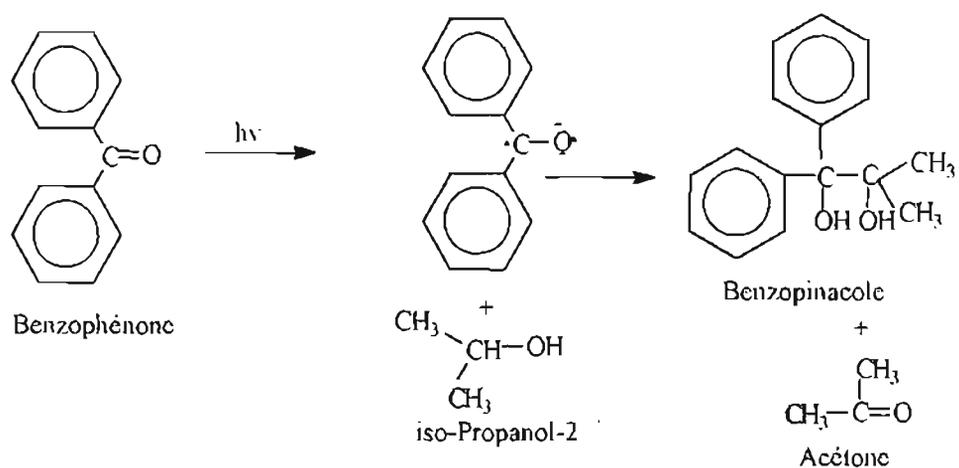


Figure 24 : Oxydo-réduction de la benzophénone.

IV-2-2- Réactions d'autooxydation ^(70,140,141, 164)

La lumière accompagnée ou non d'une élévation de la température et de la présence de traces de métaux lourds, est un élément "pro-oxygène" qui permet l'initiation de réactions radicalaires et favorise l'autooxydation des huiles essentielles.

Les premiers signes d'une oxydation, en dehors de la modification de l'odeur, sont une augmentation de l'indice de réfraction et de la densité, suivie par l'augmentation de la viscosité. Les composés formés sont des produits d'oxydation et de polymérisation.

Le cis-ocimène de l'huile essentielle de lavande donne naissance par oxydation à l'allo-ocimène, au peroxyde polymérisé et à différents époxydes (Figure 25)

L'aldéhyde benzoïque, à odeur d'amandes amères, est oxydé en acide benzoïque (Figure 26).

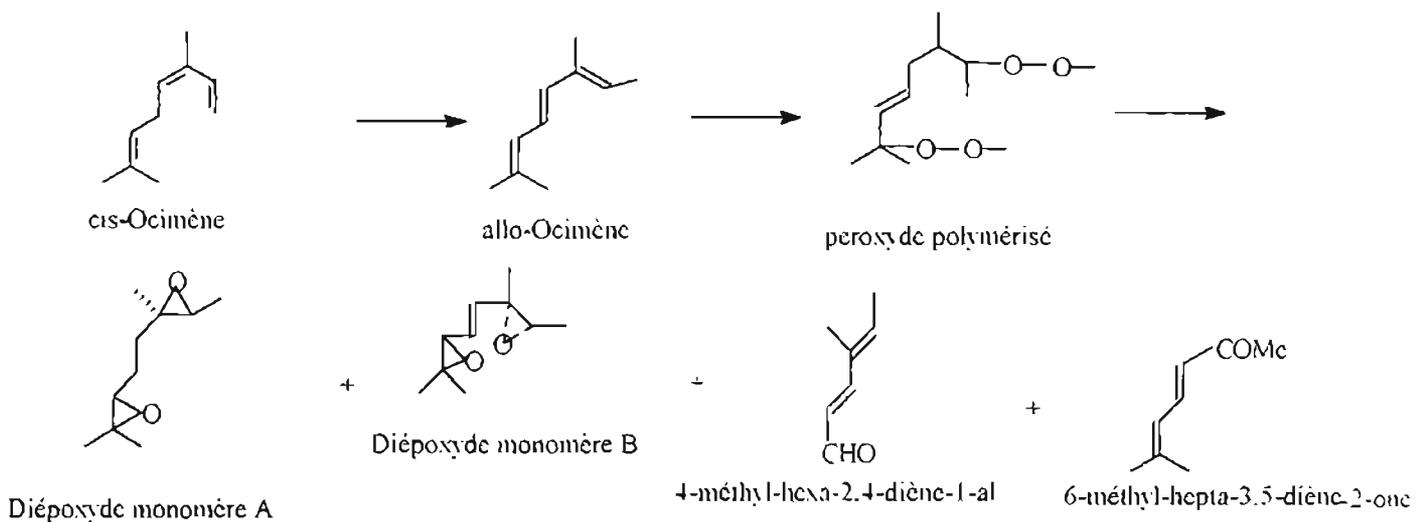


Figure 25 Oxydation du cis-Ocimène

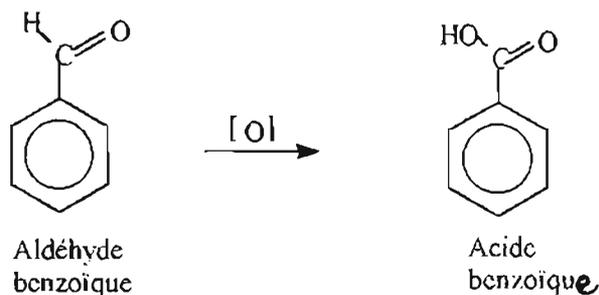


Figure 26 : Oxydation de l'aldéhyde benzoïque.

IV-3- Moyens d'étude des altérations.

Les moyens d'études des altérations sont constitués par des tests.

Les huiles essentielles étant des matières premières fragiles et rarement utilisées dès leur préparation, différents tests ont été mis au point afin de déterminer leur durée de vie maximale. Il existe deux grands groupes de tests :

- * les tests de conservation à long terme .
- * les tests accélérés, également utilisés pour rechercher un effet protecteur d'une substance ajoutée au substrat autooxydable.

IV-3-1-Tests de conservation à long terme ^[28, 153]

Les huiles essentielles sont étudiées dans des conditions normales de stockage et d'utilisation, durant une année au minimum. Différentes variables sont choisies :

IV-3-1-1- Température.

Les huiles essentielles sont conservées .

- soit à température ambiante, voisine de 20°C ;
- soit à température de conservation de référence, à + 4°C

IV-3-1-2- Contact avec l'air.

Les huiles essentielles sont conservées dans des flacons en verre .

- soit remplis entièrement et fermés de façon étanche ;
- soit remplis à moitié et fermés avec un bouchon de liège permettant une entrée d'air.

IV-3-1-3- Irradiation lumineuse.

Les huiles essentielles sont entreposées :

- soit dans les flacons de verre blanc ,
- soit dans des flacons de verre brun ou en aluminium..

Pour tous ces modes de stockage, des prélèvements ont lieu à intervalles réguliers, en vue de déterminer les modifications physicochimiques apparues pour les divers échantillons

IV-3- 2- Tests accélérés ^[85,141,170]

Ces tests font intervenir, de manière contrôlée et intensive, plusieurs variables durant un temps beaucoup plus court que précédemment. Les résultats obtenus sont ensuite transposés à l'évaluation de la durée de vie réelle du produit. Il peut s'agir de tests d'oxydabilité, soit de l'étude de l'influence de la température, la lumière et la présence de métaux.

IV-3-2-1- Analyse des modifications.

L'analyse des modifications survenues lors d'une mauvaise conservation d'une huile essentielle se

fait par des méthodes d'analyses générales, préconisées par la Pharmacopée et l'AFNOR (Association Française de Normalisation)

Les analyses physiques et chimiques donnent des indications globales sur les modifications subies par les huiles essentielles ; les méthodes chromatographiques permettent l'analyse du devenir d'un constituant particulier

IV-3-2-2- Etude des caractères physiques^[8, 88]

- Caractères organoleptiques.

Les changements d'aspect, de couleur, d'odeur sont les modifications les plus évidentes des huiles essentielles altérées : elles peuvent prendre un aspect huileux, jaunir et leur odeur devenir rance ou camphrée.

- Caractères physiques.

- miscibilité à l'éthanol : elle diminue avec l'apparition de polymères ;
- point de congélation : il est lié à la présence d'un constituant de l'huile essentielle et se modifie si la teneur en ce constituant varie ;
- densité relative : elle augmente avec l'apparition de corps oxygénés et de polymères ;
- indice de réfraction : il varie avec le nombre et la position de doubles liaisons ;
- pouvoir rotatoire : il est lié à la présence de molécules optiquement actives ;
- solubilité dans l'eau : elle augmente avec l'apparition de nouveaux corps oxygénés ;
- viscosité : elle augmente s'il se produit une polymérisation ;
- constante diélectrique : elle diminue en cas de polymérisation.

IV-3- 2- 3- Détermination des indices chimiques^[9]

- Indice de peroxyde

Les peroxydes sont les premiers produits d'une réaction d'autooxydation.

- Indice d'acide.

Il permet d'évaluer la teneur acides libres, autres produits d'autooxydation.

- Dosage de dérivés carbonylés.

La teneur en aldéhydes et cétones varie au cours du vieillissement d'une huile essentielle.

- Dosage des alcools libres primaires et secondaires.

Les dérivés hydroxylés sont également des produits potentiels d'oxydation.

IV-3-2- 4- Analyses chromatographiques.

Elles se font soit par chromatographie sur couche mince (CCM), soit par chromatographie en phase gazeuse (CPG).

Toute modification de la composition d'une huile essentielle au cours de sa conservation, se présente :

- sous forme de taches supplémentaires sur une plaque CCM, qui seront révélées par des réactifs appropriés ;

- par l'apparition, la disparition ou le changement de taille d'un pic dans le profil CPG.

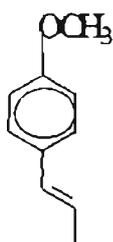
En guise d'illustration, nous donnons ci-dessous quelques exemples d'altération d'huiles essentielles ainsi que les différents moyens de protection dont on dispose pour favoriser une bonne conservation.

IV-4- Exemples d'altérations et moyens de protection des huiles essentielles.

IV-4-1- Exemples d'altérations.

IV-4-1-1- Huile essentielle à Anéthole : Huile essentielle d'Anis vert ^[15, 64, 67, 102, 189]

L'huile essentielle d'anis vert provient des fruits de *Pimpinella anisum* L. (Apiaceae) et contient environ 90 % d'anéthole. Seul l'isomère trans est présent dans l'huile essentielle fraîchement distillée



trans- Anéthole

Caractères organoleptiques.

Fraîchement distillée, c'est un liquide limpide ou une masse cristalline, incolore à jaune pâle. d'odeur caractéristique rappelant celle de l'anéthole.

Conservée pendant 9 mois, à basse température et à l'abri de la lumière, l'évaluation sensorielle de l'huile essentielle montre une amélioration de l'odeur.

Conservée à température ambiante, dans des flacons en verre brun, l'odeur de l'huile essentielle subit une dégradation progressive.

-Indices physico-chimiques.

Après 3 mois de conservation au soleil, il apparait d'importantes modifications .

- augmentation de la densité ,

- variation de l'indice de réfraction ;

- diminution du point de congélation, indiquant une diminution de la teneur en-trans-anéthole.

- Analyse par Chromatographie en phase Gazeuse (CPG).

Parallèlement à l'amélioration de l'odeur lors d'une bonne conservation de l'huile essentielle, on constate une augmentation de la teneur en trans-anéthole et une diminution de l'estragole, de l'anisaldéhyde et du bêta-caryophyllène.

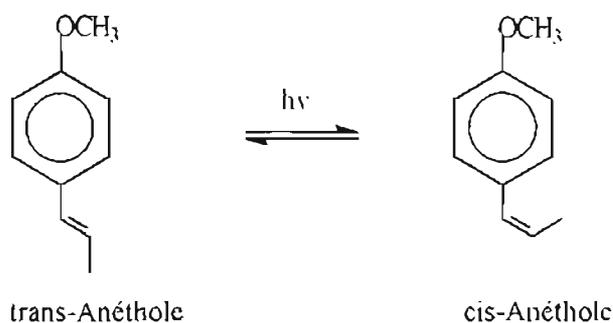
Dans le cas d'une mauvaise conservation, il y a apparition de cis-anéthole, d'aldéhyde et d'alcool anisique, au détriment du trans-anéthole. Il faut signaler que le composé cis est 10 à 20 fois plus toxique par voie orale chez l'homme que le composé trans.

- Réactions chimiques.

Quatre types de réactions sont observées :

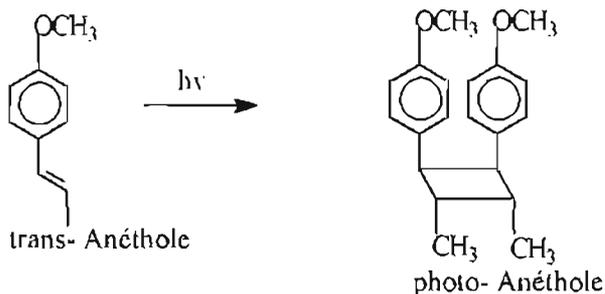
- Photoisomérisation.

Le trans-anéthole est transformé en son isomère cis.



- Photodimérisation.

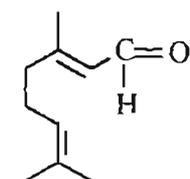
Le trans-anéthole est dimérisé en un dérivé cyclobutylique, le photo-anéthole.



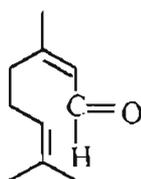
-Coupure oxydative.

Il se forme de l'aldéhyde anisique qui est oxydé en acide anisique.

essentielle de citron. Il faut noter que le citral est plus abondant dans l'huile essentielle d'orange douce (*Citrus sinensis* L.) entre 60 et 95% [103].



Géranial



Néral

L'huile essentielle de citron est extraite mécaniquement du péricarpe du fruit de *Citrus limon* L. (Rutaceae). Elle renferme entre 70 et 90 % de limonène, accompagné d'autres hydrocarbures monoterpéniques.

- Caractères organoleptiques.

L'huile essentielle fraîche est un liquide mobile et limpide, pouvant devenir trouble par abaissement de la température. Sa couleur varie de jaune clair à jaune verdâtre. Son odeur est caractéristique du péricarpe de citron frais. Après vieillissement, sa couleur fonce, elle prend une odeur de térébenthine, sa saveur devient âcre et amère

- Indices physico-chimiques

Après 3 mois de vieillissement, on constate :

- une augmentation de la densité, des indices de réfraction, de peroxyde et d'acide ;
- une diminution du pourcentage d'aldéhydes.

Aucun des indices physico-chimiques n'est plus conforme à la norme.

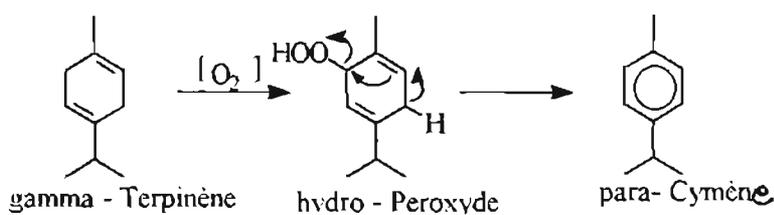
- Analyse par Chromatographie en Phase Gazeuse.

Elle montre une diminution des hydrocarbures monoterpéniques, du géranial et du néral, ainsi que l'apparition de nombreux pics.

- Réactions chimiques.

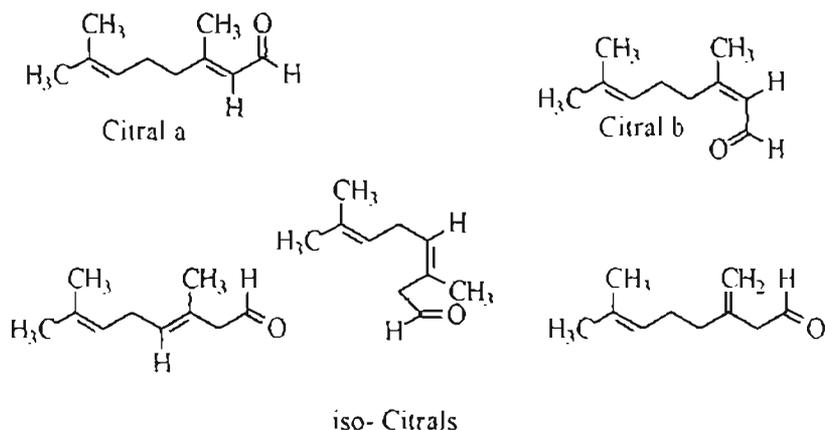
- Réactions radicalaires.

Le gamma-terpinène subit une déshydrogénation aromatisante en para-cymène.



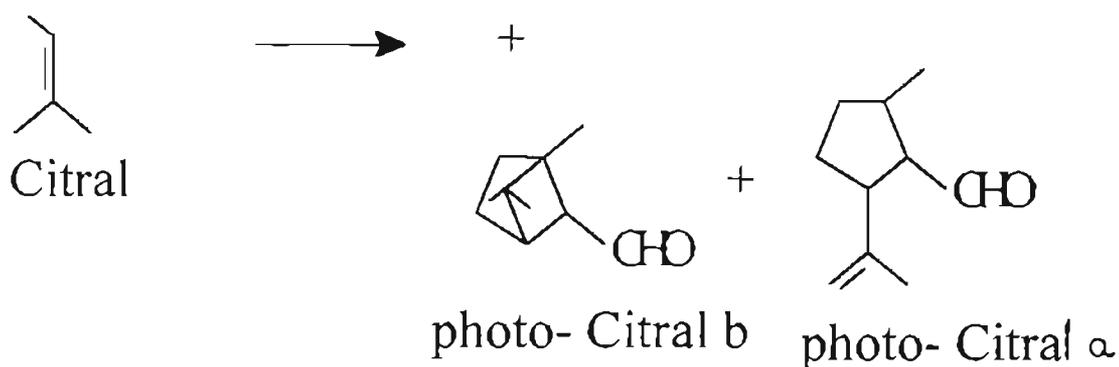
-Réactions d'isomérisation.

Sous l'effet de la chaleur, le géraniol et le néral s'isomérisent en iso-citrals.



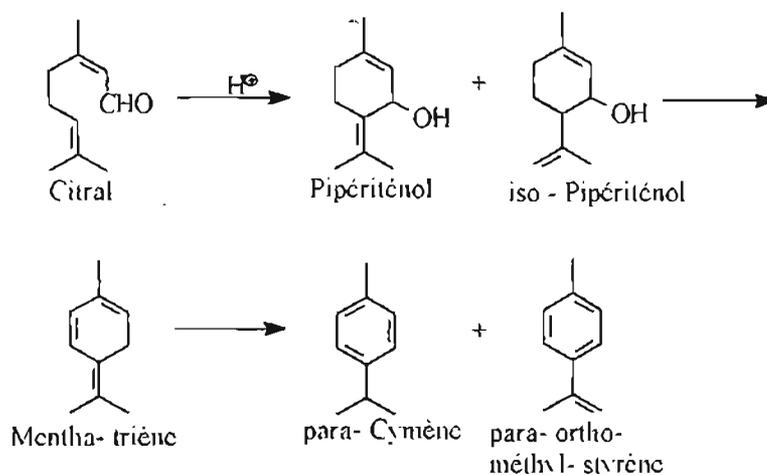
- Réactions photochimiques.

L'irradiation transforme le citral en un mélange de produits, les photo-citrals, résultant d'une photocyclisation.



- Réactions de cyclisation.

En milieu aqueux acide, le citral est cyclisé en de nombreux produits dont la nature dépend du pH et de la présence ou non d'oxygène. Dans des conditions acides douces par exemple, le citral se transforme en hydrocarbures diéniques, triéniques et aromatiques, en éthers et en alcools.



Tous ces exemples montrent bien la fragilité des huiles essentielles sujettes à des altérations rapides.

Heureusement, il existe des moyens de protection destinés à limiter les altérations.

IV-4-2- Moyens de protection des huiles essentielles.

IV-4-2-1- Élimination des facteurs physiques ^[82, 153].

Les principaux facteurs responsables des altérations des huiles essentielles sont l'air, la lumière, la chaleur et la présence des métaux lourds.

La conservation sous atmosphère d'azote, l'utilisation de flacons de faibles volumes, l'emploi de billes de verre réparties à la surface du liquide minimisent l'action oxydante de l'oxygène de l'air.

L'emploi de flaconnage en verre brun ou mieux en aluminium ou en acier inoxydable, évite la détérioration des huiles essentielles par la lumière ou les métaux lourds.

Le stockage à basse température (congélation) s'avère également utile pour permettre leur meilleure conservation.

IV-4-2-2- Déterpénation ^[11, 50].

La déterpénation partielle des huiles essentielles d'agrumes permet de rallonger leur durée de stockage. Contrairement à la déterpénation totale, elle permet d'éviter l'élimination des cires et des alcools lourds qui sont utiles pour la conservation de l'huile essentielle de citron par exemple, tout en maintenant une teneur élevée en limonène.

IV-4-2-3- Emploi d'antioxydants classiques ^[62, 141, 153, 164].

L'autooxydation étant l'une des principales causes d'altération des huiles essentielles, un des moyens de les protéger est d'y ajouter des substances capables d'interférer avec ces réactions oxydatives ; ce sont :

- soit des antioxydants préventifs, qui réduisent la vitesse d'initiation de la chaîne d'autooxydation. C'est le cas de l'acide citrique, utilisé pour la conservation des huiles essentielles alimentaires et du sel dipotassique d'EDTA (Ethylène Diamine Tétra-Acétique) pour les huiles essentielles non alimentaires ;
- soit des antioxydants vrais ou anti-oxygènes qui réagissent avec les radicaux libres.

Ceux qui sont les plus couramment utilisés sont les dérivés phénoliques. le B.H.T (Butylhydroxytoluène), le B.H.A. (Butylhydroxyanisole) et les esters de l'acide gallique.

Une huile essentielle d'orange douce par exemple, est inconsommable après 1 an de conservation si elle n'est pas protégée. Avec l'action synergique de 2 antioxydants (l'acide citrique et le B.H.T.), il n'y a pas de changement d'odeur, l'indice de peroxyde reste faible et peu de variations apparaissent d'après les analyses C.P.G.

IV-3-2-4- Recherche de nouveaux antioxydants ^[76, 82, 154].

Outre l'emploi d'antioxydants bien connus (Vitamine C et E, polyphénols et acides phénoliques, pectine, proline ...), des recherches sont en cours actuellement pour mettre en évidence les propriétés antioxydantes d'extraits végétaux divers, vis-à-vis d'huiles essentielles.

Il s'agit notamment des extraits de romarin, de mousse de chêne et de fève de soja. Egalement d'autres moyens de protection des huiles essentielles sont à l'étude : protection anodique activée et grâce à une stabilisation par les rayons gamma.

Dans cette dernière partie, nous avons donné les différents domaines d'utilisations des huiles essentielles, les moyens physiques et humains pour leur production.

Nous avons ensuite soulevé certains problèmes à résoudre au préalable (production et analyses).

Certes, après la production et les analyses, d'autres problèmes importants se posent. En effet, la composition d'une huile essentielle se modifie au cours de sa conservation. Les altérations olfactives et physiques observées après un certain temps de stockage, s'expliquent par des réactions photochimiques et des réactions d'autooxydation.

- Parmi les réactions photochimiques, les plus importantes sont la cycloaddition photochimique, la photocyclisation et la photoisomérisation.

- La lumière, l'élévation de la température et la présence de traces de métaux lourds, permettent l'initiation des réactions radicalaires et favorisent l'autooxydation des huiles essentielles. Il en résulte la formation d'un grand nombre de dérivés oxygénés, d'alcools, de cétones et d'acides, ayant tous leur odeur propre. Les altérations dues au vieillissement des huiles essentielles s'évaluent ainsi très facilement olfactivement. Par ailleurs, les produits d'oxydation pouvant être des polymères, ils donnent naissance à des résines inodores et inutilisables. L'indice physique le plus significatif est la densité, car elle augmente nettement lors de l'apparition de dérivés oxygénés et de polymères. Parmi les indices chimiques, ceux de peroxyde et d'acide augmentent en général aussi fortement, indiquant que le processus d'oxydation est avancé. Cependant, c'est l'analyse par C.P.G. qui permet de juger avec le plus de précision des transformations moléculaires survenues au cours du stockage d'une huile essentielle.

Une autre cause de modifications du profil chimique d'une huile essentielle est son introduction dans un milieu au cours de son utilisation :

- mélangées à d'autres huiles essentielles ou à d'autres substances chimiques, il se produit des interactions entre constituants ;
- certaines réactions peuvent aussi avoir lieu avec le véhicule qui les transporte ; elles sont en général dépendantes du pH et du degré alcoolique du milieu.

La conservation d'une huile essentielle est donc très délicate et ne dépasse guère 1 à 2 années, sans rencontrer d'importantes modifications physico-chimiques. Dans la pratique, la durée écoulée entre son extraction et son utilisation étant rarement connue, il convient de respecter certaines règles élémentaires de stockage, afin de préserver au mieux ses qualités.

En cas d'utilisation, dans un contexte thérapeutique, on mesure par conséquent l'importance d'avoir recours à des huiles essentielles non altérées dont le profil chimique reste stable au cours du temps, de manière à s'assurer d'une constance des effets pharmacologiques recherchés.

CHAPITRE V : RAISONS DU CHOIX DE L'ETUDE DES PLANTES AROMATIQUES

**DEUXIEME PARTIE : PLANTES AROMATIQUES DU
BURKINA FASO**

V-1- Début des travaux.

Le programme de recherche sur les plantes médicinales et toxiques du Burkina Faso (1974) a été poursuivi et développé dans différents projets . C'est ainsi que les travaux suivants ont été réalisés : BELEMTOUGRI et coll.^[18], GANABA et coll.^[68], NACRO M. et MILLOGO-RASOLODIMBY J.^[131], NACOULMA- OUEDRAOGO O. G.^[132], pour ne citer que ceux là.

On peut distinguer deux grands types de sujets quand on aborde l'étude chimique des plantes , ce sont :

- **les métabolites primaires** : huiles alimentaires ou industrielles (plantes oléagineuses), polysaccharides extraits de racines ou tubercules comestibles ;

- **les métabolites secondaires** que l'on peut subdiviser en deux catégories :

- **les substances non volatiles** : Alcaloïdes, Anthocyanes, Flavonoïdes, Tannins ou Saponinés, connus pour leur activité pharmacologique ou leurs propriétés pigmentaires ;

- **les substances volatiles** : terpènes et composés aromatiques, qui constituent les huiles essentielles utilisées en parfumerie, aromathérapie, pharmacopée traditionnelle, pharmacie ou comme arômes alimentaires.

V-2- Screening phytochimique.

Cette étude commence toujours par des essais chimiques préliminaires sur la plante. C'est ainsi que nous avons cherché à identifier les principaux groupes de principes actifs et séparer les groupes naturels. Alors, un certain nombre de plantes ont été examinées sur le plan chimique pour détecter la présence d'Anthocyanes, Alcaloïdes, Flavonoïdes, Coumarines, Quinones, Tannins, Stéroïdes/Terpénoïdes Saponosides etc. Le tableau 5 représente un échantillon de plantes ayant fait l'objet de cet examen.

Tableau 5 : Echantillon de plantes ayant fait l'objet de screening chimique.

Nom de la plante	Famille
<i>Combretum glutinosum</i>	Combretaceae
<i>Combretum micranthum</i>	Combretaceae
<i>Combretum paniculatum</i>	Combretaceae
<i>Gniera senegalensis</i>	Combretaceae
<i>Daniellia oliveri</i>	Caesalpiniaceae
<i>Balanites aegyptiaca</i>	Zogohyllaceae
<i>Securidaca longepedunculata</i>	Polygalaceae
<i>Lawsonia inermis</i>	Lythraceae
<i>Sapium grahamii</i>	Euphorbiaceae
<i>Psidium guajava</i>	Myrtaceae
<i>Lippia chevalieri</i>	Verbenaceae
<i>Sclerocarya birrea</i>	Anacardiaceae
<i>Diospyros mespiliformis</i>	Ebenaceae
<i>Lantana camara</i> *	Verbenaceae

Toutes ces plantes sont employées en pharmacopée traditionnelle africaine^[94]. Par exemple, *Sclerocarya birrea* (A. Rich.) Hochst est classé au deuxième rang des drogues antivenimeuses, après *Securidaca longepedunculata*. En association avec *Securidaca longepedunculata*, il entre dans des compositions où on rencontre *Balanites aegyptiaca*, *Acacia macrostachya* et *Momordica charantia*.

Diospyros mespiliformis Hochst. ex A. DC. est considéré comme un excellent médicament. En usage interne, il entre dans les compositions employées pour soigner les maladies graves: pneumonies, états pyrétiques infectieux, syphilis. En usage externe, il est utilisé pour traiter les céphalées, les douleurs articulaires, les dermatoses^[94].

Les feuilles de *Lantana camara* sont employées en boissons théiformes à cause des propriétés béchiques de cette plante^[94].

Le screening chimique effectué récemment (1999), dans le cadre d'un programme pluridisciplinaire sur les plantes suivantes : *Sclerocarya birrea*, *Diospyros mespiliformis* et *Lantana camara*, a donné les résultats rassemblés dans les tableaux : (6, 7 et 8).

Tableau 6 : Criblage chimique de *Sclerocarya birrea*

Famille chimique	Extrait aqueux	Extrait éthanolique	Extrait Chloroformique
Anthocyanes		Présence	Absence
Alcaloïdes		Absence	Présence
Flavonoïdes		Présence	Absence
Coumarines		Absence	Absence
Quinones		Absence	Absence
Tannins	Présence	Présence	Absence
Stéroïdes/Terpénoïdes		Absence	Présence
Saponosides	Présence	Absence	Non déterminé

Tableau 7 : Criblage chimique de *Diospiros mespiliformis*

Famille chimique	Extrait aqueux	Extrait éthanolique	Extrait dichlorométhanolique
Anthocyanes	Absence	Absence	Non déterminé
Alcaloïdes		Absence	Absence
Flavonoïdes	Présence	Présence	Absence
Coumarines		Absence	Non déterminé
Quinones		Absence	Non déterminé
Tannins	Présence	Présence	Absence
Stéroïdes/Terpénoïdes		Présence	Présence
Saponosides	Présence	Présence (faible)	Non déterminé

Tableau 8 : Criblage chimique de *Lantana camara**

Famille chimique	Extrait aqueux	Extrait éthanolique	Extrait dichlorométhanolique
Anthocyanes	Absence	Absence	Non déterminé
Alcaloïdes		Absence	Absence
Flavonoïdes	Absence	Absence	Absence
Coumarines		Absence	Absence
Quinones		Absence	Absence
Tannins	Absence	Absence	Absence
Stéroïdes/Terpénoïdes		Présence	Présence
Saponosides	Présence	Présence (faible)	Absence

*Cette plante renferme beaucoup de chlorophylle masquant ainsi certaines réactions d'identification de familles chimiques

Les échantillons des trois plantes soumises aux criblages, sont constitués de feuilles séchées à l'abri du soleil. Les plantes pulvérisées sont successivement extraites avec du chloroforme (ou du dichlorométhane selon le cas), puis à l'éthanol et enfin à l'eau. Pour chaque extraction, 200 millilitres de solvant ont été utilisés.

A l'issu du screening réalisé sur les premières plantes, deux plantes avaient particulièrement retenu notre attention. Ce sont : *Balanites aegyptiaca* et *Sapium grahamii*. Sur le plan chimique, les écorces de *Balanites aegyptiaca* sont très riches en saponosides et renferment également stéroïdes-terpenoïdes et quinones^[68]

Sapium grahamii contient quinones, tannins, flavonoïdes et stéroïdes-terpénoïdes. Cette plante nous a paru intéressante à cause de son utilisation dans plusieurs médications en pharmacopée traditionnelle. En effet, le décocté de la plante entière est employée en bains, pour traiter les affections cutanées et les dermatoses. Elle est prescrite dans le traitement de la lèpre, de l'ascite et d'une façon générale dans toutes les affections où l'emploi d'un purgatif extrêmement violent paraît indiqué etc^[132].

La séparation des principaux groupes de principes actifs, a été effectuée ensuite par épuisement successif et sélectif de la drogue, avec des solvants de polarité croissante. La poudre est extraite tout d'abord avec le chloroforme ou le dichlorométhane ; le résidu desséché est traité à l'éthanol à 95°, puis enfin à l'eau. Les différents extraits sont concentrés à environ 50 millilitres. L'extrait éthanolique a été fait à chaud et les deux autres à la température ambiante par simple agitation pendant trente minutes.

Nous avons appliqué cette méthode simple pour extraire les principes actifs de *Sapium grahamii* en vue d'une éventuelle étude approfondie dans le cadre pluridisciplinaire dont nous avons parlé ci-dessus.

La poudre (feuilles) de *Sapium grahamii* est dégraissée par du chloroforme. Après 8 heures d'agitation, le mélange est filtré sur papier filtre. Le résidu (la poudre dégraissée et séchée) est extraite par de l'éthanol à 95°. Après filtration, évaporation du solvant à l'évaporateur rotatif, le produit obtenu est lyophilisé. On recueille un composé solide avec un rendement de 12 %.

L'extrait alcoolique des feuilles de *Sapium grahamii* administré par voie intraveineuse, a un effet stimulateur bref sur le muscle cardiaque de lapin in situ rappelant celui des substances cardiotoniques^[18].

V-3- Raisons du choix de l'étude des plantes aromatiques.

Depuis un certain nombre d'années, le Laboratoire de Chimie Organique Appliquée de l'Université de Ouagadougou (Burkina Faso), s'intéresse à la chimie des substances naturelles d'origine végétale. Deux axes de recherche y sont menés actuellement : les composés anthocyaniques et les huiles essentielles des végétaux. Parmi les principaux travaux déjà réalisés par les membres de l'équipe et / ou partenaires, on peut citer : BELLANGER A et coll.^[17], KOUDA - BONAFOS M.^[31], COMPTES RENDUS DE TRAVAUX ^[5], DJIBO A.K.^[60], NACRO M. et MILLOGO -RASOLOUDIMBY J.^[31], PALE E.^[142], SEREME A.^[163], etc.

Nous avons choisi de travailler sur les plantes aromatiques, objet du présent mémoire, pour les principales raisons suivantes :

- l'extraction par hydrodistillation d'une huile essentielle d'une plante aromatique est une opération facile ne nécessitant pas de matériel coûteux ;

- la détermination des caractéristiques physico-chimiques des essences peut être faite dans des laboratoires pourvus d'un équipement modeste ;

- l'analyse détaillée, par Chromatographie en Phase Gazeuse (CPG) puis par couplage Chromatographie en Phase Gazeuse /Spectrométrie de Masse (CPG/SM) peut être menée dans des laboratoires équipés d'un tel appareillage ;

- Il existe un intérêt considérable des aromaticiens pour de nouvelles sources d'aromatisants naturels pour aliments et boissons ;

- la production " industrielle " d'une huile essentielle intéressante peut suivre rapidement l'étude préalable expérimentale. Les techniques d'extraction sont faciles. La mise en place d'une petite unité de développement peut suivre assez rapidement, une fois l'étude expérimentale terminée ;

- la transformation par hémisynthèse de constituants naturels isolés d'huiles essentielles, peut se faire aisément.

Tableau 9 : Liste de quelques plantes aromatiques repérées et identifiées au Burkina Faso.

Familles	Espèces
Annonaceae	<i>Annona senegalensis</i> <i>Hexalobus monopetalus</i>
Asteraceae (Composeae)	<u>Blumea aurita</u> <i>Bidens pilosa</i> <i>Chrysanthellium americanum</i> <i>Ambrosia maritima</i> <i>Microtrichia perrotetii</i> <i>Spheranthus senegalensis</i>
Burseraceae	<u>Boswellia dalzielii</u> <i>Commiphora africana</i> <i>Dacryodes klaineana</i> <i>Canarium schweinfurthii</i>
Caesalpinaceae	<u>Daniellia oliveri</u>
Lamiaceae (Labiatae)	<i>Hoslundia opposita</i> <i>Hyptis lanceolata</i> <u>Hyptis spicigera</u> <u>Hyptis suaveolens</u> <i>Leucas martinicensis</i> <u>Mentha piperita</u> <i>Ocimum americanum</i> <u>Ocimum basilicum</u> <i>Orthosiphon rubicundus</i>
Myrtaceae	<u>Eucalyptus alba</u> <u>Eucalyptus apodophylla</u> <u>Eucalyptus camaldulensis</u> <u>Eucalyptus citriodora</u> <u>Eucalyptus crebra</u> <u>Eucalyptus torelliana</u>
Poaceae	<i>Cymbopogon citratus</i> <i>Cymbopogon giganteus</i> <i>Cymbopogon proximus</i> <u>Elionurus elegans</u> <i>Vetiveria nigriflora</i>
Verbenaceae	<u>Lantana camara</u> <i>Lantana rhodescensis</i> <u>Lippia chevalieri</u> <u>Lippia multiflora</u> <u>Lippia rugosa</u> <u>Lippia savoryi</u>

Légende: Les espèces étudiées au laboratoire ont été représentées en gras ;

seules les espèces soulignées seront présentées dans ce travail, les autres faisant l'objet d'autres études .

Nous avons vu précédemment que les huiles essentielles sont extraites par diverses techniques ; la plus simple et la plus courante étant l'hydrodistillation. C'est cette méthode que nous avons utilisée pour l'obtention de nos essences.

L'essor de la technologie au cours de ces dernières décennies, a permis un progrès dans l'appréhension de certains domaines qui, jusque là, restaient inaccessibles. Ainsi, dans le domaine de la phytochimie, l'utilisation de la chromatographie en phase gazeuse avec colonnes capillaires, par son pouvoir de séparation, facilite l'analyse qualitative et quantitative des huiles essentielles et permet de ce fait une meilleure connaissance des constituants de ces mélanges souvent complexes.

Le matériel végétal aromatique est récolté, séché à l'abri du soleil.

Tout progrès technologique nécessite une réadaptation au niveau de l'utilisation du nouvel équipement scientifique. C'est pourquoi, nous avons mis à profit les deux premiers voyages d'études et de recherche en France à Montpellier, pour effectuer des stages d'initiation, aux méthodes modernes d'extraction et d'analyse des huiles essentielles.

Par la suite, nos huiles essentielles ont été extraites par hydrodistillation, avec un CLEVENGER, au Laboratoire de Chimie Organique Appliquée à l'Université de Ouagadougou. D'autres voyages d'études et de recherche, nous ont permis d'assister à des rencontres et procéder aux analyses et à l'identification des constituants de nos huiles essentielles, au Laboratoire de Chimie Organique Physique à l'Université de Montpellier II, en partenariat avec Madame et Monsieur les Professeurs Chantal MENUT et Jean Marie BESSIERE.

Au laboratoire de Chimie Organique Physique de l'Université de Montpellier II, l'analyse de nos échantillons a été faite sur des chromatographes DELSI (Série 330) et SHIMADZU (GC-14A), équipés de colonnes capillaires de polarités différentes (les détails sont donnés dans la partie expérimentale). Les constituants des essences sont identifiés par leurs indices de rétention et par couplage Chromatographie en Phase Gazeuse /Spectrométrie de Masse (CPG/SM).

Nous présentons, dans la deuxième partie de notre travail, les compositions chimiques d'huiles essentielles de quelques plantes aromatiques soudaniennes du Burkina Faso, après une brève description botanique des différentes espèces et leurs usages en pharmacopées traditionnelles. Nous donnons également les résultats du screening d'huiles essentielles pour leurs activités antioxydantes et antiradicalaires.

**CHAPITRE VI : ETUDE DE L'HUILE ESSENTIELLE
DE *BLUMEA AURITA*
(ASTERACEAE)**

VI-1- Généralités sur les Asteraceae^[94].

VI-1-1- Description botanique.

C'est la famille la plus importante par le nombre des genres et des espèces et par sa répartition dans toutes les régions climatiques du monde^[94]. Elles comprennent des herbes, des arbustes grimpants, rarement de petits arbres. Les Asteraceae sont facilement reconnaissables, à leurs inflorescences en capitules entourés par une ou plusieurs séries de bractées. Les anthères sont soudées en tube, les filets étant libres. D'après KERHARO^[94], les Asteraceae sont représentées au Sénégal par plus de cinquante genres répartis dans les trois régions climatiques : sahélienne (*Achyrocline*, *Pulicaria*, *Centaurea*), soudanaise (*Aedesia*, *Blainvillea*, *Dicoma*, *Laggera*), guinéenne (*Ageratum*, *Mikania*, *Eleutheranthera*). Toujours d'après KERHARO, certaines espèces introduites d'Amérique sont des mauvaises herbes envahissantes : *Acanthospermum*, *Tridax* ; quelques autres stationnent dans les marécages : *Eclipta*, *Enhydra*, *Ethulia*, *Spargonophorus*^[94].

VI-1-2- Usages^[94].

Les propriétés thérapeutiques sont variées : pectorales, vermifuges, amères, stimulantes, diurétiques, sudorifiques, parfois fébrifuges et astringentes.

VI-1-3 Huiles essentielles des Asteraceae^[94]

Etant donné l'importance numérique des représentants de cette famille et de leur aire de dispersion considérable sur toute la surface du globe, il n'est guère possible de les ranger dans une classe phytochimique. Toutefois certains groupes de composants prédominent : inuline (dans les organes souterrains et les feuilles), essences (dans les glandes externes : Tanaisie, Absinthe, Camomille), principes amers et hétérosidiques (absinthine, arnicine, lactucine, taraxacine, cnicine, vernonine), principes insecticides et vermifuges (pyréthrine, santonine) alcaloïdes (rares, mais d'une importance considérable chez les Senecio : alcaloïdes des Senecio), résines, caoutchoucs, etc.

VI-2- *Blumea aurita* (L.) DC. (synonyme : *Laggera aurita*)^[94].

Synonyme : *Laggera aurita* (L.f) Benth ex C.B. Clark.^[132]

Noms locaux : Mooré Kater tabré ; Bambara boylé buti^[132].

VI-2-1- Description botanique^[19]

Plante herbacée généralement bisannuelle haute de 30 centimètres à 1 mètre. Feuilles alternes pennatilobées, sessiles. Limbe long de 10 à 15 centimètres, large de 3 à 7 centimètres dans le tiers supérieur, assez profondément lobé vers la base, la partie supérieure, plus large, étant

fortement dentée. Une ou 2 oreilles sur la tige, à la base de la feuille, l'oreillette supérieure faisant suite aux côtés du limbe. Nervure médiane facilement rougeâtre. 5 à 10 nervures latérales, suivant la grandeur de la feuille. Quand la plante est bien en fleurs, les feuilles supérieures sont petites, ne dépassant guère 3 à 5 centimètres de long et 1 à 2 centimètres de large. Pubescence douce et dense des deux côtés, plante non glanduleuse. Fleurs en capitules petits, larges de 7 à 8 millimètres à la base, sommet en coin blanc rosé, ne s'ouvrant pas, ou à peine. Akènes courts surmontés d'une aigrette de soies blanches pas plus longues que les bractées de l'involucre (plante en fructification).

Cette plante est très répandue partout au Sénégal et au Burkina Faso, mais semble se plaire surtout dans les décombres. D'après BERHAUT J. ¹¹⁹⁾, son aire géographique serait : le Sénégal, le Mali, la Guinée, la Mauritanie, la Gambie, la Sierra Leone, le Ghana, le Togo, le Bénin, le Nigéria, le Tchad.

VI-2-2- Usages.

D'après BERHAUT J. ¹¹⁹⁾ et KERHARO ¹²⁴⁾, les feuilles pilées sont appliquées en emplâtre à demeure, sur les plaies et les ulcères chroniques. On les utilise aussi pour guérir les coupures et on en fait des lavements contre la constipation et la dysenterie.

VI-2-3- Travaux antérieurs.

Selon NACOUлма ¹¹³²⁾, les fleurs et les sommités fleuries de *Blumea aurita* sont les parties utilisées pour leur huile essentielle. A notre connaissance, très peu d'études ont été menées sur les huiles essentielles de cette plante.

VI-2-4- Extraction et analyse des huiles essentielles.

Blumea aurita est une plante qui pousse à l'état sauvage dans un milieu sec, sur gravier, ou sur du sable au Burkina Faso.

Deux échantillons A et B, de la plante sauvage, récoltés respectivement en septembre 1993 et décembre 1996, dans la même localité à Ouagadougou ont donné des rendements très différents : 0,02 % pour l'échantillon A et 0,3 % pour l'échantillon B. Il est à signaler que l'échantillon A a été récolté en début de la croissance tandis que la récolte de B est intervenue en période de floraison de la plante.

Deux autres échantillons récoltés, pendant la période de floraison en décembre 1999 toujours à Ouagadougou, ont donné les rendements suivants : échantillon C (plante fraîche) 0,08 %, échantillon D (plante séchée) 0,3 %. Ces deux échantillons n'ont pas été analysés.

VI-2-5- Résultats et Discussion.

Les résultats de l'analyse des deux échantillons A et B sont donnés dans le tableau 10.

Tableau 10 : Composition Chimique de l'huile essentielle de *Blumea aurita* du Burkina Faso

Composés	Pourcentages (%)		Indices de rétention
	Echantillon A	Echantillon B	
Monoterpènes	13,5	33,5	
α -Thujène	-	0,1	924
α - Pinène	<0,1	0,7	931
Sabinène	-	0,3	966
β - Pinène	-	0,1	970
Myrcène	-	0,2	981
α - Phellandrène	-	0,2	994
α - Terpinène	<0,1	2,8	1006
para- Cymène	1,3	1,8	1009
1,8- Cinéole	<0,1	0,7	1019
γ - Terpinène	0,6	5,1	1048
Oxyde de linalyle	-	0,7	1053
Terpinolène	-	1,1	1077
Linalol	1,0	3,3	1082
cis- para- Menth-2-èn-ol	0,3	0,1	1098
trans- para- Menth-2-èn-ol	0,2	0,4	1116
Terpinèn-4-ol	6,8	12,8	1161
α - Terpinéol	0,6	0,9	1171
cis- Carvéol	-	0,1	1178
trans- Carvéol	-	0,2	1188
Acétate de néryle	2,7	1,9	1339
Sesquiterpènes	72,1	46,4	
α - Copaène	-	0,1	1371
β - Bourbonène	-	0,2	1379
β - Caryophyllène	2,8	4,0	1413
α - Caryophyllène	0,4	-	1434
β - Copaène	-	0,1	1441
Aromadendrène	-	0,6	1447
cis- β - Farnésène	-	0,4	1454
α - Humulène	-	0,2	1459
Allo- aromadendrène	-	0,6	1466
Germacrène D	1,5	0,4	1472
α - Muurolène	1,8	1,4	1477
γ - Muurolène	-	1,1	1480

Tableau 10 : Composition Chimique de l'huile essentielle de *Blumea aurita* du Burkina Faso (suite).

Composés	Pourcentages (%)		Indices de rétention
	Echantillon A	Echantillon B	
β- Sélinène	-	1,5	1489
α- Sélinène	-	0,8	1493
Germacrène B	-	1,1	1501
γ- Cadinène	-	6,2	1510
δ- Cadinène	10,7	0,3	1520
α- Cadinène	-	0,4	1526
α- Calacorène	-	0,3	1535
β- Calacorène	-	0,8	1539
Germacrène D- 4-ol	4,5	0,3	1549
Spathulénoï	-	1,5	1561
oxyde de caryophyllène	0,8	0,5	1567
Globulol	-	0,3	1580
Lédol	-	1,1	1590
épi-Globulol	-	1,3	1590
Γ- Cadinol	5,0	1,8	1598
Γ- Muuroloï	10,1	10,2	1622
M = 222	2,5	-	-
α- Cadinol	28,7	8,9	1629
Total	82,3	79,9	

Nous avons identifié une vingtaine de composés dans l'échantillon A qui renferme une majorité de sesquiterpènes (72,1 %) ; l'échantillon B est plus complexe : une cinquantaine de composés identifiés, repartis entre mono (33,5 %) et sesquiterpènes (46,4 %).

Leurs constituants majoritaires diffèrent sensiblement puisque le premier est dominé par l'alpha-cadinol (28,7 %) tandis que le deuxième (obtenu en période de floraison) renferme majoritairement le terpinèn-4-ol (12,8 %). Les structures des principaux constituants identifiés sont représentées (Figure 27).

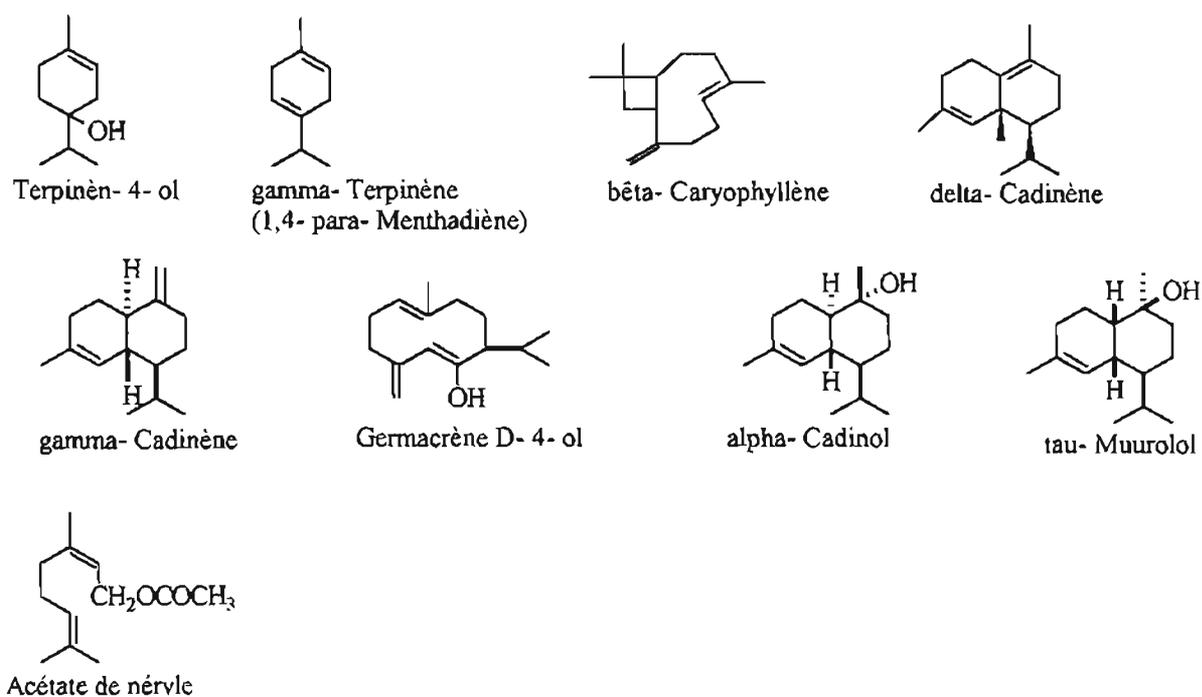


Figure 27 : Formules des constituants majoritaires de l'huile essentielle de *Blumea aurita*

On retrouve une certaine homogénéité dans les compositions chimiques dominées par les structures monoterpéniques cycliques de type para-menthane et les structures sesquiterpéniques de type cadinane (hydrocarbures et dérivés oxygénés).

On note néanmoins certaines structures "spécifiques" dans chaque échantillon : Germacrène D/ Germacrène- D-4-ol relativement abondant (4,5 %) dans l'échantillon A tandis que l'échantillon B se caractérise par une série de structures à squelette aromadendrane (aromadendrène, allo-aomadendrène) et dérivés oxygénés (globulol, épiglobulol, lédol, spathuléol). A priori, nous ne voyons pas l'utilité de l'huile essentielle de *Blumea aurita*, à moins que l'étude des propriétés antiradicalaires et antioxydantes ne nous permette de réviser notre jugement.

Une étude systématique des caractéristiques chimiques de la plante, à différents stades de son développement devrait permettre de préciser l'origine de la variabilité observée. Il serait peut être également intéressant de comparer les propriétés antiradicalaires et antioxydantes de différents extraits aux solvants (apolaire, moyennement polaire et polaire) de cette plante

**CHAPITRE VII : ETUDE DE L'HUILE
ESSENTIELLE DE *BOSWELLIA DALZIELII*
(BURSERACEAE)**

VII-1- Généralités sur les Burseraceae^[19, 94].

VII-1-1- Description botanique.

Cette famille comprend des arbres ou arbustes à feuilles généralement imparipennées, parfois trifoliées, et alternes. Les plantes secrètent ordinairement une résine odorante^[19].

Selon KERHARO, la famille est tropicale et ne possède que deux genres au Sénégal, l'un sahélien : *Commiphora*, l'autre guinéen avec de rares spécimens en Casamance : *Canarium*^[94]

VII-1-2- Usages.

Toujours selon KERHARO, les Burseraceae sont caractérisées au point de vue anatomique et chimique par la présence de canaux sécréteurs à oligo-gommo-résines odorantes fournissant encens ou oliban, myrrhe, opopanax, élémi employés en pharmacie pour leurs propriétés balsamiques^[94 (91)].

VII-2- Boswellia dalzielii Hutch.

Noms locaux : Mooré Gondregneogo, Kondregneogo (singulier) Gondregneosé^[132].

VII-2-1- Description botanique^[19 p.127].

Arbre moyen haut de 10 à 15 mètres, à feuilles imparipennées alternes ; les feuilles sont généralement groupées au sommet des rameaux. Rachis des feuilles long de 15 à 40 centimètres portant 8 à 12 paires de folioles glabres ordinairement bien opposées. Folioles elliptiques lancéolées étroites, longues de 4 à 8 centimètres, larges de 10 à 25 millimètres, sessiles, ou subsessiles, base arrondie et dissymétrique, sommet atténué en longue pointe aiguë. Bords dentés en dents de scie. Huit à dix nervures latérales fines ; nervure médiane saillante dessus.

Pétiole long de 3 à 10 centimètres avant la première paire de folioles ; rachis parfois pubescent.

Inflorescence de racèmes spiciformes longs de 10 à 25 centimètres, fasciculés par 10 à 15, ou davantage, au sommet des rameaux défeuillés. Fleurs blanches larges de 12 à 15 millimètres, à 5 pétales oblongs. Pédicelles longs de 10 à 25 millimètres.

Fruit : capsules trigones obcunéiformes, longues de 20 millimètres, à base atténuée en coin. La déhiscence commence par la base.

Selon BERHAUT J. l'aire géographique de *Boswellia dalzielii* serait : le Sénégal, la Côte d'Ivoire, le Nigéria, le Cameroun la République Centrafricaine, le Niger.

VII-2-2- Usages^[19 p.128]

Cette plante possède plusieurs propriétés ; d'où ses utilisations diverses :

- la résine, parfumée, peut être utilisée comme encens. On s'en sert aussi pour désinfecter

les habitats par fumigation. C'est un ingrédient utilisé en médecine ;

- seule, ou avec d'autres drogues, la résine est employée comme stomachique et contre les maladies vénériennes ;

- mélangée avec d'autres résines, ou seule, on l'utilise en fumigations pour parfumer les habitats, et aussi pour chasser des appartements les mouches et moustiques ;

- l'écorce, en quantité suffisante, est mise à bouillir pour constituer un bain contre la fièvre et les rhumatismes. Cette décoction peut aussi être donnée en boisson dans les troubles gastro-intestinaux ;

- l'écorce fraîche mangée amènerait, au bout d'un certain temps, des vomissements qui soulageraient le patient en cas de vertiges et de palpitations ;

- la décoction des racines, avec celles de *Hibiscus sabdariffa*, absorbée en assez grande quantité, serait un bon remède contre la syphilis ;

- la racine et l'écorce sont réputées comme antidote du poison de flèche : on fait une décoction de la racine avec celle de *Daniellia oliveri* et on la donne à boire à la personne qui a été blessée par la flèche. Ce serait efficace, et sans causer de diarrhée ;

- la plante sert quelquefois pour le traitement des plaies. Elle entre aussi dans un traitement complexe de la lèpre.

VII-2-3- Travaux antérieurs.

A notre connaissance les extraits volatils de *Boswellia dalzielli* n'ont fait l'objet d'aucune étude chimique préalable. L'huile essentielle de *Commiphora africana* (appartenant à la même famille) du Bénin a fait l'objet d'une étude chimique par AYEDOUN M. A. et coll.^[10].

VII-2-4- Extraction et analyse de l'huile essentielle.

Notre échantillon est constitué des feuilles et des rameaux. Nous l'avons récolté le 10/08/1996 à Gaongho (Burkina Faso). Les deux organes ont été ensuite séparés. L'extraction des huiles essentielles par hydrodistillation a donné les rendements suivants : feuilles 0,05 % et rameaux 0,4 %. Les résultats de nos analyses par chromatographie en phase gazeuse et couplage CPG/SM en ce qui concerne les feuilles sont rassemblés dans le tableau 11.

Tableau 11 : Composition chimique de l'huile essentielle de *Boswellia dalzielii* du Burkina Faso (feuilles).

	Composés	Indice de rétention (OV101)	Pourcentage (%)
	Monoterpènes		67,8
1	α - Thujène	922	0,1
2	α - Pinène	932	30,8
3	Camphène	943	0,5
4	2,6- Diméthyl-oct- 1- ène	965	0,3
5	Sabinène	969	0,9
6	Myrcène	981	9,7
7	α - Phellandrène	995	11,3
8	para- Cymène	1010	5,3
9	β - Phellandrène	1019	2,6
10	Limonène	1019	1,7
11	cis- β - Ocimène	1024	0,2
12	trans- β - Ocimène	1036	0,3
13	γ -Terpinène	1048	0,1
14	Terpinolène	1071	0,1
15	Linalol	1083	1,4
16	Campholénal	1096	0,1
17	Thujanol- 3	1100	0,1
18	Thujanol- 1	1121	0,4
19	Thujanol- 2	1127	0,3
20	Pinocarvone	1136	0,1
21	Bornéol	1145	0,3
22	Cryptone	1148	0,2
23	Terpinèn- 4- ol	1160	0,8
24	para- Cymèn- 8- ol	1167	0,1
25	Pipériténone	1224	0,1
	Sesquiterpènes		6,5
26	α - Cubébène	1344	0,7
27	α - Copaène	1371	0,7
28	β - Bourbonène	1379	0,1
29	β - Cubébène	1382	0,2
30	β - Caryophyllène	1413	1,6
31	Allo-aromadendrène	1447	0,1
32	Germacrène D	1472	1,3
33	α - Muurolène	1487	0,1
34	δ - Cadinène	1510	0,6
35	Spathulénol	1567	0,7
36	Germacrène- D- 4- ol	1574	0,1
37	Oxyde de caryophyllène	1580	0,1
38	Γ - Muurolol	1621	0,1
39	α - Cadinol	1634	0,1
	Total		74,3

VII-2-5- Résultats et Discussions.

L'huile essentielle de *Boswellia dalzielii* est dominée par les monoterpènes hydrogénés (63,9 %), leurs dérivés oxygénés étant beaucoup moins abondants (3,9 %) et les sesquiterpènes étant également minoritaires (6,5 %).

Les structures des principaux constituants identifiés sont représentées ci- dessous (Figure 12).

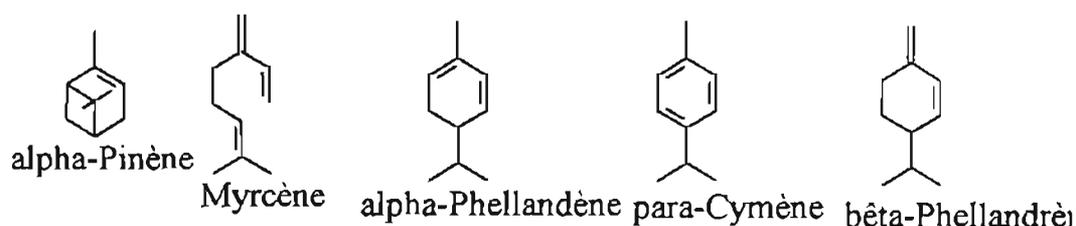


Figure 28 : Formules des constituants majoritaires de l'huile essentielle de *Boswellia dalzielii*

Trois composés seulement caractérisés par des structures différentes, représentent plus de la moitié du mélange : l' α -pinène (30,8 %), l' α -phellandène (11,3 %) et le myrcène (9,7 %).

AYEDOUN M.A. et coll.^[10] ont obtenu l'huile essentielle extraite des feuilles de *Commiphora africana* du Bénin avec un rendement de 0,22 % (moitié du notre). L'analyse de cette huile leur a permis d'identifier des composés sesquiterpéniques majoritaires à plus de 90 % : α -oxobisabolène (61,6 %), γ -bisabolène (10,0 %), (Z)- β -farnésène (4,7 %), α -bisabolène (4,0 %), ar-curcumène (3,5 %) et β -bisabolène (3,1 %). Les composés monoterpéniques ne représentent que 0,4 % du mélange. Comme on le voit, les deux essences ont des compositions chimiques totalement différentes. Il serait peut être intéressant d'étudier l'espèce *Commiphora africana* du Burkina Faso en vue d'une comparaison avec l'échantillon du Bénin. Nous tirerons à partir de cette étude une conclusion plus logique.

De part sa composition, l'huile essentielle ne semble pas présenter d'intérêt particulier pour une exploitation éventuelle. Seule la mise en évidence d'une activité biologique pourrait nous amener à réviser ce jugement.

**CHAPITRE VIII : ETUDE DE L'HUILE ESSENTIELLE
DE *DANIELLA OLIVERI* (CAESALPINIACEAE)**

VIII-1- Généralités sur les Caesalpinaceae ^[94, 118].

VIII-1-1-Description botanique ^[94].

Cette famille est très importante quant au nombre de genres, près de 80 et quant au rôle joué par de nombreux grands arbres appartenant à la famille dans la forêt dense humide ^[118].

Selon KERHARO ^[94 p.256], c'est une importante famille tropicale et subtropicale représentée au Sénégal par une vingtaine de genres des domaines sahélien, soudanien et guinéen. Seuls les genres *Bauhinia* et *Cassia* comprennent des espèces sahéliennes. Sont généralement soudaniens les *Cassia*, *Cordyla*, *Daniellia*, *Swartzia*, *Tamarindus*, tandis que sont généralement guinéens les *Detarium*, *Dialium*, *Guibourtia*. Cette distinction n'est pas toujours nettement marquée et, pour certains genres, des espèces différentes appartiennent aux deux régions, comme par exemple les *Daniellia*, les *Cassia*, les *Detarium*.

Toujours selon KERHARO, ce sont des arbres à fleurs presque régulières ; la zygomorphie est marquée par une corolle asymétrique à préfloraison carcérale ascendante, le pétale supérieur interne étant recouvert par les deux pétales latéraux. Le calice souvent très réduit est remplacé par une paire de bractéoles opposées qui enveloppe la fleur dans le bouton. Les étamines sont en nombre défini, généralement dix avec des variations en moins. Le fruit est toujours une gousse ou légume.

VIII-1-2- Usages.

KERHARO ^[94 p.256], indique :

- le caractère nettement particulier de cette famille au point de vue principes actifs est de fournir avec les Sénéés purgatifs (genre *Cassia*) des drogues à anthracénosides et avec l'*Erythrophleum* des alcaloïdes cardiotoxiques ;

- mais on y trouve aussi des drogues à tannins (*Burkea*), à copal (*Guibourtia*), à résines (*Daniellia*, *Caesalpinia*), à flavonoïdes (*Cassia*, *Afzelia*), à saponosides (*Swartzia*), à pulpes laxatives (Tamarinier), etc.

VIII-2- *Daniellia oliveri* (Rolfe) Hutch. et Dalz. ^[94]

Noms locaux : Français Santan ; Mooré Aoga ^[132] ; Bambara Sanâ, Sana ^[94].

VIII-2-1- Description botanique

Daniellia oliveri appartient à la famille des Caesalpinaceae. La plante, très commune dans les savanes soudaniennes, est un arbre considéré comme magique au Burkina Faso où l'espèce est en voie de disparition, à cause de sa coupe abusive car tous les organes (feuilles, écorces, résine, bois) de la plante sont utilisés.

VIII-2-2- Usages.

La résine est surtout employée comme encens.

VIII-2-3- Travaux antérieurs.

TALALAJ ^[179] a distillé et étudié les propriétés physiques et les résultats des analyses chimiques de l'huile essentielle obtenue à partir de la gomme . Quelques années auparavant, un composé non volatil, l'acide daniellique avait été isolé et décrit ^[180-127]. A notre connaissance, l'huile essentielle des écorces de tronc de *Daniellia oliveri*, objet de notre étude, a été étudiée par notre équipe. Les résultats de ce travail ont été comparés avec ceux de la même espèce récoltée au Bénin et publiés (C. MENUT et coll. ^[118]).

VIII-2-4- Extraction et Analyse des huiles essentielles.

Notre échantillon a été récolté en Août 1991 à Boromo (Burkina Faso). L'huile essentielle a été obtenue par hydrodistillation des écorces du tronc pendant 8 heures, avec un CLEVANGER. Le rendement moyen (trois extractions successives), est 0,4 %. Les résultats des analyses sont rassemblés dans le tableau 12.

Tableau 12 : Composition chimique de l'huile essentielle de *Daniellia oliveri* du Burkina Faso et du Bénin ⁽¹¹⁸⁾.

Composés	Indice de rétention (OV101)	Pourcentage (%)	
		Burkina	Bénin
Sesquiterpènes			
Hydrocarbonés		95,2	77,3
α - Cubébène	1353	1,0	1,9
α - Ylangène	1374	0,7	1,8
α - Copaène	1382	6,0	12,0
β - Elémène	1391	1,3	5,6
Cypérène	1407	1,0	3,2
β - Caryophyllène	1424	3,5	3,8
β - Gurjunène	1432	0,8	1,5
α - Humulène	1456	2,2	1,5
Allo- aromadendrène	1464	2,6	4,6
γ - Muurolène	1479	9,5	4,2
Germacrène D	1486	29,5	4,5
Valencène	1490	1,5	0,3
Bicyclogermacrène	1500	2,3	2,1
α - Muurolène	1506	0,4	0,2
γ - Cadinène	1509	2,6	0,7
δ - Cadinène	1523	29,8	25,5
α - Calacorène	1535	0,3	1,5
β - Calacorène	1552	0,2	2,4
Sesquiterpènes oxygénés		2,5	14,9
Germacrène D- 4- ol	1571	1,3	1,9
Cubénol	1605	0,1	8,1
Γ - Muurolol	1626	0,6	1,0
α - Cadinol	1640	0,3	2,3
Oxyde de calacorène	1643	0,2	1,6
Total		97,7	92,2

VIII-2-5- Résultats et Discussion.

Les rendements ainsi que la composition chimique des échantillons récoltés respectivement au Burkina Faso et au Bénin sont similaires. Les rendements sont respectivement 0,4 % et 0,5 % pour les échantillons du Burkina Faso et du Bénin. Les échantillons sont essentiellement constitués d'hydrocarbures sesquiterpéniques : 95,2 % (échantillon du Burkina) et 77,3 % (échantillon du Bénin). Elles sont caractérisées par le même constituant majoritaire, le delta-cadinène (25,5 % pour l'échantillon du Bénin et 29,8 % pour l'échantillon du Burkina). La différence entre les deux échantillons réside dans les pourcentages relatifs des constituants secondaires. Notre échantillon (Burkina) est riche en germacrène D (29,5 %), tandis que celui du Bénin est riche en alpha- copaène (12,0 %) et en cubénol (8,1 %).

Les composés majoritaires sont représentés (Figure 29).

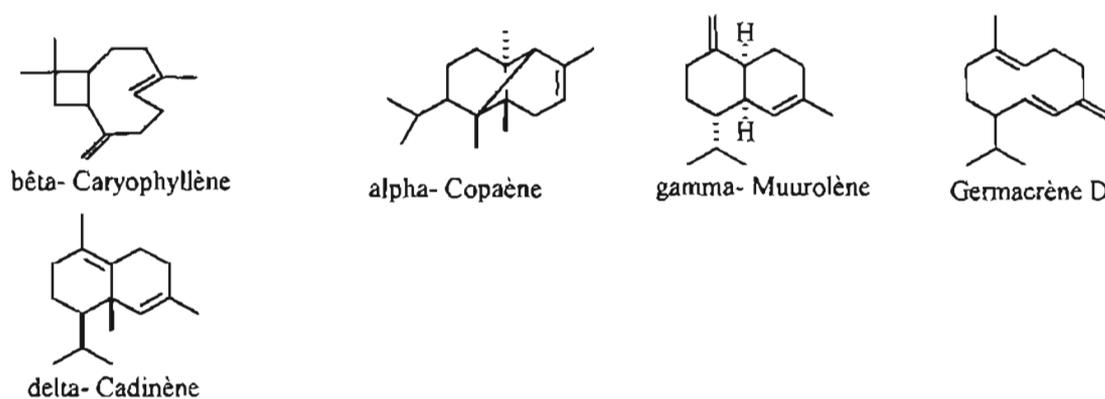


Figure 29 : Formules des constituants majoritaires de l'huile essentielle de *Daniellia oliveri*

On retrouve donc une grande diversité de structures, cependant l'huile essentielle dominée par les structures hydrocarbonées, ne semblent pas être susceptible de déboucher sur des applications intéressantes à moins d'une valorisation par transformation chimique.

**CHAPITRE IX : ETUDE DES HUILES ESSENTIELLES
DE *MENTHA PIPERITA* ET *D'OCIMUM BASILICUM*
(LAMIACEAE)**

IX-1-Généralités sur les Lamiaceae.

IX-1-1-Description botanique.

Les Lamiaceae constituent une importante famille cosmopolite dans le règne végétal. Elle comporte environ 252 genres représentés par 6700 espèces^[105] répandues approximativement dans toutes les parties du monde, mais avec une grande concentration dans la région méditerranéenne et en Asie centrale^[79]. Ce sont souvent des herbes ou des arbustes, rarement des arbres. Elles ont des poils, renferment des essences, souvent des terpénoïdes, parfois des iridoïdes et des alcaloïdes.

Les jeunes tiges sont quadrangulaires avec du collenchyme. Le bois a des vaisseaux à perforations simples, les rayons ligneux sont larges jusqu'à 12 cellules.

Les feuilles sont presque toujours opposées ou, plus exceptionnellement verticillées ; elles sont en général dépourvues de stipules simples ou rarement composées pennées.

Les fleurs sont zygomorphes, axillaires solitaires ou axillaires verticillées, en racème ou en panicules, ou forment des inflorescences globuleuses caractéristiques réparties le long des tiges ou situées en extrémité des rameaux ; des bractées garnissent parfois densément les inflorescences compactes. Le calice persistant a cinq sépales régulier ; la corolle est gamopétale ; l'androcée à 2 ou 4 étamines insérées dans le tube de la corolle ; l'ovaire supère est en apparence formé de 4 lobes, avec un ovule dressé dans chacun d'eux, le style terminé par un stigmate à 2 branches, se dressant au milieu de ces quatre lobes^[101].

Le fruit, toujours entouré par le calice persistant et accru, est composé de quatre petits akènes libres ou soudées par deux ; les graines possèdent ordinairement un petit embryon rectiligne enfermé dans un albumen peu abondant.

IX-1-2- Usages.

Les Lamiaceae ont des usages multiples et multiformes. On retrouve parmi elles des plantes utilisées en médecine traditionnelle (*Ocimum gratissimum*, *Hyptis suaveolens*, etc.), dans l'alimentation comme aromate (*Ocimum basilicum*, *Thymus vulgaris*, etc.) et comme légumes (*Plectranthus glandulosus*), des plantes à parfum (lavandes) et des plantes ornementales telles que les sauges d'Amérique tropicale à fleurs généralement rouges^[137].

IX-1-3- Huiles essentielles des Lamiaceae.

Les Lamiaceae à huiles essentielles sont des plantes odoriférantes dotées de poils glanduleux riches en essence dont les constituants sont variés :

alcool terpénique (le menthol dans *Mentha piperita*), aldéhyde terpénique (le citral dans *Melissa officinalis*), cétone (le camphre dans *Salvia officinalis*), dérivés du phénol (le thymol et

le carvacrol dans *Origanum vulgare*), ester (l'acétate de linalyle dans la lavande vraie), éther (le méthylchavicol dans *Ocimum basilicum*), etc.

Nombre de ces essences ont des propriétés antiseptiques, stimulantes, carminatives, antispasmodiques, analgésiques, etc., qui les font employer en médecine populaire et dans de multiples spécialités pharmaceutiques ; à titre d'exemples :

- le menthol constituant majoritaire de l'huile essentielle de menthe poivrée est utilisé en pharmacie dans la formulation de crèmes antiprurigineuses et de préparations destinées à "décongestionner" les voies aériennes supérieures en cas de rhinite^[40] ;

- l'huile essentielle de sarriette, comme celle des thyms, est riche en thymol ou en carvacrol. Elle est fortement antiseptique, ce qui conduit certains prescripteurs à l'utiliser pour le traitement des maladies infectieuses respiratoires et urinaires^[40] ;

- l'essence de lavande officinale est efficace sur les ulcères, les plaies et la teigne^[115]. Elle est aussi employée contre les douleurs musculaires, la goutte, les rhumatismes et la sciatique^[93].

Les huiles essentielles de Lamiaceae sont également utilisées dans le secteur de la parfumerie et de la cosmétique ; à titre d'exemples :

- la concrète de sauge sclarée renferme du sclaréol, diterpène qui constitue une matière première pour l'industrie des parfums et l'hémisynthèse d'autres dérivés diterpéniques^[175] ;

- certaines espèces du genre *Pogostemon* donnent l'huile essentielle de patchouli, très prisée en parfumerie dans le sud-est asiatique ;

- les huiles essentielles des lavandes sont très appréciées en parfumerie et en cosmétologie.

Dans l'industrie agro-alimentaire, le menthol est un aromatisant très utilisé en confiserie, liquoristerie, boissons non alcoolisées, etc.

IX-2- *Mentha piperita* Huds. L. (menthe poivrée).

IX-2-1- Description botanique^[175].

La menthe poivrée est une plante aromatique. Plante vivace d'une très grande vigueur se propageant par stolon, la menthe poivrée est caractérisée par des tiges quadrangulaires le plus souvent violacées, par des feuilles simples opposées-décussées, ovales-aiguës, dentées et par des inflorescences de fleurs faiblement bilabiées de couleur pourpre groupées en épis très serrés.

Différentes variétés sont mises en culture : menthe Mitcham (forme *rubescens* de la variété *officinalis*), menthe blanche, (forme *palescens* de la même variété) et, plus rarement, menthe de Hongrie (forme *rubescens* de la variété *sylvestris*). La récolte mécanisée a lieu au début de la période de floraison.

La diagnose de la drogue est aisée : odeur caractéristique, limbe (3-9 x 1-3 cm.) acuminé.

denté, asymétrique à la base, nervures latérales orientées à 45° et, comme la principale, proéminentes à la face inférieure. Examinée au microscope, la plante montre des poils sécréteurs à pied unicellulaire et à tête constituée d'une seule cellule ou de huit cellules rayonnantes formant une tête renflée ovale sous la cuticule de laquelle s'accumule l'huile essentielle.

IX-2-2- Usages.

Les récoltes de la plante sont vendues sur les marchés au Burkina Faso ; les feuilles servent dans les boissons alimentaires à base de céréales. Selon BRUNETON^[40], la pharmacologie de la drogue n'a guère été explorée. De celle de l'huile essentielle, on retiendra qu'elle lève la contraction du sphincter d'Oddi induite par la morphine et qu'elle est, tout comme le menthol, spasmolytique in vitro (iléon de Cobaye). Une grande partie des substances volatiles étant perdue au cours de l'infusion, l'activité chez l'Homme de cette "boisson d'agrément" est peut être due en partie aux substances phénoliques. L'intérêt de l'huile essentielle en cas de "côlon irritable" n'est pas clairement établi.

La drogue, dénuée de toxicité, est traditionnellement utilisée dans le traitement symptomatique de troubles digestifs tels que : ballonnement épigastrique, lenteur à la digestion, éructations, flatulence. Elle est également traditionnellement utilisée :

- comme traitement adjuvant de la composante douloureuse des colites spasmodiques ;
- pour faciliter les fonctions d'élimination rénales et digestives ;
- dans les troubles fonctionnels digestifs attribués à une origine hépatique ;
- dans diverses indications locales (hygiène buccale, antalgique de l'oropharynx,

adoucissant et antiprurigineux des affections dermatologiques...).

IX-2-3- Travaux antérieurs.

Selon BRUNETON^[40], l'huile essentielle de menthe (*Mentha piperita* L.), représente de 1 à 3 % de la masse de la drogue sèche. Sa composition varie en fonction de facteurs multiples, intrinsèques et extrinsèques : conditions culturales, variations climatiques, époque de récolte.. Selon cet auteur, le constituant majoritaire est toujours le (-)-menthol (30- 40 %), parfois plus de 50 %. Il est accompagné de (-)-menthone (15- 25 % dans le cas de la menthe Mitcham, moitié moins dans le cas de la menthe blanche), d'acétate de (-)-menthyle, de (-)-menthofurane (parfois inexistant, il peut représenter jusqu'à 10 % de l'huile essentielle), de (+)-isomenthone, de (+)-pulégone, de (+)-néomenthol, de (-)-pipéritone, de carbures... La (+)-pulégone, présente dans les jeunes feuilles, disparaît rapidement. La diminution de la teneur en (-)-menthone et l'augmentation de celle en (-)-menthol observées au cours du cycle évolutif correspondent à une réduction de la cétone en (-)-menthol et en (+)-néomenthol. Ce dernier est converti en un glucoside hydrosoluble

transporté dans les racines.

Les huiles essentielles du genre *Mentha* font l'objet de nombreuses études à travers le monde ; en particulier, les travaux de SHIMIZU S.^[169], de LAWRENCE B.M.^[98] et de KOKKINI S.^[95] donnent des détails importants sur la composition chimique de diverses espèces et hybrides provenant de plusieurs origines géographiques. Des travaux récents effectués sur *Mentha piperita* L., on peut citer notamment ceux de CHALCHAT J.C. et coll.^[46] et de ASHOK KUMAR SHAHI et coll.^[65].

Les principaux constituants de la menthe poivrée sont très prisés : la menthone et le menthol sont d'un grand intérêt économique.

Le prix de vente de la menthone naturelle (lévogyre) est de 150000 francs CFA le kilogramme pour une pureté énantiomérique de 95 %. Elle est produite industriellement par oxydation chromique du menthol, mais perd à ce moment là, le label "naturel".

Le menthol naturel (lévogyre) a un prix de vente de 30000 francs CFA le kilogramme. L'énantiomère dextrogyre, vaut 150000 francs CFA le kilogramme. Au regard de ces différents prix de vente, la production d'huile essentielle de menthe pourrait peut être bénéfique pour l'économie burkinabé.

IX-2-4- Extraction et analyse des huiles essentielles.

Notre échantillon a été récolté en juillet 1994 ; l'extraction de l'huile essentielle, par hydrodistillation des feuilles séchées a donné un rendement intéressant (1,9 %). L'analyse par chromatographie en phase gazeuse et le couplage CPG/SM a donné la composition suivante (tableau 13).

Tableau 13 : Composition chimique de l'huile essentielle de *Mentha piperita* Huds. L. du Burkina Faso.

Composés	Indices de rétention (OV101)	Pourcentages (%)
α - Pinène	934	0,9
Sabinène	969	0,7
β - Pinène	973	1,5
Myrcène	984	1,2
β - Terpinène	1011	0,1
α - Terpinène	1014	0,2
1,8- cinéole	1025	17,5
γ - Terpinène	1052	0,3
Hydrate de sabinène	1059	0,6
Linalol	1088	0,2
Campholénal	1111	0,1
Menthone	1139	16,6
Menthofurane	1147	2,2
Iso-menthone	1152	4,8
Néo-menthol	1156	2,8
Menthol	1166	26,3
Iso-menthol	1174	0,1
Terpinèn- 4- ol	1178	0,3
α - Terpinéol	1183	0,3
Cuminaldéhyde	1204	0,2
Pulégone	1222	17,3
Pipéritone	1233	0,1
Acétate de menthyle	1280	2,8
Acétate de néo- menthyle	1295	0,1
β - Bourbonène	1385	0,2
β - Cubébène	1390	0,1
β - Caryophyllène	1419	0,8
Germacrène D	1478	0,5
β - Sélénène	1492	0,1
Total		98,9

IX-2-5- Résultats et Discussion.

La figure 30 donne la filiation biogénétique des principaux monoterpènes de la menthe poivrée ^[40].

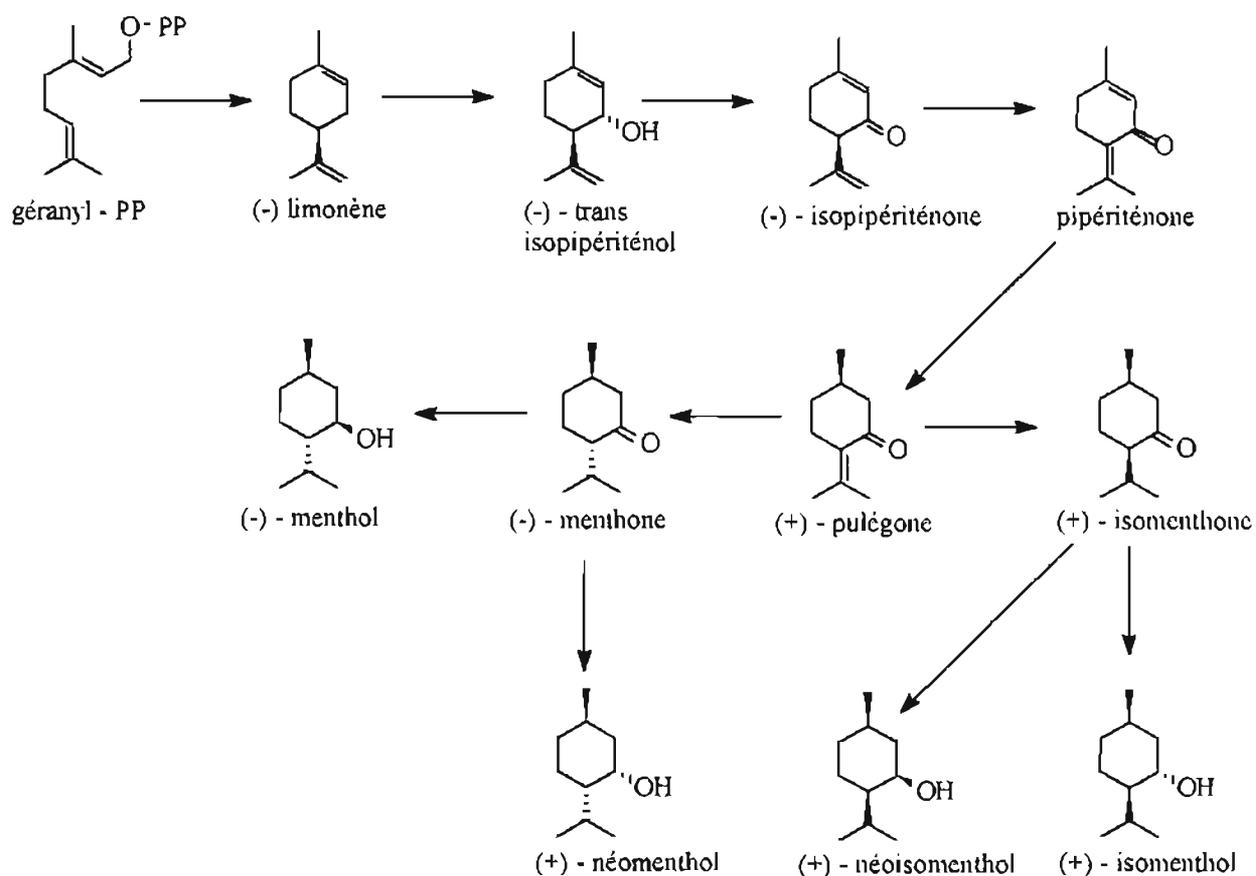


Figure 30 : Filiation biogénétique des principaux monoterpènes de la menthe poivrée (source : ^[40] I)

D'après ce qui vient d'être décrit ci-dessus, notre échantillon est classique. 29 constituants ont été identifiés représentant 98,9 % de la composition de l'essence. Le constituant majoritaire est le menthol (26,3 %), viennent ensuite dans l'ordre décroissant: 1,8-cinéole (17,5 %), pulégone (17,3 %?), menthone 16,6 %, isomenthone (4,8 %), néomenthol (2,8 %) et acétate de menthyle (2,8 %). Cependant, le taux de pulégone paraît élevé par rapport aux données de la littérature.

L'huile essentielle de menthe poivrée, France, Italie, Royaume-Uni et Etats-Unis est obtenue par distillation à la vapeur d'eau des sommités de *Mentha piperita* Linnaeus var. *piperita*, poussant en France, en Italie, au Royaume-Unis et aux Etats-Unis (Normes françaises T 75-210).

Les caractéristiques organoleptiques de cette essence sont : liquide mobile, limpide ; couleur presque incolore à jaune verdâtre pâle ; odeur caractéristique de l'origine considérée.

Les caractéristiques physiques et chimiques de l'huile sont rassemblés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 13bis : Caractéristiques physiques et chimiques de *Mentha piperita* de diverses origines [NF T 75-210]

Spécifications		Origines			
		France	Italie	Royaume- Uni	Etats-Unis
Densité	minimum	0,901	0,900	0,900	0,903
	maximum	0,916	0,910	0,913	0,912
Indice de réfraction à 20 °C	minimum	1,4600	1,4620	1,4600	1,4600
	maximum	1,4670	1,4640	1,4650	1,4640
Pouvoir rotatoire à 20 °C		compris entre - 29 ° et -10 °	compris entre - 23 ° et - 16 °	compris entre - 30 ° et - 20 °	compris entre - 28 ° et -17 °
Micibilité à l'éthanol		Il ne doit pas être nécessaire d'utiliser plus de: / 5 volumes / 3,5 volumes / 4 volumes / 5 volumes d'éthanol à 70 %(V/V), à 20 °C, pour obtenir une solution limpide avec 1 volume d'huile essentielle. Une opalescence peut être observée.			
Indice d'ester	minimum	14	14	11	14
	maximum	19	34	26	19
Indice d'ester après acétylation	minimum	135	135	165	157
	maximum	200	174	226	193
Indice de carbonyle	minimum	54	68	54	68
	maximum	108	108	115	115

Les menthols (para menthan-3-ol) et notamment le (-)-menthol est utilisé pour ses propriétés rafraîchissantes dans les cigarettes, dans les produits cosmétiques, les chewing-gums, les dentifrices et les médicaments. Les principaux constituants identifiés dans notre échantillon se rattachent au squelette du para menthane. La figure 31 illustre ces principaux constituants.

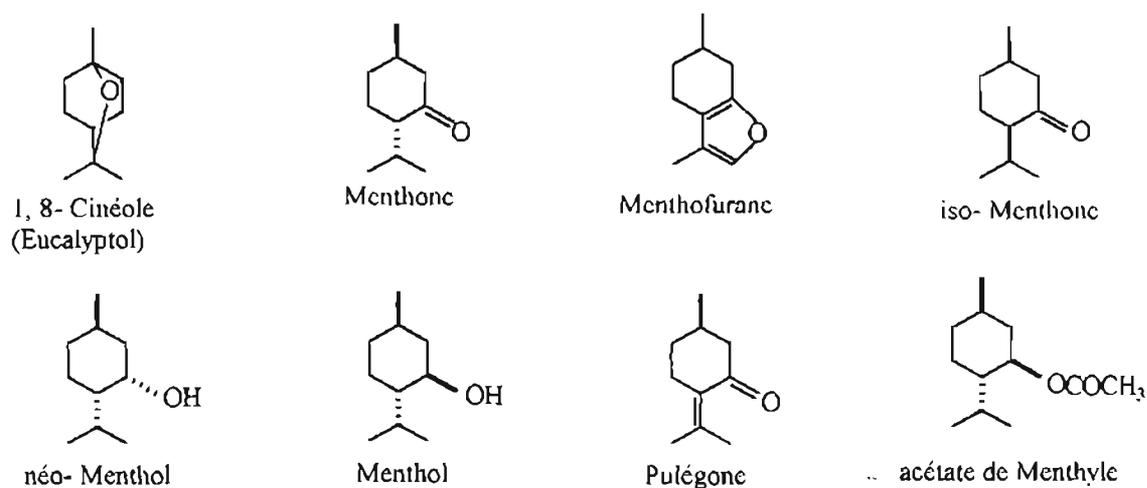


Figure 31 : Formules des constituants majoritaires de l'huile essentielle de *Mentha piperita*

Une étude des caractéristiques physiques et chimiques de l'huile essentielle de *Mentha piperita* devrait nous permettre de la comparer avec les normes admises. Alors une valorisation par production de cette essence pourrait intervenir.

IX-3- *Ocimum basilicum* L.

Noms locaux : Français grand basilic, herbe royale, oranger des savetiers, petit basilic, basilic aux sauces, basilic romain ; Mooré Yuin-gnuuga ^[132].

IX-3-1- Description botanique ^[132],

Plante herbacée à tige très rameuse portant des feuilles vertes émeraude, ovales légèrement effilées et dentelées et des petites fleurs blanches ou blanc-rose ou rouge-carmin disposées en longues grappes ou épis faisant place à de petites graines noires.

IX-3-2- Usages.

Selon BRUNETON ^[40], bien qu'essentiellement connue comme épice (herbe aux sauces, pistou...) et comme source d'huile essentielle, cette plante originaire d'Asie, cultivée dans la région méditerranéenne et dans les îles de l'Océan indien, n'en est pas moins réinscrite à la Pharmacopée française depuis janvier 1989 (feuille séchée contenant au minimum 0,25 % d'huile essentielle).

La feuille peut revendiquer des indications “digestives” identiques à celles de la menthe poivrée.

D'autres *Ocimum* sont utilisés en parfumerie :

Au Sénégal comme au Cameroun, la plante entière est utilisée en infusion pour ses propriétés stimulantes, antispasmodiques, stomachiques et carminatives ^[136, 150]

En Amérique du Sud, son jus est réputé comme vermifuge ^[71].

En Tunisie, elle est utilisée comme aphrodisiaque et entre également dans le traitement des maux de tête et de la stérilité chez la femme ^[33].

Au Burkina Faso, selon NACOULMA-OUEDRAOGO O.G. ^[132], en usage interne, les sommités fleuries, les feuilles (suc, 5-15 grammes par litre infusé) : Somnolence après repas, insomnie, épilepsie, infections intestinales, dyspepsie, gastralgie entérique, vomissements, constipation (sans lésion intestinale), flatulence, ballonnement, catarrhes gastriques chroniques, douleurs de la région gastrique, maladies des voies respiratoires supérieures (toux, coqueluche, inflammations des voies urinaires, vomissements de la grossesse, retard de croissance de l'enfant, dyspepsies nerveuses, crampes d'estomac (spasmes), catarrhes génito-urinaires, fièvres, dysenterie, parasites intestinaux (ténia), convulsions, crampes, manque d'appétit, anémie nerveuse, surmenage intellectuel, facilite le travail pendant l'accouchement, angoisses, anxiété, coliques intestinales, nervosité, migraines, oligoménorrhées, dysménorrhées, aménorrhée, dyspepsies d'origine gastrique ou hépato-vésiculaire, migraines digestives, vertiges, agalacties albuminurie, orchite, troubles nerveux, drépanocytose.

Anti-infectieux, stimulant, digestif, antispasmodique, calmant, sédatif, dépuratif, diminution de l'activité cérébro-spinale précédé de stimulation de l'organisme, antiseptique intestinal, reconstituant de l'état général, tonique, carminatif, stomachique, diurétique, vermifuge (ténia), béchique, émollient, galactagogue, emménagogue, tonique nerveux et des cortico-surrénales, tranquillisant, eupeptique, analeptique cardiaque et respiratoire, analgésique moyen, expectorant, antiseptique pulmonaire cordial, spasmolytique.

En usage externe le même auteur ^[132], parlant des graines poursuit : moucheron, corps étranger dans l'oeil, otite, conjonctivite, angine mammite, cancer de sein, crevasses du sein, gale sinusite aphtes, conjonctivite banale ou purulente, douleurs externes, verrues, rhinite chronique, piqûres d'insectes, coryza chronique, piqûre de scorpion, alopecie et chute des cheveux, rhumatismes, maux de dents, perte d'odorat.

Vulnéraire, antiseptique, cicatrisant, cytostatique, astringent, verrucide, antiputrecide, sternutatoire, antalgique, antihistamique, alexitère, rubéfiant, sédatif, fongicide.

IX-3-3- Travaux antérieurs.

Le genre appartient à la famille des Lamiaceae (Labiatae). *O. basilicum* tout comme *O. canum* sont deux espèces très répandues et les mieux étudiées. Selon BRUNETON^[40], l'huile essentielle du principal chimiotype d'*Ocimum basilicum* (La Réunion, Comores...) contient 65 à 80 % d'estragole accompagné de petites quantités de cinéole, de fenchol, de linalol, de méthyleugénol... D'autres chimiotypes sont caractérisés par leur richesse en linalol (Europe du sud) ou en méthyleugénol. A notre connaissance peu d'études chimiques ont été effectuées sur les essences de *O. americanum* qui pousse à l'état sauvage au Burkina ; cette espèce a fait l'objet d'une étude pour la première fois par DJIBO A.K.^[60]. D'après KERHARO^[94], la chimie et la pharmacologie du basilic sont bien connues.

Selon FRANCHOMME P.^[66], et SHEPPARD-HANGER S.^[166], les applications et indications en aromathérapie de *O. basilicum* sont nombreuses. Selon ces auteurs, leur classement suivant la variété et le chémotype permet de mieux appréhender leurs applications et par conséquent leurs emplois. Pour eux, les variétés les plus usitées correspondent à :

- *O. basilicum* L. var. "feuille de laitue" ; (Obfl) ; basilic européen (linalol \geq 50%, méthylchavicol \leq 47%)
- *O. basilicum* L. var. basilicum ; (Obb) (méthylchavicol \geq 89%)
- *O. basilicum* L. var. grand vert ; (Obgv) ; (méthylchavicol \geq 25%, méthyleugénol (55-60%).
- *O. basilicum* L. var. minimum ; (Obm) ; (méthylchavicol \geq 23%, méthyleugénol \geq 60%)

Selon ces auteurs elles sont utilisées dans la plupart des domaines ci-dessous, pour le traitement des :

- Affectations cutanées : pousse des cheveux, eczéma sec, herpès, piqûre d'insectes, acné, tonifiant cutané et rafraîchissant (Obfl, Obb).
- Troubles respiratoires : coqueluche, congestion nasale, asthme, bronchite (Obfl, Obb).
- Problèmes musculaires : douleurs et spasmes musculaires, arthrite rhumatoïde, rhumatismes (Obfl, Obb, Obgv, Obm).
- Maladies cardio-vasculaires : tonique cardiaque, stimule la circulation sanguine, décongestionne les veines et artères pulmonaires, traite le système coronarien, l'hypertension, les varices veineuses et l'artériosclérose (Obfl, Obb).
- Système immunitaire : lutte contre les refroidissements, la fièvre, les infections, les maladies virales (Obfl, Obb).
- Voies digestives : vomissement, spasmes gastriques, hoquet, ulcères, transit intestinal,

migraines hépatiques, stimule le système endocrinien enzymatique pancréatique (Obfl, Obb, Obgv, Obm).

- Système endocrinien : stimulateur du cortex (Obfl, Obb)?

- Voies génito-urinaires : draine les reins, traite la cystite (colibacille, les douleurs utérines, la congestion prostatique, les douleurs mammaires, peut aider à la conception (Obfl, Obb)

- Système nerveux : traite anxiété, hystérie, dépression nerveuse, fatigue, insomnie, tension nerveuse, perte de mémoire ; il est tonifiant et stimulant (Obfl, Obb).

Depuis des siècles les *Ocimum* sont ainsi utilisés par l'Homme. Autrefois, ils étaient dotés de pouvoirs surnaturels par de nombreux peuples qui les comparaient au serpent mythique portant le même nom. Ils n'avaient alors que peu d'intérêt ^[47].

De nos jours, leur importance grandit ; utilisés en phytothérapie dans toutes les régions du monde, ils trouvent utilisation comme anti-prédateur et antifongique ^[47].

Depuis de nombreux siècles, les vertus thérapeutiques des *Ocimum* connus par l'Homme correspondent à des traditions populaires, des croyances ou des observations qui n'avaient pas de bases scientifiques. Depuis quelques dizaines d'années, des tests sérieux "in vivo" ont été effectués^[47]. Ces études ont permis de mettre en évidence :

- Des propriétés anti-bactériennes et antivirales

Les huiles essentielles des *Ocimum* possèdent de remarquables propriétés antiseptiques qui varient en fonction de la composition ^[47, 133].

- Des propriétés anti-inflammatoires

Les *Ocimum* seraient utilisés depuis très longtemps contre les inflammations chroniques et aiguës. Dans de nombreuses cultures, on utilisait des cataplasmes de basilic pour calmer les piqûres, les irritations cutanées ou les coups de soleil. De nos jours, des pommades à base de feuilles de basilic sont utilisées pour ces problèmes de peau ^[47].

- Autres applications en médecine

Les *Ocimum* ont également des propriétés antispasmodiques et stomachiques^[47] et permettent la digestion. De plus, *Ocimum basilicum* aurait une activité anti-HIV-1 ^[47].

Les *Ocimum* sont utilisés pour de nombreux traitements et des études se poursuivent, en particulier au niveau des effets anticarcinogènes. Il est à noter que l'huile essentielle des *Ocimum* n'est pas toxique pour l'Homme ^[47].

Signalons que les *Ocimum* sont utilisés comme antifongiques et antiprédateurs ^[47].

Les *Ocimum* et plus particulièrement le basilic sont considérés comme les plantes aromatiques les plus fines. Selon leur origine la composition de l'huile essentielle varie

considérablement. Les essences d'*Ocimum* ont des caractères parfumant et aromatisant ; d'où leurs utilisations :

- dans l'industrie alimentaire
- en parfumeries.

Comme on le voit, *Ocimum* a des usages depuis les temps les plus reculés. *Ocimum basilicum* a fait l'objet de nombreux travaux. Pourquoi donc étudier cette espèce à laquelle plusieurs travaux ont été consacrés? A notre connaissance *Ocimum basilicum* du Burkina n'a pas encore fait l'objet d'une étude chimique. Nous voulions par cette étude, comparer nos résultats avec ceux de l'abondante littérature sur *Ocimum basilicum* de diverses origines d'une part, d'autre part comparer avec l'espèce *Ocimum americanum* du Burkina étudiée par A.K. DJIBO ^[60] et proposer éventuellement la valorisation de la plante (cultivée) par la production de son huile essentielle.

IX-3-4- Extraction et analyse des huiles essentielles.

Deux espèces d'*Ocimum* sont rencontrées couramment au Burkina Faso. Ce sont *O. americanum* et *O. basilicum*. L'extraction et l'étude de la composition chimique des essences d'*O. americanum* ^[60] et d'*O. basilicum* du Burkina Faso a permis de confirmer la grande variabilité des huiles essentielles d'*Ocimum*. En ce qui concerne, *Ocimum basilicum*, objet de notre étude, les résultats d'extraction sont rassemblés dans le tableau 14.

Tableau 14: Rendement en huiles essentielles d'*Ocimum basilicum* du Burkina Faso.

Echantillon	Type de sol	localité	Rendement (%)
<i>O. basilicum</i> (Feuilles)	gravillonnaire	Ouagadougou	0,3
<i>O. basilicum</i> (Feuilles + Fleurs)	gravillonnaire	Ouagadougou	1,3
<i>O. basilicum</i> (Feuilles + Fleurs)	alluvionnaire	Bobo- Dioulasso	2,5

Les deux échantillons de Ouagadougou se développaient sur un sol gravillonnaire enrichi en fumure organique. L'échantillon de la région de Bobo-Dioulasso a été récolté sur un sol alluvionnaire. Il faut signaler que Ouagadougou fait partie de la zone phytogéographique nord-soudanienne tandis que Bobo-Dioulasso se situe dans la zone phytogéographique sud-soudanienne plus humide que la première ^[77]. *O. americanum* pousse à l'état sauvage et *O. basilicum* est cultivé au Burkina Faso. Les deux échantillons *O. americanum* et *O. basilicum* (échantillons de Ouagadougou) ont été identifiés par A. PATON (1993) qui a gardé la synonymie entre *O. canum* et *O. americanum*. Seuls les deux échantillons de Ouagadougou ont été analysés. Celui de Bobo-Dioulasso a servi à comparer les rendements en huiles essentielles.

Tableau 15 : Composition Chimique des huiles essentielles de deux échantillons A et B d'*Ocimum basilicum* du Burkina Faso.

Composés	Pourcentages (%) <i>Ocimum basilicum</i>	
	Echantillon A (Feuilles)	Echantillon B (Feuilles + Fleurs)
Monoterpènes hydrocarbonés	1,9	6,4
Myrcène	0,1	-
Limonène	trace	-
β- Phellandrène	-	0,5
cis- β- Ocimène	trace	1,6
trans- β- Ocimène	1,0	3,4
γ- Terpinène	0,2	0,9
Terpinolène	0,6	-
Monoterpènes oxygénés	54,0	53,6
1,8- Cinéole	trace	-
cis para- Menth- 2- èn- 1- ol	0,2	-
Linalol	46,1	49,2
Terpinèn- 4- ol	5,2	4,4
α- Terpinéol	0,4	-
Acétate de n- octyle	0,2	-
Nérol	0,4	-
Néral	0,1	-
Géraniol	0,4	-
Géranial	0,4	-
Acétate de néryle	0,3	-
Acétate de géranyle	0,3	-
Composés aromatiques	16,3	31,6
para- Cymène	0,3	1,7
Eugénol	15,9	29,9
Méthyl- eugénol	0,1	-
Sesquiterpènes hydrocarbonés	15,1	5,7
β- Elémène	0,7	-
trans- α- Bergamotène	7,6	3,8
trans- β-Farnésène	0,5	-
α- Cadinène	0,5	-
Germacrène D	2,3	1,1
(E)- (E)- α - Farnésène	0,7	0,8
δ- Guaène	0,3	-
γ- Cadinène	1,8	-
β- Sesqui- phellandrène	0,7	-
Sesquiterpènes oxygénés	5,4	1,5
Nérolidol	0,2	-
Spathuléol	0,2	-
Cubéol	0,5	-
Γ- Cadinol	4,1	-
α- Eudesmol	-	1,5
β- Eudesmol	0,4	-
Total	92,7	98,8

Nous constatons que pour les mêmes organes, le rendement est de loin plus élevé pour l'échantillon de Bobo-Dioulasso (2,5 %) que celui de Ouagadougou (1,3 %), facteur probablement lié aux types de climat.

L'identification des constituants a été réalisée par CPG/SM après examen des données spectrales et des indices de rétention des composants élués. Nous présentons ci-après les résultats de notre étude sur l'espèce *O. basilicum* (échantillons A et B récoltés à Ouagadougou).

IX-3-5- Résultats et Discussion.

La composition chimique de l'huile essentielle de l'échantillon B relativement simple est dominée par les monoterpènes oxygénés (53,6 %) dont 49,2 % de linalol et caractérisée par une forte teneur en eugénol 29,9 % (composé aromatique). La figure 32 donne les structures des principaux constituants .

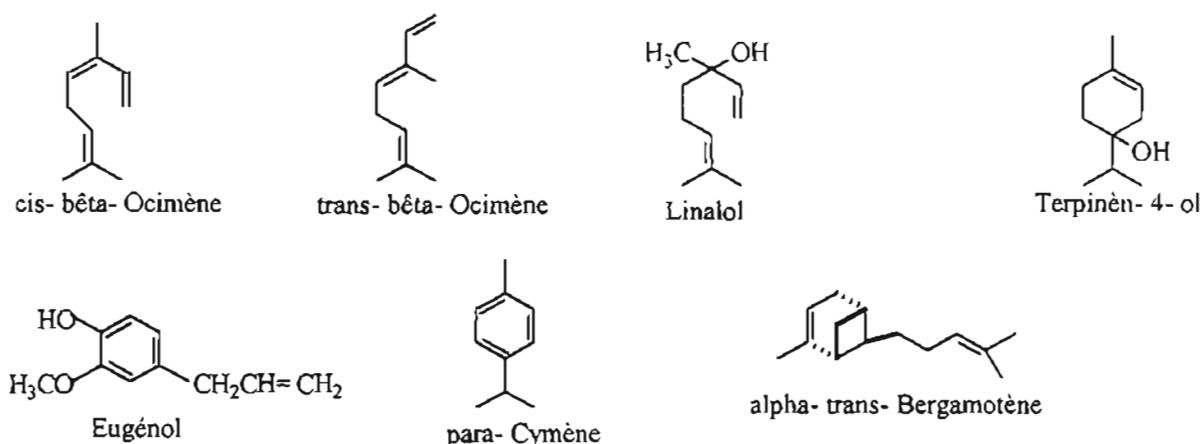


Figure 32 : Formules des constituants majoritaires de l'huile essentielle de *Ocimum basilicum*

L'échantillon A, caractérisé par les mêmes constituants majoritaires, se distingue néanmoins par une plus grande variété de constituants, repartis dans les mono et sesquiterpènes. La différence observée entre les deux échantillons est probablement due à l'état végétatif de la plante (période de floraison) qui pourrait également expliquer le rendement relativement élevé (1,3 % contre 0,3 %) à cette période. En effet, pour le même matériel végétal, présentant un même stade de développement, l'échantillon récolté à Ouagadougou sur sol gravillonnaire a un rendement plus faible (1,3 %) que celui récolté sur sol alluvionnaire de Bobo-Dioulasso (2,5 %).

Une étude systématique de l'influence de la période de récolte serait nécessaire pour vérifier cette hypothèse.

L'essence de *O. basilicum* du Burkina se distingue par sa richesse en linalol (46 à 49 %) et en eugénol (16 à 30 %) ; viennent ensuite l'alpha- trans- bergamotène (3,8 à 7,6 %), le terpinène-4-ol (4,4 à 5,8 %), tau-cadinol (4,1 %) et le germacrène D (1,1 à 2,3 %).

Les rendements en huiles essentielles, obtenues par hydrodistillation de *O. basilicum*, varient d'une phénophasse à une autre d'une part, et d'un type de sol à un autre d'autre part. La composition chimique se caractérise par le linalol et l'eugénol.

CHALCHAT J.C. ^[48] dans une étude concernant les variétés les plus courantes d'*Ocimum basilicum* L., de différentes provenances, les a classé en fonction de leurs compositions chimiques en trois catégories :

- à linalol
- à estragole
- compositions spécifiques

Pour ce qui nous concerne, notre variété est à linalol dominant.

La littérature ^[48] donne pour cette variété les valeurs suivantes :

1) linalol majoritaire :

- MAMOUTH (71 %)
- EGYPTE (78 %)
- FEUILLE DE LAITUE (57 et 74 %) avec 8 % d'eugénol et 6 % d'estragole ;

2) associé à l'estragole :

- ANISE (53 % linalol / 24 % eugénol et 42 / 43) ;
- TURQUIE 52 / 29 ;

3) associé à l'eugénol :

- SHANGHAI (64 % linalol / 13 % eugénol) ;
- DARK OPAL (63 / 13) ;
- METALLICA (50 / 13) ;
- CINNAMON (49 / 6 associé à 20 % de cinnamate d'éthyle) ;

4) associé au T-cadinol :

- OHRE (49 % linalol / 21 % T-cadinol) ;
- FIN VERT (60 / 15) ;
- FIN VERT COMPACT (74 / 6) ;
- FIN VERT NAIN (50 / 7) ;

- FIN VERT NAIN COMPACT (58 / 6) ;
- VIRIDE (64 / 8) ;

Les résultats des analyses confirment bien la grande variabilité qui existe dans la composition chimique des essences du genre *Ocimum* notée par KERHARO J. ¹⁹⁴¹.

Parmi les quatre chémotypes d'*Ocimum basilicum* dans le monde qui sont exploités : méthylchavicol (Réunion, Comores), linalol (France, Italie), cinnamate de méthyle (Turquie, Israël) et eugénol, nous pourrions classer l'échantillon du Burkina dans le chémotype à linalol associé à l'eugénol. Toutefois, l'analyse d'autres échantillons devrait permettre de confirmer ou d'infirmer cette affirmation.

Les valeurs des normes françaises concernant l'huile essentielle (obtenue par entraînement à la vapeur d'eau) de basilic (*Ocimum basilicum* Linnaeus), type linalol sont les suivantes : Liquide jaune pâle à jaune ambré ; odeur caractéristique épicée ; densité à 20 °C : minimum = 0,895, maximum = 0,920 ; indice de réfraction à 20 °C : minimum = 1,4750, maximum = 1,4950 ; pouvoir rotatoire à 20 °C compris entre - 2 ° et - 14 °.

Le profil chromatographique de l'huile essentielle essentielle figure dans le tableau ci-dessous

Profil chromatographique de l'huile essentielle de basilic, type linalol [NF T 75-244].

Constituants	Minimum (%)	Maximum (%)
1,8-Cinéole	2	8
trans- β -ocimène	0,2	2
Camphre	0,2	1,5
Linalol	45	62
Terpinèn-4-ol	traces	4
Méthylchavicol (extragole)	traces	30
Eugénol	2	15

Au vue du profil chromatographique, nous pouvons affirmer que l'espèce cultivée au Burkina peut être compétitive. Toutefois des analyses complémentaires sont indispensables dans la perspective d'une production pour la valorisation de l'huile essentielle qui renferme majoritairement le linalol et l'eugénol. L'exploitation pourrait permettre l'usage de ces produits (en parfumerie pour le linalol, comme antiseptique et dans l'aromatique pour l'eugénol).

X-1- Généralités sur les Myrtaceae.

X-1-1- Description botanique ⁽¹³⁷⁾.

Famille principalement tropicale, regroupant environ 129 genres et près de 4620 espèces, les Myrtaceae sont des arbres ou des arbustes de forêt dense humide, plus rarement de zones sèches.

Les vaisseaux du bois sont à perforations simples, rarement scalariformes. On trouve des canaux lysogènes dans le bois ; le liber est stratifié ; il y a du liber interne autour de la moelle.

Les feuilles sont généralement opposées, simples et entières, à limbe remarquablement garni de points translucides, ponctuées à cause des poches angulaires, rarement alternes, sans stipules (ou très petites).

Les fleurs sont en cymes ou en racèmes, rarement solitaires ; elles sont complètes, rarement unisexuées; nectarifères et pollinisées par les oiseaux. Le calice est plus ou moins tubuleux ou en coupe, 4 ou 5 sépales libres, à préfloraison ouverte ou imbriquée, ou plus ou moins concrescents ; la corolle est en général formée de 4 ou 5 pétales ronds; les étamines, en général nombreuses, sont insérées sur le bord du tube du calice et disposées en un ou plusieurs cercles ; l'ovaire est infère, à une ou plusieurs loges avec un ovule ou quelques ovules par loge.

Le fruit, surmonté par les sépales ou par le bord du calice est globuleux, charnu, souvent de teinte violette. C'est une baie à plusieurs graines qui renferment peu ou pas d'albumen.

X-1-2- Usages.

Les Myrtaceae fournissent des produits intéressants à usages divers dont quelques uns sont cités ci-dessous :

- certains Eucalyptus, notamment *l'Eucalyptus camaldulensis* et *l'Eucalyptus grandis* sont exploités pour leurs bois dont les écorces fibreuses intéressent l'industrie de pâte à papier ;
- les écorces *d'Eucalyptus occidentalis* et *Eucalyptus astringens* sont prisées pour leur richesse en tannins ;
- certaines espèces fournissent des fruits comestibles comme la goyave (*Psidium guayava*), le jaboticaba (*Myrciaria cauliflora*) ;
- on trouve, dans cette même famille certains épices comme les piments (*Pimenta officinalis*) ou les clous de girofle (*Eugenia caryophyllata*) et des plantes ornementales (*Eucalyptus robusta*, *Eugenia bracteata*, etc.) ⁽¹³⁷⁾.

X-1-3- Huiles essentielles des Myrtaceae ⁽¹³⁷⁾.

Les Myrtaceae sont d'une manière générale, des plantes aromatiques riches en essences provenant de poches sécrétrices schizogènes situées dans de nombreux organes. La composition

chimique de ces essences est très variée : alcools terpéniques (terpinèn-4-ol dans *Melaleuca dissiflora*), hydrocarbures terpéniques (alpha-pinène dans *Actinodium cunninghami*), dérivés du phénol (eugénol dans *Eugenia caryophyllata*), etc.

Selon leur composition chimique, les huiles essentielles de Myrtaceae ont des usages divers. On trouve parmi elles :

- des essences médicinales telle que le niaouli (*Melaleuca quinquenervia*) employée entre autres en friction contre les rhumatismes et les névralgies ;
- des huiles essentielles de parfumerie, dans lesquelles le citronellal (*Eucalyptus citriodora*) et l'acétate de géranyle (*Eucalyptus macarthurii*) sont recherchés comme composants majoritaires ;
- des essences industrielles, où l'alpha-phellandrène (*Eucalyptus dives*) ou la pipéritone (*Eucalyptus elata*) sont les principes dominants ;
- des huiles essentielles utilisées comme aromatisants (*Myrtus communis*).

X-2- Etude des huiles essentielles de six espèces du genre Eucalyptus appartenant à la famille des Myrtaceae.

X-2-1- Généralités sur différentes espèces d'Eucalyptus ⁽²⁹⁾.

Le genre Eucalyptus comporte plus de 700 espèces dont 150 espèces ont été introduites dans la zone soudano-sahélienne. Le genre Eucalyptus est d'origine australienne. Selon leur composition chimique et le constituant exploité, on peut regrouper ces huiles essentielles en huiles médicinales, huiles industrielles et huiles de parfumerie.

1°) Les premières huiles essentielles produites sont riches en 1,8 cinéole. Le principe actif et le principal constituant des huiles essentielles médicinales est le 1,8 cinéole. Pour qu'une huile essentielle soit médicinale, il faut que la teneur en 1,8 cinéole soit supérieure à 70 % ; elle ne doit pas contenir de phellandrène. Beaucoup d'huiles essentielles d'Eucalyptus renferment du 1,8 cinéole, mais peu d'entre elles présentent en même temps une composition à haute teneur en ce constituant avec des rendements élevés. Les huiles essentielles sont classées et évaluées selon leur teneur en 1,8- cinéole : 70-75 %, 80-85 % et 1,8 cinéole pur. On atteint rarement ces valeurs, si bien que, le mélange et la rectification sont devenus des pratiques courantes appliquées, pour ajuster les caractéristiques des huiles essentielles, en fonction des demandes du marché international.

2°) Les huiles essentielles industrielles renferment les constituants tels que la pipéritone et l'alpha- phellandrène. Les essences riches en phellandrène sont employées en parfumerie comme désinfectant et dans les savons liquides. La pipéritone extraite de *E. dives* est utilisée dans la production du menthol synthétique.

3°) Très peu d'espèces d'*Eucalyptus* sont exploitées pour la production d'huiles essentielles de parfumerie. Les espèces décrites productrices d'huiles essentielles employées en parfumerie sont: *E. citriodora*, *E. staigeriana* et *E. macarthurii*. Les substances parfumantes de ces huiles sont respectivement le citronellal, le citral et l'acétate de géranyle.

X-2-2- Etude structurale des constituants d'*Eucalyptus apodophylla* :

Apodophyllone et Isotorquatone deux composés isolés de l'huile essentielle d'*Eucalyptus apodophylla* du Burkina Faso.

X-2-2-1- Travaux antérieurs.

Eucalyptus apodophylla Blakely & Jacobs ex Blakely ⁽¹²⁰⁾, appartient à la famille des Myrtaceae. C'est un arbre pouvant atteindre 18 mètres et plus au Burkina Faso. L'espèce *E. apodophylla* a été introduite au Burkina Faso en 1963, avec d'autres espèces telles que *E. alba*, *E. camaldulensis*, *E. citriodora*, *E. crebra* et *E. torelliana*, pour le reboisement. Ces différentes espèces sont principalement exploitées pour la production de bois de chauffe ; les feuilles qui renferment une huile essentielle, constituent un déchet d'exploitation.

Le but de notre étude, est de déterminer le rendement et la composition chimique en vue d'une éventuelle valorisation par production d'huiles essentielles. C'est dans le cadre de cette étude, que nous avons étudié les compositions chimiques des huiles essentielles obtenues par hydrodistillation des feuilles de *E. alba*, *E. apodophylla*, *E. camaldulensis*, *E. citriodora*, *E. crebra* et *E. torelliana*. Dans le cas de l'huile essentielle de *E. apodophylla*, certains de ses constituants n'ont pu être directement identifiés par examen de leur spectrométrie de masse. Aussi, nous les avons isolés par les méthodes classiques de purification (CCM, CC), avant de procéder à une analyse approfondie de leurs structures par spectrométrie RMN du proton et du carbone 13.

Des échantillons d'huiles essentielles d'*Eucalyptus alba* et de *camaldulensis* ⁽¹⁶¹⁾ d'une part et d'*Eucalyptus camaldulensis* ⁽³²⁾ d'autre part, du Burkina Faso, ont fait l'objet d'analyses.

A notre connaissance, les seuls résultats relatifs à l'huile essentielle des feuilles de *E. apodophylla*, concernent un échantillon d'Australie ⁽²⁹⁾. Les auteurs mentionnent la présence de deux constituants majoritaires (alpha- pinène et limonène) dans l'huile essentielle des feuilles, avec des teneurs respectivement de 37,2 et 31,4 %. Nous présentons ici les résultats de l'analyse, de deux échantillons d'huile essentielle obtenue, par hydrodistillation des feuilles d'*E. apodophylla*, récoltées en août 1994 à Dindéresso (localité située à environ 15 kilomètres de Bobo Dioulasso), au Burkina Faso avec des rendements de 0,5 %.

Les compositions de ces huiles essentielles sont tout à fait différentes, de celle

précédemment décrite ; en outre, nous avons isolé et identifié deux nouveaux composés analogues de la torquatone, une cétone aromatique commune à des espèces d'*Eucalyptus* et la série correspondante de constituants en relation avec la jensenone ^[120]. Ces résultats intéressants ont été publiés et nous les présentons plus en détail ci-après.

Tableau 16 : Composition chimique de deux échantillons d'huile essentielle d'*Eucalyptus apodophylla* du Burkina Faso.

N°	Composés	Indice de rétention (OV101)	Pourcentage	
			Echantillon 1	Echantillon 2
1	α - Thujène	928	0,8	-
2	α - Pinène	936	3,5	7,7
3	β - Pinène	976	0,2	1,1
4	Myrcène	987	0,4	0,2
5	α - Phellandrène	1002	16,5	-
6	para-Cymène	1014	9,7	18,3
7	Limonène	1019	15,5	33,0
8	β - Phellandrène	1020	1,6	-
9	γ - Terpinène	1055	1,1	-
10	Terpinolène	1083	1,5	0,2
11	Cryptone	1156	0,2	-
12	Terpinéol- 4	1168	1,2	2,3
13	α - Terpinéol	1180	0,7	2,3
14	Carvone	1223	0,3	0,7
15	Pipéritone	1235	0,5	1,1
16	β - Caryophyllène	1420	0,2	-
17	Aromadendrène	1442	0,4	1,5
18	Allo- aromadendrène	1462	0,4	0,7
19	Germacrène D	1483	0,2	-
20	Bicyclogermacrène	1496	5,7	0,2
21	δ - Cadinène	1517	0,1	-
22	Spathulénol	1569	0,7	2,4
23	Globulol	1580	1,0	1,5
24	C ₁₅ H ₂₆ O	1587	0,7	1,1
25	γ - Eudesmol	1625	0,2	1,1
26	β - Eudesmol	1645	0,2	0,5
27	Apodophyllone*	1685	5,2	3,9
28	Composé C	1741	0,2	0,5
29	Isotorquatone*	1777	11,5	5,8
30	Torquatone*	1791	11,0	4,0
31	Composé D	1818	1,0	0,2
32	Jensenone	1839	4,0	0,8
Total			96,4	91,1

* isolés et étudiés par RMN ¹ H et ¹³ C

24 : M = 222 : m/e (intensité relative) : 107 (100), 163 (80), 43 (60), 59 (50), 81 (46), 91 (35), 149 (32), 109 (31), 69 (30).

X-2-2-2- Résultats et Discussion.

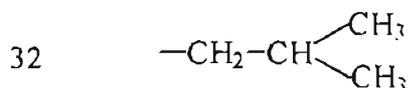
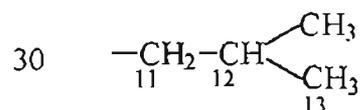
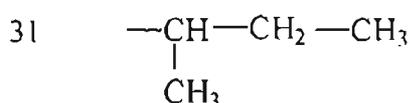
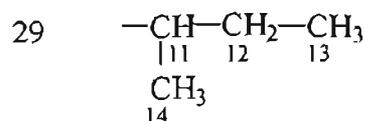
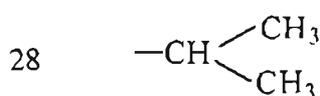
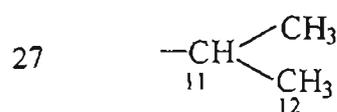
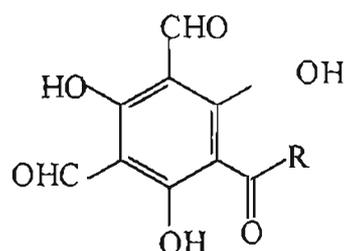
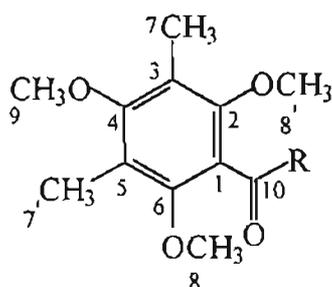
Parmi les 32 composés identifiés à plus de 0,1 % dans les extraits volatils des feuilles d'*Eucalyptus apodophylla*, 25 sont des terpénoïdes habituellement rencontrés dans les huiles essentielles. Les constituants ont été identifiés par chromatographie en phase gazeuse et par le couplage chromatographie en phase gazeuse spectrométrie de masse, hormis un sesquiterpène oxygéné (24 : C₁₅H₂₆O). Les résultats sont consignés dans le tableau 16 .

Parmi les constituants identifiés, ceux dont la structure est monocyclique prédominent ; ce sont surtout les hydrocarbures monoterpéniques (43- 51 %), comme le limonène (7), le paracymène (6) les plus abondants dans les deux échantillons et les phellandrènes (alpha et bêta, 5, 8) que l'on trouve uniquement dans l'échantillon 1. Parmi les sesquiterpènes, le bicyclogermacrène (20) prédomine dans le même échantillon (5,7 %). Ce composé commun aux huiles essentielles d'*Eucalyptus*, est le constituant le plus abondant (65,6 %) des feuilles d'*E. incerata* Brooker & Hopper^[61] .

Les deux échantillons renferment six constituants (27- 32) caractérisés par des indices de rétention sur colonne apolaire de type OV101, plus élevés que 1680. L'examen, des spectres de masse, a permis d'observer deux séries de structures apparentées : la torquatone 30 (2,4,6-triméthoxy-3,5-diméthyl-1-(3-méthylbutyroyl)-benzène)^[21] à la jensenone 32 (4,6-diformyl-2-isopentanoylphloroglucinol)^[37] ; ces deux composés représentent plus de 30 % de l'échantillon 1 contre seulement 15,2 % de l'échantillon 2. La molécule de jensenone a été identifiée pour la première fois, dans l'huile essentielle d'*E. jensenii*^[30] et la torquatone dans celle de *E. torquata*^[29]. La torquatone a été ensuite identifiée par C.M. BIGNELL et collaborateurs^[21, 22, 23, 24] dans plusieurs autres espèces d'*Eucalyptus* : *E. incrassata* Labill., (1,56 %), *E. angulosa* Schau. (1,37 %), *E. stricklandii* Maiden, (21,17 %), *E. caesia* Benth. susp. *caesia* (17,69 %), *E. caesia* Benth. subsp. *magna* Brooker and Hopper (28,93 %), *E. ravidata* L.A.S. Johnson and K.D. Hill (8,72 %), *E. campaspe* S. Moore (9,07), *E. staeri* (Maiden) Kessell & C. Gardner (6,7 %) etc. On remarque que certaines teneurs données par les auteurs sont nettement inférieures à celles de nos deux échantillons (4 et 11 %) et que d'autres sont supérieures (21,17 et 28,93 %).

La jensenone a également été décrite mais beaucoup moins que la torquatone. Ce constituant le plus abondant de cette série a donc été identifié comme étant la jensenone, comprenant un groupe isobutyle identique à celui de la torquatone.

Les spectres de masse des constituants 27 et 29 correspondent à ceux de deux composés décrits pour la première fois en 1996, dans quatre espèces d'*Eucalyptus*. Ces composés ont été appelés A et B par les auteurs ^[22]. Depuis, les mêmes constituants ont été identifiés dans d'autres espèces ^[23-24], mais en faible quantité.



Pour notre part, la teneur relativement élevée des constituants 27 et 29 présents dans nos échantillons, nous a amené à purifier l'échantillon 2 par chromatographie sur colonne de gel de silice, afin d'élucider les structures (que nous avons trouvé liées à celle de la torquatone), sur la base des spectres de résonance magnétique nucléaire du proton et du carbone 13. Les résultats sont présentés dans les tableaux (17a et 17b).

Tableau 17a : Spectres de Résonance Magnétique Nucléaire du proton (CDCl₃ : δ, ppm) des composés : apodophyllone (27), isotorquatone (29) et torquatone (30).

H	27	29	30
7, 7'	2,104 s	2,101 s	2,108
8, 8'	3,827 s	3,833 s	3,825
9	3,860 s	3,855 s	3,868
10			
11	2,965 d (6,95)	2,820 m	2,610 d (6,75)
12	1,018 d (6,95)		2,184 m
12'		1,732 ddq (13,65, 7,40, 6,80)	
12''		1,326 ddq (13,65, 7,42, 7,40)	
13		0,939 t (7,40)	0,911 d (6,63)
14		1,060 d (7,60)	

Tableau 17b : Spectres de Résonance Magnétique Nucléaire du carbone 13 (CDCl₃ : δ, ppm) des composés : apodophyllone (27), isotorquatone (29) et torquatone (30).

C	27	29	30
1	127,96	127,50	127,49
2,6	159,22	159,25	159,20
3,5	121,18	121,24	121,30
4	154,15	153,89	154,04
7, 7'	9,58	9,63	9,63
8, 8'	62,73	62,73	62,82
9	60,41	60,41	60,41
10	210,06	209,54	205,53
11	42,70	49,50	54,48
12	18,35	25,42	24,28
13		12,01	22,02
14		15,46	

Le spectre RMN du proton de 27 montre la présence d'un groupe isopropyle (en accord avec la structure du composé A^[22]). S'agissant du composé B^[22], un groupe alkyle en C₄ a été proposé. Nos résultats indiquent clairement l'existence d'un substituant 1-méthylpropyle dans le composé 29 (les spectres RMN du proton et du carbone 13 des fractions : F₁₄ et F₁₆ sont donnés en annexe). En ce qui concerne leurs structures et compte tenu de la source botanique de la plante, nous avons suggéré les noms apodophyllone et isotorquatone pour les composés 27 et 29 respectivement.

Les autres constituants (28, 31 et 32), qui sont caractérisés par des spectres de masse similaires, avec un pic abondant à m/e = 209, peuvent être liés à la jensenone^[30]. Cette proposition tient compte du fait que la molécule de jensenone est très polaire (indice de

rétenion = 1839 sur colonne OV101).

D'après les indices de rétenion, il est très probable que les composés 28 constituant C et 31 (constituant D), soient respectivement caractérisés par les mêmes groupes alkyles que l'apodophyllone (isopropyle) et l'isotorquatone (1-méthylpropyle).

Leurs structures sont représentées ci-après (Figure 33), les spectres de masse sont donnés en annexes.

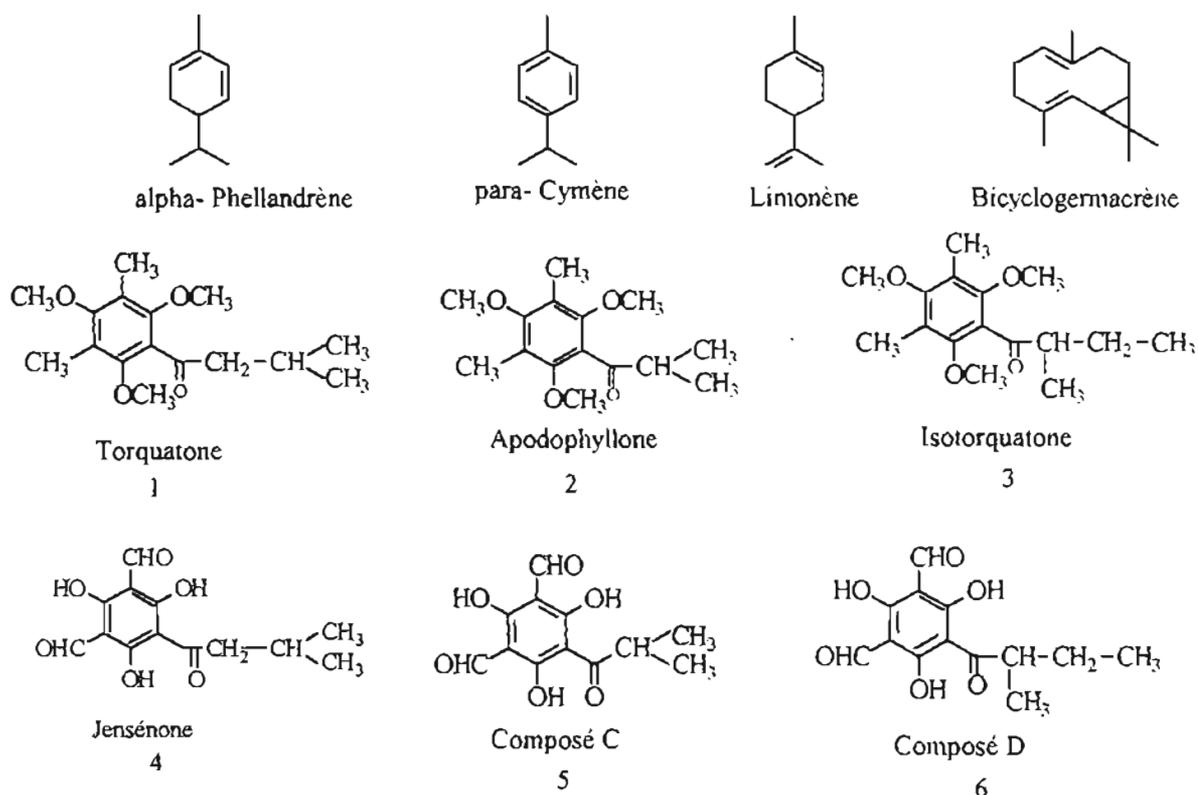


Figure 33 : Formules de constituants de l'huile essentielle d'*Eucalyptus apodophylla*

La composition chimique de l'huile essentielle des feuilles d'*E. apodophylla* du Burkina Faso, présente une originalité certaine. En plus des constituants habituels décrits dans la littérature^[29] rencontrés dans les huiles essentielles des *Eucalyptus*, nous avons identifié dans cette espèce la torquatone, la jensenone et leurs analogues. Nos résultats concordent avec les propositions précédentes quant à la large distribution de la torquatone dans les huiles essentielles d'*Eucalyptus* et permettent d'étendre cette hypothèse à la jensenone.

L'intérêt de cette étude réside surtout du fait que nous avons décrit pour la première fois, deux composés : apodophyllone et isotorquatone isolés de l'huile essentielle de cette espèce d'*Eucalyptus*. Sur le plan économique, *Eucalyptus apodophylla* n'est pas intéressante pour son huile essentielle (rendement faible, pas de constituant intéressant), à moins qu'une étude de l'activité biologique ne nous permette de réviser notre jugement.

**CHAPITRE X : ETUDE DES HUILES ESSENTIELLES
DE SIX ESPECES DE LA FAMILLE DES
MYRTACEAE**

X-3- Etude des huiles essentielles de cinq espèces appartenant à la famille des Myrtaceae.

X-3-1- *Eucalyptus alba* .

X-3-1-1- Description botanique. ^[119 tome VI p.527]

Arbre introduit haut de 15 à 20 mètres, à feuilles opposées, subopposées ou alternes. Limbe rhomboïde-ovale, ou ovale lancéolé, à base plus élargie, long de 10 à 15 centimètres, large de 4 à 7 centimètres dans la moitié inférieure, puis se rétrécissant assez brusquement pour se terminer en coin allongé. 6 à 10 nervures principales distantes de 5 à 10 millimètres, légèrement saillantes dessous. Feuilles glabres, d'un gris pâle des deux côtés, constellées de points glanduleux noirs des deux côtés. Une fine nervure marginale à 2 millimètres de la marge.

Le pétiole est long de 2 à 3 centimètres ; les jeunes rameaux et le tronc sont blanchâtres. Les fleurs en corymbe axillaire pédonculé de 6 à 8 millimètres contiennent de 4 à 9 fleurs : pédoncule à 2 angles opposés. Fleurs sessiles au sommet du pédoncule, ou à pédicelle non distinct de la base de l'ovaire. Calice et ovaire obconiques hauts de 6-8 millimètres, larges de 4-5 millimètres, desquels sortent de nombreuses étamines longues de 7 à 10 millimètres

Fruit : capsule ligneuse largement cupuliforme haute de 5 millimètres, large de 7 millimètres au sommet qui porte une ouverture en croix par laquelle s'échappent les graines. Un petit bourrelet entoure le sommet.

X-3-1-2- Usages ^[119 tome VI p. 527]

Cet arbre, originaire d'Australie, comme tous les autres *Eucalyptus*, a été introduit comme ornemental : il est utilisé comme bois de chauffe.

X-3-2- *Eucalyptus camaldulensis* Dehnhardt.

X-3-2-1- Description botanique ^[132]

L'arbre est toujours vert, au tronc droit lisse et cendré. L'écorce est brun clair et mince. L'extrémité des rameaux, les feuilles pendent perpendiculairement au soleil, de manière à avoir un minimum d'évaporation.

Feuilles persistantes, plates, luisantes, alternes, lancéolées, bleu gris, glabres ; froissées elles ont une odeur forte.

Inflorescences faites de nombreuses petites ombelles de fleurs blanchâtres.

Fruits : capsules ligneuses, anguleuses à 4-valves contenant des graines.

X-3 2-2- Usages ^[132].

Selon NACOULMA ^[132], *L'Eucalyptus camaldulensis* est utilisé en thérapeutique :
- en usage interne les feuilles sont employées contre les affections respiratoires, bronchites, asthme, phtisie, laryngée, maux de ventre, dysménorrhées, maladies infectieuses de l'appareil

génito-urinaire, diabète, ictère, hépatite, blennorragie chronique, fièvres, grippe, laryngite, vers intestinaux, urétrites, vaginites, asthénie, toux, leucorrhée, colibacillose, rhumatismes.

Toujours selon le même auteur^[132], c'est un excellent antiseptique des voies respiratoires, biliaires et urinaires, fébrifuge, tonique, astringent, balsamique, anti-bactérien, légèrement hémostatique, vermifuge, hypoglycémiant, pectoral, béchique, anti-infectieux, détoxifiant (diphthérie, tétanos), anti-inflammatoire, cholagogue, eupnéique, antimicrobien (bactéries Gram + et Gram -) ;

- en usage externe les feuilles sont employées contre les atteintes des voies digestives, voies respiratoires, la toux, les bronchites.

X-3-3- Autres espèces d'Eucalyptus.

Parmi les espèces introduites au Burkina Faso vers 1922, les essais ayant démarrés en 1963, au moins six se sont révélées aptes ; ce sont : *E. alba*, *E. apodophylla*, *E. camaldulensis*, *E. citriodora*, *E. crebra*, et *E. torrelliana*. *E. camaldulensis* est l'espèce la plus abondante et la plus répandue. Les autres espèces sont plus rares ; on ne les trouve que dans les plantations de Banfora, Bobo-Dioulasso (Dindéresso) et Dédougou.

X-4- Travaux antérieurs.

Sur près de 700 espèces d'Eucalyptus, les principales espèces productrices d'huiles essentielles d'Eucalyptus de commerce sont environ une vingtaine^[29]. L'un des intérêts du genre Eucalyptus est la diversité de la composition de l'huile essentielle, diversité d'autant plus grande que les chimiotypes sont très fréquents. C'est ainsi que sont connues, et dans certains cas exploitées, des huiles essentielles d'Eucalyptus à pipéritone, à phellandrène et à cinéole, à géraniol et acétate de géranyle, à citronellal et, bien sûr, à cinéole^[40].

Beaucoup de travaux ont été effectués sur différentes espèces d'Eucalyptus plus particulièrement sur *E. camaldulensis*^[21- 26, 29, 32, 61, 120... 195, 196, 197]. D. J. BOLAND et J.J.BROPHY^[29] donnent une sélection des principales structures rencontrées dans les huiles essentielles d'Eucalyptus. La figure 34 ci- dessous en est une illustration.

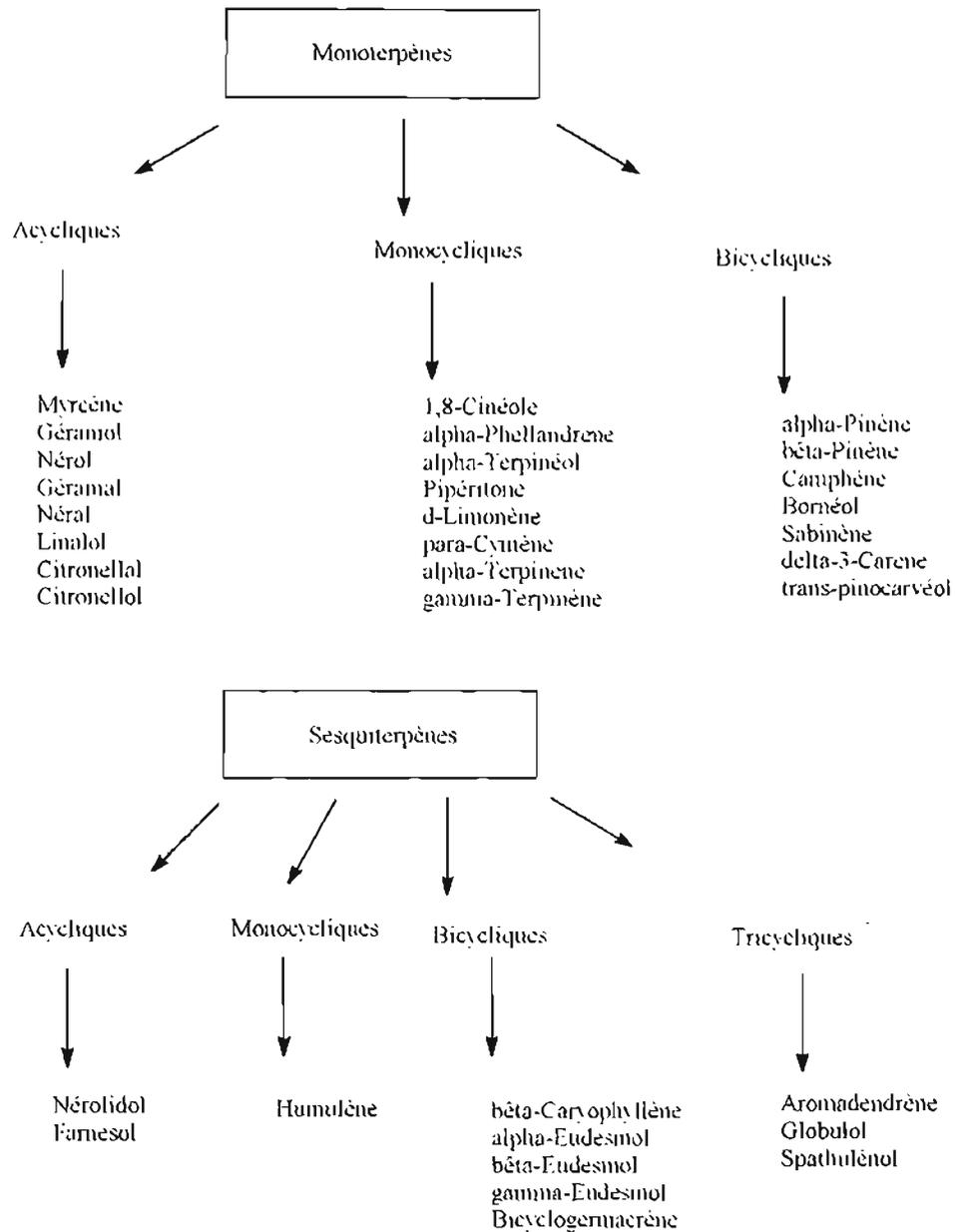


Figure 34 : Sélection des principales structures terpéniques rencontrées dans les huiles essentielles d'*Eucalyptus* [29].

X-5- Résultats et Discussion.

Les feuilles des espèces *E. alba* et *E. camaldulensis* ont été récoltées en août 1994 à l'école forestière de Dinderesso (Burkina Faso). Les autres espèces : *E. citriodora*, *E. crebra* et *E. torrelliana* ont été récoltées en mars 1995 à Banfora. Nous avons procédé à l'extraction et à l'analyse chimique des huiles essentielles de ces différentes espèces.

L'extraction des huiles essentielles des feuilles séchées des cinq espèces a donné les rendements rassemblés dans le tableau 18.

Tableau 18 : Rendements en huiles essentielles extraites de différentes espèces d'Eucalyptus acclimatées au Burkina-Faso.

Espèces	Rendement d'extraction (%) rapporté au matériel séché
<i>E. alba</i>	1,2
<i>E. camaldulensis</i>	1,2
<i>E. citriodora</i>	2,0
<i>E. crebra</i>	3,0
<i>E. torelliana</i>	0,1

Le rendement en huiles essentielles de *E. alba* et *E. camaldulensis* est identique (1,2 %). Le rendement de *E. torelliana* (0,1 %) est faible ; par contre *E. citriodora* (2,0 %) et *E. crebra* (3,0 %) donnent des rendements intéressants. Les récoltes n'ayant pas été effectuées à la même période (août et mars), il nous est difficile de faire une comparaison rigoureuse

L'étude comparative des compositions chimiques des huiles essentielles de *E. alba* et *E. camaldulensis* (publiée)¹¹⁶¹ sont données (Tableau 19).

Tableau 19 : Etude comparative des compositions chimiques des huiles essentielles de *E. alba* et *E. camaldulensis* du Burkina Faso¹¹⁶¹.

Composés	IR (OV101)	<i>E. alba</i>	<i>E. camaldulensis</i>
Monoterpènes		86,6	93,4
α- Thujène	928	-	1,5
α- Pinène	936	20,1	12,8
Camphène	947	0,9	-
Sabinène	971	-	0,1
β- Pinène	975	31,0	0,2
Myrcène	987	0,6	0,7
α-Phellandrène	1001	-	24,8
α- Terpinène	1013	-	0,3
para-Cymène	1018	3,2	12,0
Limonène	1027	16,8	2,9
β-Phellandrène	1027	0,8	1,7
1,8-Cinéole	1027	0,2	19,3
γ-Terpinène	1055	5,6	11,8
Terpinolène	1083	0,4	0,9
para-Cyménène	1090	-	0,1
Linalol	1093	-	0,2
Oxyde d'α-pinène	1103	0,7	-
Campholénal	1112	0,2	0,2
Pinocarvéol	1129	-	0,2
Nopinone	1130	0,2	-
δ-Terpinéol	1156	0,8	0,1
Terpinèn-4-ol	1166	0,6	2,4
para-Cymèn-8-ol	1168	0,7	-

Tableau 19 : Etude comparative des compositions chimiques des huiles essentielles de *E. alba* et *E. camaldulensis* du Burkina Faso ¹¹⁶¹ suite.

Composés	IR (OV101)	<i>E. alba</i>	<i>E. camaldulensis</i>
Myrténal	1176	0,2	-
α -Terpinéol	1179	3,1	0,8
Myrténol	1185	0,4	-
Verbénone	1189	-	0,2
Pipéritone	1214	0,1	-
Acétate de linalyle	1223	-	0,1
δ -para-Menthén-2-one	1235	-	0,3
Sesquiterpènes		12,4	5,7
β -Caryophyllène	1421	6,6	-
Aromadendrène	1441	-	0,4
α -Humulène	1455	0,4	0,3
Allo-aromadendrène	1461	0,7	0,3
Bicyclogermacrène	1494	2,0	2,5
(z)- α -Bisabolène	1503	-	0,1
Elémol	1552	0,1	-
Lédol	1560	0,1	-
Spathulénol	1569	0,5	0,6
Oxyde de caryophyllène	1575	0,4	0,5
Globulol	1579	0,8	0,5
M = 222*	1586	0,6	-
Oxyde d'humulène	1597	0,2	0,3
γ -Eudesmol	1626	-	0,1
β -Eudesmol	1645	-	0,1
Total		99,0	99,1

* M = 222 : m/e (intensité relative) 163(100), 107(83), 59(78), 43(70), 109(55), 93(53), 149(42), 161(40), 138(26), 189(24), 204(18).

Les constituants principaux des huiles essentielles de *E. alba* et *E. camaldulensis* sont représentés ci-dessous (Figure 35).

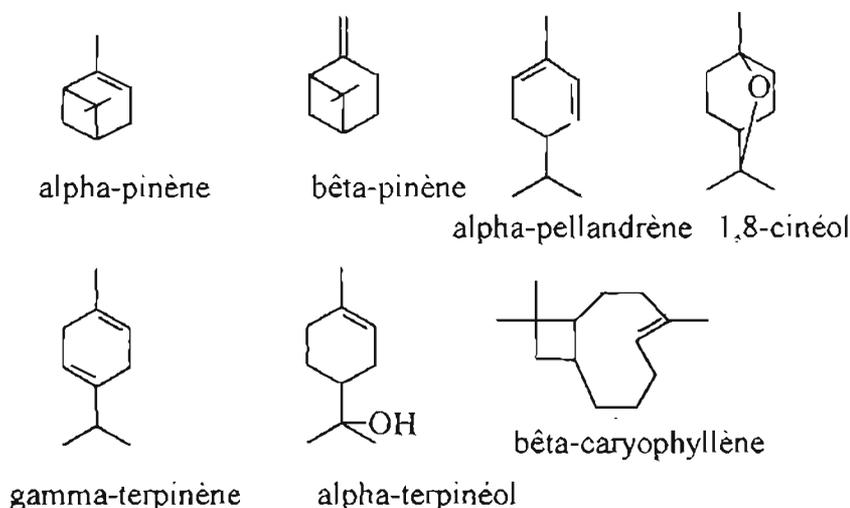


Figure 35 : Formules des constituants majoritaires des huiles essentielles de *E. alba* et *E. camaldulensis*

Les huiles essentielles de *E. alba* et *E. camaldulensis* renferment une majorité de monoterpènes respectivement 86,6 % et 93,4 %. Les deux essences ont une teneur appréciable en α -pinène respectivement 20,1 % et 12,8 %. Cependant, leurs constituants majoritaires diffèrent : β -pinène (31,0 %) et le limonène (16,8 %) pour *E. alba* contre α -phellandrène (24,8 %) et 1,8-cinéole (19,3 %) pour *E. camaldulensis*. Les sesquiterpènes moins abondants ne représentent que 12,4 % (*E. alba*) et 5,7 % (*E. camaldulensis*), avec un taux de β -caryophyllène dans l'essence de *E. alba*, ce composé étant absent dans l'essence de *E. camaldulensis*. Les taux de bicyclogermacrène, deuxième sesquiterpène représentatif des deux essences sont presque identiques 2,0 % et 2,5 % respectivement dans *E. alba* et *E. camaldulensis*. Les compositions chimiques des huiles essentielles des espèces *E. alba* et *E. camaldulensis*, bien que présentant une certaine originalité, ne semblent pas intéressantes sur le plan commercial. Les rendements, en huiles essentielles de 3 variétés d'*Eucalyptus camaldulensis* distillées sur un appareil pilote, obtenus par ZRIRA ⁽¹⁹⁷¹⁾, sont respectivement 0,4 %, 0,42 % et 0,72 %. Ces valeurs sont inférieures aux nôtres qui ont été obtenues sur un appareil de type CLEVINGER. Les principaux constituants décrits par ZRIRA ⁽¹⁹⁷¹⁾ sont *E. camaldulensis* U.21 : cinéole (72,8 %), α -pinène (11,9 %) ; *E. camaldulensis* cinéole (52,4 %), α -pinène (25,7 %) ; *E. camaldulensis* cinéole (52,4 %), α -pinène (7,8 %). La teneur en cinéole de ces variétés est de loin supérieure à la variété du Burkina (19,3 %) ; le taux d' α -pinène (12,8 %) est supérieur aux valeurs de ZRIRA mais ne constitue pas le second constituant majoritaire de notre essence ; le constituant majoritaire étant l' α -phellandrène (24,8 %), le second étant le 1,8-cinéole. MALANDA ⁽¹⁹⁶¹⁾, pour deux échantillons *Eucalyptus citriodora* récoltés au Congo, donnent des rendements respectifs de 0,3 et 1,4 % ; ces résultats sont plus faibles que ceux de l'échantillon du Burkina (2 %).

Les compositions chimiques des huiles essentielles des espèces : *E. citriodora*, *E. crebra* et *E. torelliana* du Burkina sont consignées respectivement dans les tableaux 20, 21 et 22.

Tableau 20 : Composition chimique de l'huile essentielle de *E. citriodora* du Burkina Faso

Composés	Indices de rétention (OV101)	Pourcentages (%)
Monoterpènes		95,2
α -Pinène	932	0,3
Sabinène	972	0,6
Myrcène	983	0,1
α -Terpinène	1015	1,4
Acétate de 1-méthylhexyle	1020	0,4
Limonène	1028	0,2
γ -Terpinène	1051	0,1
Terpinolène	1084	0,4
Linalol	1095	0,6
Campholénal	1113	1,0
Citronellal	1139	58,2
Pinocarvone	1147	5,6
Cryptone	1154	0,8
Bornéol	1163	0,2
Terpinèn-4-ol	1172	0,1
Iso-pipéritinol	1198	0,1
Citronellol	1213	15,0
Acétate de linalyle	1226	0,1
6-para-menthén-2-one	1235	0,2
Pulégone	1258	0,1
Géranial	1261	0,2
Formiate de géranyle	1280	0,2
Acide citronellique	1302	2,1
4-phénylbut-3-ène-2-one (E)	1322	0,1
Acétate de citronellyle	1337	6,7
Acide géranique	1343	0,1
Acétate de géranyle	1361	0,3
Sesquiterpènes		0,7
α -Cubébène	1353	0,1
Spathuléol	1569	0,6
Total		95,9

Cette composition est en accord avec le schéma donné par D. J. BOLAND et J.J. BROPHY^[29]. En effet, on retrouve dans cette essence particulièrement : le citronellal 58,2 %, le citronellol 15,0 %, l'acétate de citronellyle 6,7 % et la pinocarvone 5,6 %, des structures monoterpéniques qui sont d'ailleurs les constituants majoritaires ; le seul constituant sesquiterpénique est le spathuléol présent à faible taux (0,6 %).

De nombreux travaux ont été réalisés sur *Eucalyptus citriodora*. En exemple, MALANDA-KIYABOU G.^[106] a fait des analyses comparatives d'huiles essentielles d'*E. citriodora* d'origines diverses. Les composés majoritaires identifiés, par cet auteur dans deux échantillons du Congo^[106], sont dans l'ordre : citronellal 41,2 et 57,0 % ; citronellol 14,4 et

9,4 % ; acétate de citronellyle 2,9 et 1,2 %. Ces valeurs sont comparables à celles de l'échantillon du Burkina. Cependant il est à noter la présence de pinocarvone dans l'échantillon du Burkina, composé absent dans celui du Congo. Le tableau des normes françaises fait ressortir dans l'ordre décroissant les constituants suivants : citronellal, citronellool, isopulégol + néo-isopulégol, 1,8-cinéole, caryophyllène, acétate de citronellyle et β -pinène. Le taux minimum de citronellal est de 75 % [T 75-247]. Notre échantillon dont la teneur en citronellal est de 58,2 % ne répond pas aux normes. Des études complémentaires sont donc nécessaires pour se prononcer définitivement sur la valeur commerciale de l'huile essentielle de *E. citriodora* du Burkina.

Tableau 21 : Composition chimique de l'huile essentielle de *E. crebra* de Burkina Faso.

Composés	Indices de rétention (OV101)	Pourcentages (%)
Monoterpènes		97,1
α -Pinène	933	1,6
α -Terpinène	1014	0,9
1,8-Cinéole	1026	90,3
Linalol	1090	0,2
trans- Tagetone	1123	0,6
Pinocarvone	1148	0,1
Bornéol	1159	0,2
Terpinèn-4-ol	1169	1,2
p-Cymèn-8-ol	1173	0,7
pipériténol	1196	0,2
Cuminaldéhyde	1203	0,9
para Cymèn-9-ol	1207	0,1
trans- Carvéol	1214	0,1
Sesquiterpènes		0,8
γ -Gurjunène	1438	0,1
Nérolidol	1551	0,1
Epoxy-caryophyllène	1574	0,5
Globulol	1581	0,1
Total		97,9

L'huile essentielle de *E. crebra* est dominée par le 1,8-cinéole (plus de 90 %) ; elle renferme également parmi les monoterpènes acycliques le linalol ; les monocycliques sont représentés par l' α -pinène et le terpinèn-4-ol ; les composés sesquiterpéniques sont pour les acycliques le nérolidol et les tricycliques le globulol. On pourrait comparer cette huile essentielle à celle d'*Eucalyptus globulus* Labillardière.

L'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* Labillardière est obtenue par entraînement à la vapeur d'eau des feuilles et rameaux, broyés ou non, et récemment récoltés. On distingue les huiles essentielles crues provenant d'un broyat et celles traditionnellement distillées vrac dans l'alambic. Cependant, les produits commercialisés sous les appellations : 70 % - 75 % et 80 % - 85 % sont des huiles essentielles rectifiées sous vide pour obtenir une teneur en 1,8-cinéole respectivement supérieure à 70 % et 80 %^[8]. Comme on le voit, notre essence non rectifiée a une teneur supérieure à la norme. Toutefois, l'analyse d'autres échantillons devrait nous permettre de confirmer ou d'infirmer ces résultats. Dans le futur donc, nous allons travailler dans ce sens, en vue d'une éventuelle valorisation par la production de l'huile essentielle d'*Eucalyptus crebra*.

Tableau 22 : Composition chimique de l'huile essentielle de *E. torelliana* de Burkina Faso

Composés	Indices de rétention (OV101)	Pourcentages(%)
Monoterpènes		91,3
α -Thujène	926	0,4
α -Pinène	937	74,8
β -Pinène	973	7,4
Myrcène	983	0,1
α -Terpinène	1012	0,6
β -Terpinène	1023	3,7
Terpinolène	1083	0,8
Linalol	1090	0,4
Fenchol	1103	0,1
trans- Tagetone	1123	0,3
Isopulégol	1128	0,4
cis- Tagetone	1138	0,1
Bornéol	1162	0,1
Terpinèn-4-ol	1172	0,6
α -Terpinéol	1179	0,2
Undécan-2-one	1280	0,8
Alcool cinnamique	1287	0,3
Acétate de terpinèn-4-yle	1315	0,1
Acétate de géranyle	1361	0,1
Sesquiterpènes		5,6
α -Gurjunène	1417	1,0
α -Guaiène	1438	0,5
β -Farnésène	1451	0,1
α -Humulène	1458	0,1
Viridiflorène	1490	0,1
Epoxy-caryophyllène	1557	0,1
Spathuléol	1564	0,7
Germacrène-D-4-ol	1570	1,2
Globulol	1574	0,5
Lédol	1584	0,6
Epi-globulol	1593	0,2
Epoxy - α -humulène	1610	0,1
Cubéol	1615	0,1
γ -Eudesmol	1626	0,1
α -Cadinol	1636	0,1
β -Eudesmol	1641	0,1
Aromatiques		0,5
p-Cymèn-8-ol	1169	0,1
Carvacrol	1294	0,4
Total		97,4

L'essence de *E. torelliana* est dominée par les pinènes (plus de 80 %) ; elle contient également des constituants décrits par D. J. BOLAND et J.J. BROPHY^[29]. On note : le β -terpinène parmi les composés monoterpéniques, des composés sesquiterpéniques : le germacrène-D-4-ol (1,2 %), l' α -gurjunène (1 %) à des teneurs significatives et un composé aromatique : le carvacrol (0,4 %) non rapportés par les mêmes auteurs. L'huile essentielle de *E. torelliana* du

Congo ^[106] contient 54 % de composés hydrocarbonés monoterpéniques ; le plus important étant l' α -pinène (48,9 %), accompagné du β -pinène (3,0 %). Les composés monoterpéniques oxygénés représentent 10,5 % du mélange, l' α -terpinéol (5,4 %) étant le plus abondant. Parmi les sesquiterpènes (28,1 %), l'aromadendrane (4,7 %), le β -caryophyllène (8,3 %) et le globulol 2,2 % sont les mieux représentés.

Notre échantillon renferme les mêmes composés majoritaires à des teneurs plus importantes (α -pinène : 74,8 %, β -pinène : 7,4 %) que l'huile essentielle de *E. torelliana* du Congo.

Selon le type d'essence on retrouve dans la composition chimique certaines structures décrites par D. J. BOLAND et J.J. BROPHY ^[29] mais aussi des structures particulières non rapportées par ces auteurs. Ces différentes structures confirment la diversité de la composition et la fréquence de chimiotypes dans les huiles essentielles d'Eucalyptus.

Les constituants majoritaires des huiles essentielles de *E. citriodora*, *E. crebra* et *E. torelliana* sont représentés (Figure 36).

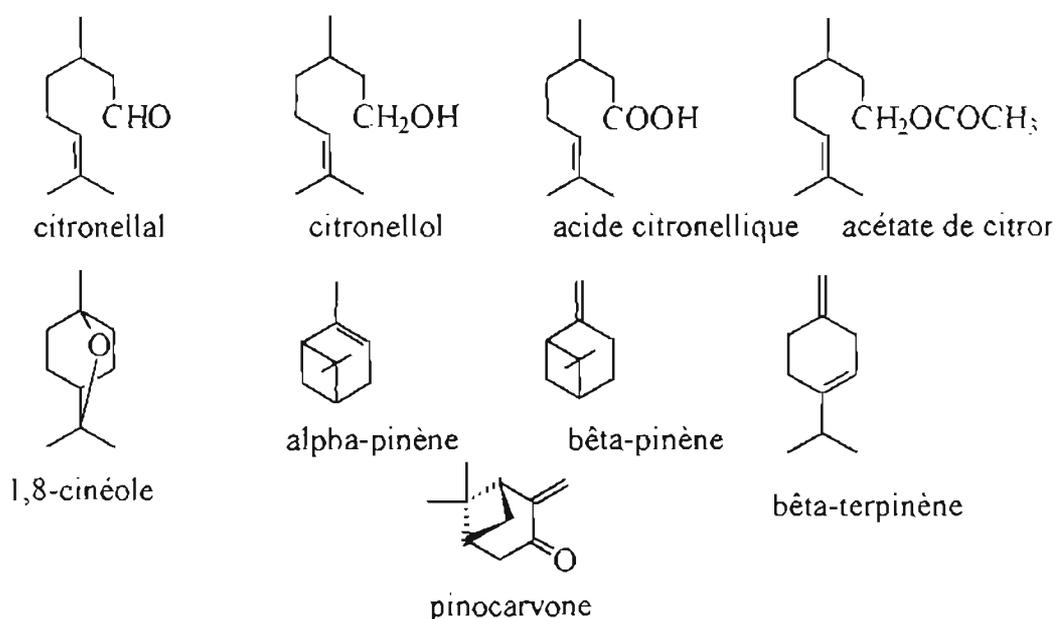


Figure 36 : Formules des constituants majoritaires des huiles essentielles de *E. citriodora*, *E. crebra* et *E. torelliana*.

En conclusion partielle, l'huile essentielle de *E. crebra* qui renferme 90 % de 1,8-cinéole est une huile médicinale très intéressante ; *E. citriodora* dont, les constituants majoritaires sont le citronellal (58,2 %), le citronellol (15 %) et l'acétate de de citronellyle 6,7 % (pourrait être utilisée en parfumerie ; *E. torelliana* qui renferme majoritairement 75 % d'alpha- pinène et 7 % de bêta pinène est exploitable comme source de pinènes dans l'industrie chimique.

**CHAPITRE XI : ETUDE DE L'HUILE ESSENTIELLE
DE *ELIONURUS ELEGANS* (POACEAE)**

XI-1- Généralités sur les Poaceae^[94].

XI-1-1- Description botanique^[94].

Famille des Monocotylédones bien représentée dans toutes les parties du globe. Selon KERHARO J., le Sénégal possède 72 genres et son territoire est presque totalement occupé par des prairies et des savanes à base de Poaceae. Des grands groupes de Poaceae caractérisent les régions phytogéographiques du Sénégal. Ainsi la région sahélienne est à base d'*Aristida*, de *Cenchrus*, de *Lanipes* ; la région soudanienne à base d'*Andropogon* et d'*Hyparrhemia* ; la région guinéenne à base d'*Olyra*, de *Cenotheca* et de *Streptogyne*^[94].

XI-1-2- Usages^[94].

Les Poaceae par leurs réserves glucidiques jouent un rôle particulièrement important dans l'alimentation où, avec le riz, le blé, le maïs, les mils et sorghos africains, le seigle, l'orge, etc., elles occupent la première place du point de vue économique mondial^[94].

Selon KERHARO J., on y trouve peu d'espèces médicinales : anciennement les styles et les stigmates de maïs figuraient à la pharmacopée française (Codex 1908), mais actuellement seul le rhizome de petit chiendent est officinal.

XI-2- Huiles essentielles des Poaceae^[94].

KERHARO J. poursuit : quelques espèces sont riches en huiles essentielles (*Cymbopogon*, *vetiveria*) utilisées en parfumerie, d'autres sont toxiques en raison de la présence, quand les plantes sont jeunes, de principes cyanogénétiques (*Aristida*, *Leersia*, *Zea mays*) ou par suite de l'envahissement du végétal par des champignons (*Phragmites*).

XI-3- *Eliomurus elegans* Kunth^[20, 91, 126, 194].

Nom local : Mooré Koons moogo^[1, 32].

XI-3-1- Description botanique.

Eliomurus fait partie de la tribu des Andropogoneae^[126] et de la famille des Poaceae. C'est une herbe annuelle poussant, en général sur sol sec, spécialement sur les bowé.

La plante est caractérisée par le tallage rapide lui conférant une morphologie cuminaire.

Le chaume est grêle et non articulé. Il se termine par une inflorescence très souple, élégante et argentée, aromatique.

Eliomurus présente une touffe de poils soyeux sur les noeuds supérieurs ; épi simple, long de 7 à 10 centimètres, large de 4 à 6 millimètres, à glumes d'abord appliquées, puis étalées : les unes d'un côté, étalées, glabres et acuminées ; les autres de l'autre côté, appliquées, ovales, bordées de cils blancs, gracieusement disposés en petites touffes le long des bords pectinés^[20].

XI-3-2- Usages.

Elle est récoltée pour soigner la toux des enfants. Selon KABORE- ZOUNGRANA ⁽⁹¹⁾, elle est considérée comme une bonne espèce fourragère.

XI-4- Extraction et analyse des huiles essentielles.

L'échantillon récolté à Gampela (Ouagadougou), le 18 octobre 1997, constitué exclusivement des feuilles et des fleurs a donné un rendement de 0,97 %.

XI-5- Résultats et Discussion.

L'analyse de l'huile essentielle par CPG puis par couplage CPG/SM, a donné les résultats rassemblés dans le tableau 23 :

Tableau 23 : Composition chimique de l'huile essentielle de *Elionurus elegans* du Burkina Faso

Composés	Indices de rétention (OV101)	Pourcentages (%)
Monoterpènes		84,9
Tricyclène	917	0,1
α - Thujène	923	0,1
α - Pinène	932	20,7
Camphène	944	0,7
Sabinène	970	0,1
para- Cymène	993	5,3
Limonène	1022	32,6
1,8- Cinéole	1022	17,3
γ - Terpinène	1049	1,6
para- Cyménène	1072	0,2
Terpinolène	1077	0,4
Linalol	1083	0,1
Campholénal	1096	0,3
Pinocarvéol	1122	1,1
Pinocarvone	1137	0,3
Bornéol	1168	1,2
Terpinèn-4- ol	1172	1,7
para-Cymèn-8- ol	1180	0,2
Carvéol	1188	0,1
Carvone	1196	0,4
Pipéritone	1223	0,4
Sesquiterpènes		3,2
β - Caryophyllène	1434	0,2
Bicyclogermacrène	1487	0,2
Spathulénol	1561	0,5
Globulol	1571	0,5
Epi-globulol	1578	0,4
γ - Eudesmol	1589	0,1
β - Eudesmol	1621	0,5
α - Eudesmol	1634	0,8
Total		88,1

Les formules des constituants majoritaires, de l'huile essentielle sont représentées (Figure 37).

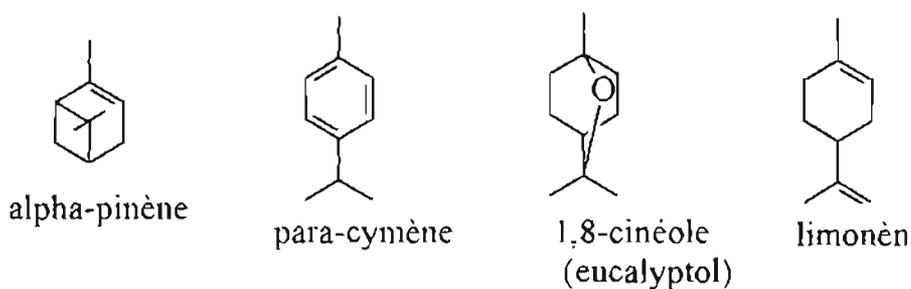


Figure 37 : Formules des constituants majoritaires de l'huile essentielle de *Elionurus elegans*.

L'huile essentielle de *Elionurus elegans* est à majorité monoterpéniques (84,9 %). Trois principaux constituants se détachent nettement : le limonène (32,6 %), l' α -pinène (20,7 %) et le 1,8 -cinéole (17,3 %). Les résultats obtenus sur cette plante méritent d'être approfondis. Il aurait été peut être intéressant, d'étudier la composition chimique de l'huile essentielle de cette plante, en fonction de son développement végétatif. Nous ne pouvons donc pas tirer une conclusion quant à l'utilisation de l'huile essentielle de *Elionurus elegans*. En conséquence, nous envisageons dans le futur cette étude afin de compléter nos résultats.

**CHAPITRE XII : ETUDE DES HUILES
ESSENTIELLES DE CINQ ESPECES DE LA FAMILLE
DES VERBENACEAE**

XII-1- Généralités sur les Verbenaceae.

XII-1-1- Description botanique ⁽⁹⁴⁾.

Selon KERHARO J., la famille est bien répartie dans toutes les zones chaudes du globe, et représentée au Sénégal par huit genres : *Stachytarpheta*, *Lantana*, *Phyla*, *Lippia*, *Premna*, *Clerodendron*, *Vitex*. D'autres genres ont été introduits dans un but forestier (*Gmelina*, *Tectona*) ou ornemental (*Duranta*, *Petrea*)⁽⁹⁴⁾.

Les Verbenaceae sont des arbres ou des herbes, souvent à tiges quadrangulaires.

Les feuilles sont généralement opposées, simples, rarement composées (*Vitex* et un *Clerodendrum*).

Fleurs hermaphrodites, irrégulières ; calice persistant ; corolle gamopétale ; ovaire supère.

Les fruits sont des drupes ou des baies.

XII-1-2- Usages.

Toujours selon KERHARO J.⁽⁹⁴⁾, on a décelé dans quelques espèces des principes hétérosidiques (*Verbena*) et alcaloïdiques (*Vitex*). Seules figurent à la pharmacopée française les feuilles sèches de verveine odorante, *Lippia citriodora*.

XII-1-3- Huiles essentielles des Verbenaceae.

Les feuilles d'un certain nombre de Verbenaceae renferment des huiles essentielles (*Lantana*, *Lippia*).

XII-2- *Lantana camara* L.

Noms locaux : Français Mille fleurs ; Mooré Nasar liuli sibi ^{(132 (129))}.

XII-2-1- Description botanique ⁽⁹⁴⁾.

Arbuste dressé ou étalé dépassant 2 mètres de haut avec de nombreux rameaux anguleux partant de la base et garnis de petites protubérances épineuses recourbées.

Feuilles aromatiques, opposées, ovales, triangulaires au sommet, brusquement tronquées à la base, régulièrement dentées sur les bords et légèrement en coin, au point d'attache sur le pétiole ; 5 à 6 paires de nervures latérales ; limbe de 7 sur 5,5 centimètres ; pétiole épineux de 2 centimètres, poilu sur les deux faces qui sont plutôt scabres.

Corymbes axillaires compacts de 3 centimètres de diamètre à l'extrémité de longs pédoncules quadrangulaires, atteignant 4 à 5 centimètres.

Nombreuses fleurs variant du jaune au mauve après l'anthèse, mais il existe de nombreuses variétés blanches, jaune clair ou orange vif ; calice tronqué avec à sa base 2 bractées lancéolées linéaires, de longueurs inégales.

Baies sphériques de 7 à 8 millimètres de diamètre, noir-violette à maturité, groupées en

glomérules de 2,5 centimètres de diamètre.

XII-2-2- Usages ^[94].

Selon J. KERHARO ^[94], les feuilles sont couramment utilisées par les Wolof en qualité de boissons théiformes à propriétés béchiques. Les enfants également consomment les fruits à goût sucré sans que des troubles soient secondairement signalés.

Les préparations aqueuses d'inflorescences sont prescrites par certains guérisseurs wolof et lébou aux asthmatiques, car elles auraient une action calmante dans les crises de dyspnée et suffocation.

Selon NACOULMA ^[132], les tiges, racines et fruits sont utilisés en thérapeutique au Burkina Faso. Les fleurs renferment des dérivés anthocyaniques rouge pourpre ^[131]. Les fleurs produisent une grande quantité de nectar. Les fruits sont comestibles à maturité (MILLOGO et al., 1998).

XII-2-3- Travaux antérieurs.

Selon le même auteur ^[132], les feuilles renferment une huile essentielle jaunâtre riche en sesquiterpènes (43 % du type caryophyllène et 21 % du type cadinène) ainsi que des monoterpènes : alpha-pinène 14 %, terpinène 10 %, et para-cymène 6 %. Selon la même source, l'huile essentielle des fleurs est obtenue avec des rendements compris entre 0,07 et 0,22 % (matière fraîche). On trouverait dans l'huile essentielle : caryophyllène, eugénol, phellandrene, dipentène, terpinéol, géraniol, linalol, 1,8- cinéol et citral. Selon BISSANGOU M.F. ^[27], les huiles essentielles des feuilles, de graines et de fleurs de *Lantana camara* ont fait l'objet de quelques publications dès le début du siècle.

Au Japon en 1935 KAFUKU et coll. ont isolé à partir d'une essence de feuilles de *L. camara*, le camérene (substance de type caryophyllène) et l'isocaménène (substance de type cadinène).

En 1971 PEYRON et coll. analysent une huile essentielle de fleurs de *L. camara* d'Anjouan. L'essence est composée de β -caryophyllène (15,0 %), d' α -humulène (21,8 %), de γ -terpinène (7,7 %) et d'un sesquiterpène non identifié (14,5 %).

SALEH étudie en 1974 cinq variétés de cette espèce. Ces essences ont des compositions chimiques différentes aussi bien qualitative que quantitative ; le citral reste néanmoins le constituant majoritaire de chaque variété.

En 1978 AVADHOOT et coll. identifient dans une essence de graines quelques composés parmi lesquels le linalol, le 1,8-cinéole et le terpinéol.

En 1979 MAHAMUD et coll. analysent une essence de fleurs de cette espèce composée en

majorité de sabinène (13,8 %), de bis-(2-méthylbutyl)phtalate (16,0 %), de caryophyllène (19,8 %), de 1,8-cinéole (10,4 %) et d'un ester non identifié (12,5 %). Une année plus tard dans une essence de fleurs également, MANAVALLAN et coll. identifient des composés nouveaux dont le citronellal, le menthène-1-ol, l'élémol, l'oxyde de caryophyllène et le limonène.

PIERIBATTESTI étudie l'huile essentielle de la plante entière de deux variétés. Il identifie les composés classiques dont le β -caryophyllène et l' α -humulène qui sont majoritaires et une cétone : la (+) davanone, présente à des teneurs relativement élevées dans l'essence de l'une des variétés et absente dans l'autre.

BISSANGOU M.F.^[127] indique que, plus récemment GURDIP SING a étudié l'huile essentielle de feuilles d'une espèce indienne riche en α -phellandrène (14,9 %), en β -caryophyllène (7,1 %), en α -farnésène (28,8 %), en α -cédrene (8,6 %) et en longifolène (10,0 %).

D'autres récents importants travaux ont été également effectués sur *Lantana camara* ^[13, 115]

L'examen, de ces importants travaux, fait ressortir une grande diversité dans la composition chimique au sein de l'espèce *Lantana camara*.

XII-2-4- Extraction et analyse des huiles essentielles.

Notre échantillon composé des feuilles et des fleurs, récolté à Ouagadougou a donné par hydrodistillation un faible rendement : 0,2 %.

La composition chimique relativement simple figure dans le tableau 24 :

Tableau 24 : Composition chimique de l'huile essentielle de *Lantana camara* du Burkina Faso

Composés	Indice de rétention (OV-101)	Pourcentage (%)
Monoterpènes hydrocarbonés		37,4
α-Pinène	934	1,9
Camphène	948	1,5
Sabinène	970	24,4
β-Pinène	974	5,0
Myrcène	985	2,3
β-Terpinène	1006	2,3
Monoterpènes oxygénés		41,1
1,8-Cinéole	1024	29,4
cis hydrate de Sabinène	1060	3,3
Linalol	1089	1,5
Camphre	1125	3,9
Iso-bornéol	1156	1,5
α-Terpinéol	1179	1,5
Sesquiterpènes hydrocarbonés		17,8
β-Caryophyllène	1420	10,9
α-Humulène	1453	3,7
α-Farnésène	1494	1,8
δ-Guaiène	1498	1,4
Sesquiterpènes oxygénés		2,2
Epoxy-caryophyllène	1575	2,2
Total		98,5

XII-2-5- Résultats et Discussion

L'huile essentielle de *Lantana camara* est composée de 78,5 % de monoterpénoïdes (monoterpènes hydrocarbonés : 37,4 % et monoterpènes oxygénés : 41,1 %). Les composés sesquiterpéniques représentent 20 % de la composition totale de l'essence avec une majorité de sesquiterpènes hydrocarbonés (17,8 %) contre seulement 2,2 % d'un sesquiterpène oxygéné (époxy-caryophyllène). Nos résultats diffèrent de ceux décrits dans la littérature^[132], selon lesquels les feuilles renfermeraient en majorité des composés sesquiterpéniques de types caryophyllène et cadinène. Cependant, le caryophyllène et son oxyde, sans être majoritaires dans notre échantillon sont bien représentés (13,1 %). Les hydrocarbures monoterpéniques majoritaires sont : le sabinène (24,4 %) et le bêta- pinène (5 %). Parmi les monoterpènes oxygénés, le 1, 8- cinéole est le plus abondant (29,4 %), le camphre est à un taux de 3,9 % et le cis hydrate de sabinène 3,3 % ; le linalol, l'iso- bornéol et l'alpha- terpinéol représentent le même taux (1,5 %). Parmi les sesquiterpénoïdes, le bêta- caryophyllène est le plus abondant (10,9 %) puis viennent dans l'ordre décroissant, l'alpha- humulène (3,7 %), époxy-caryophyllène (2,2 %), l'alpha-farnésène

(1,8 %) et le delta-guaiène (1,4 %). Nos résultats se rapprochent de ceux de MAHAMUD et coll. rapportés par BISSANGO M.F. ^[127] à l'exception de bis-(2-méthylbutyl)phtalate absent dans notre échantillon.

Les constituants majoritaires de notre cette essence sont donnés (Figure 38).

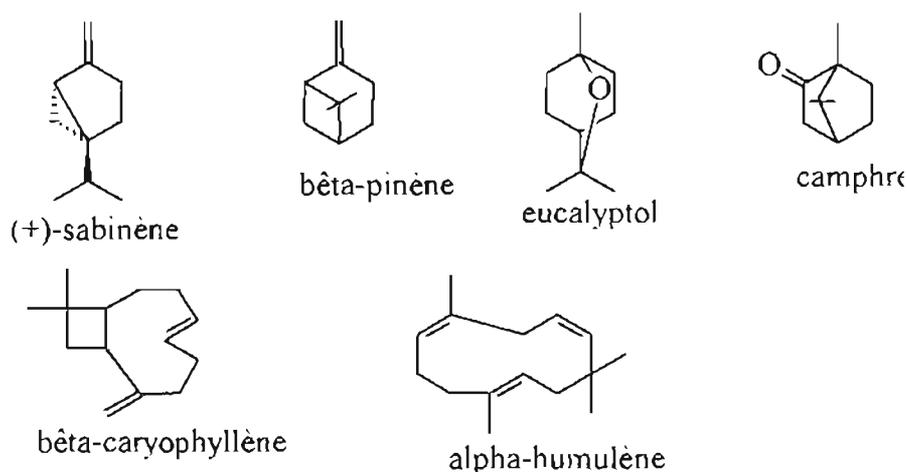


Figure 38 : Formules des constituants majoritaires de l'huile essentielle de *Lantana camara*.

On remarque que tous les constituants identifiés sont représentés par des taux significatifs (Tableau 24). Une étude de cette plante au cours de son développement végétatif devrait nous permettre de tirer une conclusion définitive.

XII-3- Les espèces du genre *Lippia* (*Lippia chevalieri* Moldenke, *Lippia multiflora* Moldenke, *Lippia rugosa* A. Chev. et *Lippia savoryi* Meikle) ^[117,148,160]

Noms locaux : Français thé de Gambie (*Lippia multiflora*) : Mooré Wisao (*Lippia chevalieri*)^[132]

XII-3-1- Description botanique.

Les *Lippia* (famille des Verbenaceae) sont des herbes aromatiques ligneuses et dressées en touffe, avec des feuilles verticillées par trois ou quatre. *L. chevalieri* Moldenke est une herbe aromatique dressée de 1 mètre environ, donnant des petites fleurs blanchâtres. *L. savoryi* Meikle est généralement un peu plus haute (1,5 mètre) et ses fleurs, blanchâtres également, présentent un cœur jaune. L'espèce *L. rugosa* A. Chev., de taille beaucoup plus importante (3,5 mètres environ), se distingue par des feuilles rugueuses au toucher ^[117]

XII-3-2- Usages.

Les quatre espèces sont utilisées au Burkina Faso en boissons théiforme.

XII-3-3- Travaux antérieurs.

Les *Lippia* sont largement répandues dans toute la zone tropicale et les premières études chimiques d'huiles essentielles issues d'espèces provenant du continent Sud Américain remontent à 1956^[155]. En ce qui concerne les espèces africaines, les résultats sont également nombreux. Un certain nombre de travaux ont été réalisés sur des échantillons d'huiles essentielles obtenues à partir de différentes espèces récoltées en Afrique de l'Est : amorcée avec l'extraction des constituants volatils de l'espèce *L. danensis* de Somalie^[160], l'étude de genre *Lippia* s'est développée dans cette région avec les premières analyses chimiques de P. ROVESTI sur des échantillons d'huiles essentielles de *L. adoensis* Hochst et de *L. schimperi* Hochst récoltés sur les hauts plateaux éthiopiens^[158-159], et plus récemment avec des études plus approfondies de nombreuses autres espèces originaires du Kenya^[112-114] et de Tanzanie^[49].

En Afrique de l'Ouest, des analyses ont été effectuées sur l'espèce *L. adoensis* du Ghana^[180] et du Nigéria^[63]. On notera enfin les résultats obtenus sur l'espèce *L. multiflora* du Congo^[96] ainsi que ceux présentés récemment sur des échantillons de *L. javanica* récoltés en Afrique du Sud^[42, 72].

A notre connaissance, aucune étude n'a été réalisée, à ce jour, sur les espèces rencontrées au Burkina Faso pourtant largement représentées, surtout en ce qui concerne les trois espèces *L. chevalieri* Moldenke, *L. savoryi* Meikle et *L. rugosa* A. Chev.

Une mise au point bibliographique sur les autres espèces africaines déjà étudiées a été faite par C. MENUT et coll.^[117]. Décrites comme des espèces différentes dans Flora of West Tropical Africa d'HUTCHINSON^[87], *L. multiflora* Moldenke et *L. chevalieri*, ne présenteraient d'après J. KHERARO^[94] que des caractères de différenciation morphologiques minimes.

Nous nous proposons de présenter dans ce mémoire, les résultats d'extraction et d'analyses chromatographiques d'huiles essentielles obtenues par hydrodistillation de leurs sommités fleuries ; nous discuterons ensuite nos résultats, en les comparant aux travaux antérieurs.

XII-3-4- Extraction et analyse des huiles essentielles.

Les huiles essentielles sont obtenues après hydrodistillation de la plante pendant 3 heures, avec des rendements variables (Tableau 25).

Tableau 25 : Rendements en huiles essentielles de quatre espèces de *Lippia* rencontrées au Burkina Faso.

Espèce	<i>Lippia chevalieri</i>	<i>Lippia multiflora</i>	<i>Lippia rugosa</i>	<i>Lippia savoryi</i>
Feuilles	0,6	1,5	0,2	0,3
Rendements	-----			
Fleurs	1,3	5,0	1,7	1,4
Lieu et date de récolte	Yagma octobre 1990	Boulbi novembre 1990	Boulbi novembre 1990	Saaba novembre 1990

Les rendements (exprimés en millilitre pour 100 grammes de matériel végétal) sont comparables pour trois espèces : 1,3 % pour *L. chevalieri*, 1,7 % pour *L. rugosa* et 1,4 % pour *L. savoryi* en ce qui concernent les fleurs. Les feuilles donnent des rendements plus disparates : 0,6 % pour *Lippia chevalieri*, 0,3 % et 0,2 % respectivement pour *Lippia savoryi* et *Lippia rugosa*. Les rendements pour *L. multiflora* sont beaucoup plus intéressants (1,5 % pour les feuilles et 5,0 % pour les fleurs).

D'une façon générale, on remarque que les fleurs donnent un meilleur rendement en huile essentielle que les feuilles ; la période favorable de récolte des plantes se situerait donc à la floraison.

Les analyses chromatographiques des échantillons de *L. chevalieri*, *L. rugosa* et *L. savoryi* sont rassemblés dans le tableau 26.

Tableau 26 : Analyse comparative des huiles essentielles obtenues par hydrodistillation des sommités fleuries de *L. chevalieri*, *L. rugosa* et *L. savoryi* du Burkina Faso ⁽¹¹⁷⁾.

Composés	Pourcentages		
	<i>Lippia chevalieri</i>	<i>Lippia rugosa</i>	<i>Lippia savoryi</i>
Monoterpènes hydrocarbonés	18,4	8,7	12,7
α- Thujène	0,1	0,1	0,1
α- Pinène	0,8	0,3	0,4
Camphène	0,6	0,3	0,5
Sabinène	4,6	0,3	2,1
Myrcène	0,7	0,1	0,5
α- Phellandréne	3,9	3,2	2,5
para- Cymène	2,2	0,5	0,5
Limonène	2,0	0,7	1,2
cis-β- Ocimène	3,2	2,9	4,6
γ- Terpinène	0,1	0,1	0,1
Terpinolène	0,1	0,1	0,1
Monoterpènes oxygénés	22,4	2,8	12,3
1,8- Cinéole	20,2	1,7	10,3
Linalol	0,2	0,1	0,4
Camphre	2,0	1,0	1,6
Sesquiterpènes hydrocarbonés	50,8	48,1	60,1
α- Copaène	0,7	0,3	0,5
β- Elémène	0,5	0,4	0,6
β- Caryophyllène	33,3	25,7	41,0
α- Humulène	2,0	1,7	2,0
Allo- aromadendrène	0,9	1,0	0,7
Germacrène D	12,5	18,0	14,1
Viridiflorène	0,6	0,3	0,7
Bicyclogermacrène	-	0,3	-
δ- Cadinène	0,3	0,4	0,5
Sesquiterpènes oxygénés	6,5	38,9	14,3
Elémol	3,8	23,2	9,4
Epoxy- caryophyllène	1,9	8,1	1,8
γ- Eudesmol	0,2	2,8	0,8
Γ- Cadinol	0,1	0,5	0,1
β- Eudesmol	0,2	2,1	0,9
α- Eudesmol	0,3	2,2	1,3
Total	98,1	98,5	99,4

XII-3-5- Résultats et Discussion.

Leurs compositions chimiques sont semblables sur le plan qualitatif. Elles contiennent toutes une proportion importante de sesquiterpènes appartenant au groupe des caryophyllanes et à celui des germacrènes et de leurs dérivés cyclisés élémanes et eudesmanes. L'espèce *L. rugosa* se

distingue pourtant par une teneur élevée en eudesmol, alors que les deux autres espèces sont caractérisées par des taux relativement plus importants de monoterpènes parmi lesquels le 1,8 cinéole est le plus abondant.

Une étude comparative montre que les trois espèces ne se rattachent à aucune des espèces africaines précédemment décrites. En effet, la seule espèce riche en sesquiterpènes déjà étudiée, *L. carviadora* var. *minor*, se caractérise par des teneurs élevées en bêta-cubébène et en bêta-élémane, composés absents ou minoritaires dans les huiles essentielles des espèces récoltées au Burkina Faso. Ces compositions chimiques particulières permettent enfin d'éliminer toute ambiguïté quant à la synonymie éventuelle des espèces *L. multiflora* et *L. chevalieri*. Les formules des constituants majoritaires des trois espèces (*L. chevalieri*, *L. rugosa* et *L. savoryi*), sont représentées (Figure 39).

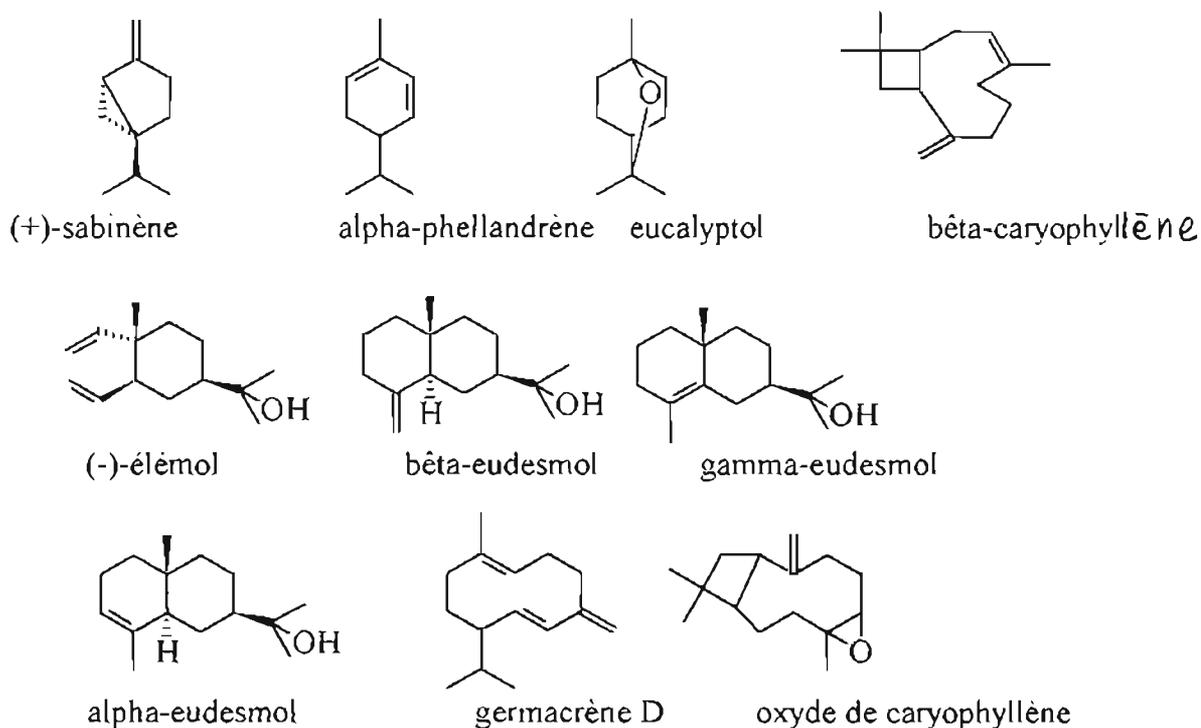


Figure 39 : Formules des constituants majoritaires des huiles essentielles de *L. chevalieri*, *L. rugosa* et *L. savoryi*.

Les trois essences sont caractérisées par des teneurs importantes en hydrocarbures sesquiterpéniques : 50,8 % pour *Lippia chevalieri*, 48,1 % pour *Lippia rugosa* et 60,1 % en ce qui concerne *Lippia savoryi*. Les sesquiterpènes oxygénés sont bien représentés dans *Lippia rugosa* (38,9 %) contre 14,3 % dans *Lippia savoryi* et seulement 6,5 % dans *Lippia chevalieri*. Les hydrocarbures monoterpéniques et les monoterpéniques oxygénés sont moins abondants : 18,4

et 22,4 % pour *Lippia chevalieri*, 8,7 et 2,8 % pour *Lippia rugosa* et enfin 12,7 et 12,3 % pour *Lippia savoryi*.

L. multiflora a une composition chimique particulière (Tableau 27).

Tableau 27 : Composition chimique de l'huile essentielle de *Lippia multiflora* du Burkina Faso

Composés	Indice de rétention (OV101)	Pourcentages (%)
Monoterpènes hydrocarbonés		7,9
α - Thujène	926	1,2
α - Pinène	934	0,3
Sabinène	969	0,1
β - Pinène	973	0,1
Myrcène	985	1,3
α - Phellandréne	998	0,8
β - Terpinène	1006	0,1
trans- α - Ocimène	1011	0,6
trans- β - Ocimène	1042	0,2
γ - Terpinène	1053	3,1
Terpinolène	1080	0,1
Monoterpènes oxygénés		3,1
1,8- Cinéole	1024	1,4
Hydrate de trans- sabinène	1060	0,1
Linalol	1089	0,3
Camphre	1125	0,1
Terpinèn- 4- ol	1167	0,9
Pipéritone	1219	0,2
Sesquiterpènes hydrocarbonés		7,4
α - Copaène	1378	0,1
β - Caryophyllène	1420	3,4
cis- β - Farnésène	1450	0,9
Curcumène	1454	2,2
α - Humulène	1461	0,1
α - Cadinène	1478	0,2
Bisabolène	1493	0,4
Cadalène	1664	0,1
Sesquiterpènes oxygénés		1,8
Cubébol	1502	0,2
Epoxy- caryophyllène	1575	1,5
Lédoïl	1588	0,1
Aromatiques		76,9
para- Cymène	1016	16,8
Benzoate d'éthyle	1154	0,1
Thymol	1284	30,6
Carvacrol	1291	7,5
Acétate de thymyle	1335	20,8
Eugénoïl	1351	1,1
Total		97,0

L'huile essentielle de *Lippia multiflora* du Burkina Faso contient seulement 7,9% d'hydrocarbures monoterpéniques et 3,1 % de monoterpéniques oxygénés. Les sesquiterpènes hydrogénés (5,2 %) et oxygénés (1,8 %) sont également peu abondants. Par contre les composés aromatiques représentent 76,9 % de la composition totale de l'essence, avec les taux importants en thymol (30,6 %), acétate de thymyle (20,8 %), para- cymène (16,8 %) et carvacrol (7,5 %) ;

l'eugénol (1,1 %) est à un taux faible. Les structures des composés majoritaires sont rassemblées dans la figure 40 :

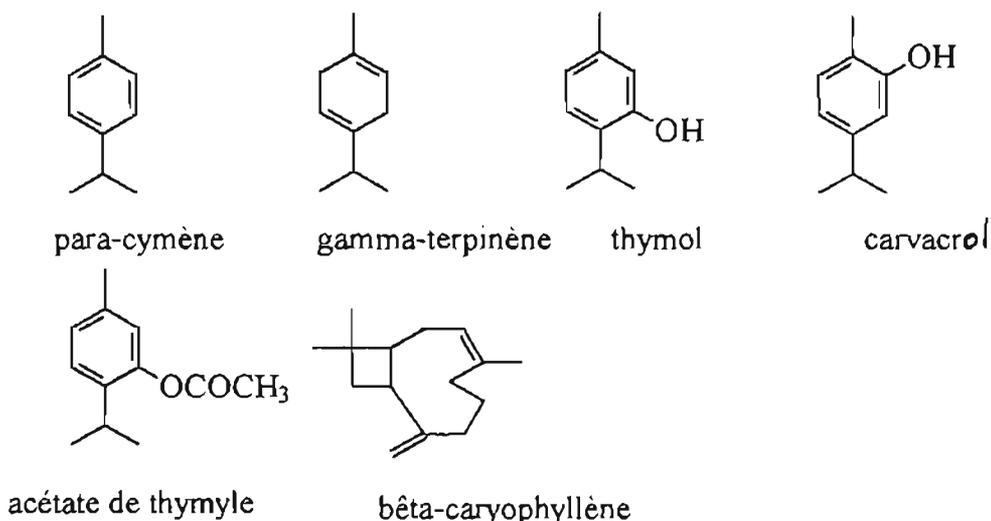


Figure 40 : Formules des constituants majoritaires de l'huile essentielle de *L. multiflora*.

On constate donc une forte majorité de constituants aromatiques dans cette huile essentielle.

Le thymol (30,6 %) et son acétate (20,8 %) représentent plus de 50 % du mélange. L'examen des activités antiradicalaire et antioxydante de cette essence devrait permettre de confirmer la dominance des constituants aromatiques notamment le thymol et son acétate.

En conclusion partielle, les résultats de l'analyse des espèces aromatiques récoltées au Burkina Faso, nous permet de les classer en deux groupes.

Le premier groupe correspond aux huiles essentielles dont les compositions chimiques ne nous permettent pas de tirer une conclusion définitive en ce qui concerne leur valorisation. Des études complémentaires seront donc menées sur les extraits (volatils et non volatils) de ces plantes (*Blumea aurita*, *Boswellia dalzielii*, *Daniellia oliveri*, *Elionurus elegans*).

Le deuxième groupe comprend les huiles essentielles susceptibles d'être exploitées pour un et/ ou plusieurs constituants (*Mentha piperita*, *Ocimum basilicum*, *Eucalyptus citriodora*, *Eucalyptus crebra*, *Eucalyptus torelliana*, *Lippia multiflora*). A l'exception de *Lippia multiflora*, toutes ces espèces sont cultivées au Burkina. Traditionnellement, elles sont utilisées : *Mentha piperita* et *Ocimum basilicum* dans l'alimentation ; *Lippia multiflora* en boisson théiforme et les eucalyptus en médecine.

**CHAPITRE XIII : SCREENING DES PROPRIETES
ANTIOXYDANTES ET ANTIRADICALAIRES
D'HUILES ESSENTIELLES**

XIII Screening d'huiles essentielles de leurs propriétés antioxydantes et antiradicalaires.

XIII-1-Introduction.

Les propriétés antioxydantes et antiradicalaires, de trois espèces de *Cymbopogon* du Burkina Faso : *Cymbopogon citratus* (DC) Stapfs, *Cymbopogon giganteus* Chiov. et *Cymbopogon proximus* Stapf Syn. *Cymbopogon schoenanthus* (L.) Spreng. Sbsp. *proximus* (A. Rich.) Maire & Weiller ^[123], ont été étudiées par C. MENUT et coll. ^[120]. Ces auteurs ont montré que l'activité antioxydante et le pouvoir antiradicalaire, des huiles essentielles de ces trois plantes, comparés au ter-butylhydroxy toluène (BHT) et δ- tocophérol, sont très faibles ; les valeurs trouvés en ce qui concerne l'activité antioxydante sont : 1,54 pour *C. proximus*, 1,04 pour *C. giganteus* et 0,105 pour *C. citratus* ^[123]. Les propriétés antiradicalaires testées, sur les mêmes plantes sur le radical diphénylpicrylhydrazyl (DP.P.H.), ont donné les résultats suivants : *Cymbopogon citratus* a l'activité la plus forte, tandis que *Cymbopogon giganteus* et *Cymbopogon proximus* ne présentent pratiquement pas de réaction au test au DP.P.H.

Au vue de ces résultats, nous avons alors entrepris l'étude des propriétés antioxydantes et antiradicalaires, d'huiles essentielles dont les compositions chimiques de certaines sont décrites ci-dessus) ; d'autres faisant l'objet d'un vaste programme de travaux de recherche dans notre laboratoire. Nous avons commencé par le screening de ces huiles essentielles pour leurs activités antioxydantes et antiradicalaires.

XIII-2- Screening d'huiles essentielles pour leurs activités antioxydantes et antiradicalaires.

D'importants travaux sont effectués en ce moment sur les activités antioxydantes et antiradicalaires d'extraits volatils de plantes aromatiques. Nous pouvons citer, en exemples les travaux de CUVELIER M.E. et coll. ^[153], WANASUNDARA U. et coll. ^[191], BARATA M.T. et coll. ^[12] etc.

Nous avons entrepris l'évaluation des pouvoirs antioxydant et antiradicalaire d'huiles essentielles obtenues par hydrodistillation d'espèces aromatiques récoltées au Burkina : *Daniellia oliveri*, *Elionurus elegans*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus citriodora*, *Eucalyptus crebra*, *Hyptis suaveolens*, *Lippia chevalieri*, *Lippia multiflora*, *Lippia savoryi*, *Ocimum americanum* et *Ocimum basilicum*.

Nous avons pour commencer employé la méthode du test rapide utilisant la chromatographie sur couche mince, qui a l'avantage de permettre l'élimination éventuelle des huiles essentielles qui ne sont pas actives.

XIII-2-1- Action antiradicalaire.

Une solution de DP.P.H. dans du méthanol est vaporisée sur une plaque de silice où des échantillons d'huiles essentielles ont été préalablement déposés. La décoloration de la tache du pourpre au blanc indique que l'huile essentielle est active. L'huile essentielle est déposée telle quelle. L'acide ascorbique, le δ -tocophérol et le BHT sont utilisés comme témoins en solution à 5 % dans le méthanol. Le passage du pourpre au blanc est instantanée pour les huiles essentielles très actives. Pour les huiles essentielles moyennement actives il faut attendre quinze à vingt minutes pour voir apparaître la tache blanche ; au bout de trente minutes, la décoloration n'est pas évidente pour les huiles essentielles non actives.

XIII-2-2- Action antioxydante.

Une solution comprenant : du β -carotène, du chloroforme, de l'acide linoléique et de l'éthanol est vaporisée sur une plaque de silice ayant reçu les échantillons et les témoins. Celles des huiles essentielles qui demeurent oranges au bout de trois heures d'exposition à l'air libre comme le BHT, le δ -tocophérol et l'acide ascorbique peuvent être considérées comme ayant un pouvoir antioxydant.

XIII-3- Résultats.

Cette méthode nous a permis de classer nos huiles essentielles en quatre groupes :

- le premier groupe est constitué des essences présentant à la fois une activité antioxydante et antiradicalaire : *Ocimum basilicum*, *Elionurus elegans*, *Lippia chevalieri*, *Lippia multiflora* et *Lippia savoryi* ;
- le second groupe constitué d'une seule essence (*Ocimum americanum*), quant à lui présente une activité antioxydante mais pas d'activité antiradicalaire ;
- le troisième groupe présente une activité antiradicalaire mais pas d'activité antioxydante *Eucalyptus citriodora* et *Eucalyptus crebra* ;
- le quatrième groupe enfin, réunit les huiles essentielles ne présentant pas d'activité antiradicalaire, l'activité antioxydante n'ayant pas été testée : *Eucalyptus camaldulensis*, *Daniellia oliveri* et *Hyptis suaveolens* ;

La méthode de test rapide ne permet pas d'obtenir des résultats fiables. Par contre, la méthode décrite par MILLER et PRATT^[151] permet d'évaluer l'activité réelle par rapport à des substances dont l'activité est établie. Nous envisageons dans le futur, employer cette méthode pour l'évaluation des activités antioxydante et antiradicalaire de nos extraits volatils.

CONCLUSION GENERALE

Les plantes médicinales constituent un groupe numériquement vaste de plantes économiquement importantes. Elles contiennent des composants actifs utilisés dans le traitement de diverses maladies. Outre leur utilisation comme remèdes directs, on les emploie aussi dans les industries pharmaceutique, alimentaire, les cosmétiques et les parfums.

En ce qui concerne particulièrement les huiles essentielles, en plus des utilisations énumérées ci-dessus, elles peuvent être commercialisées et employées pour leurs activités biologiques : pouvoir antiseptique, pouvoir contre les affections respiratoires, propriétés antihelminthiques, antibactérienne et antifongique, pesticides, irritantes et toxicologiques.

Le but, du présent travail, a été l'étude des huiles essentielles de plantes aromatiques soudaniennes, plus particulièrement du Burkina Faso, obtenues par hydrodistillation.

Dans la première partie, nous avons donné un bref rappel bibliographique sur les huiles essentielles (chapitres I à IV). Des chapitres III et IV, nous proposons la valorisation des plantes aromatiques et des huiles essentielles au Burkina Faso. Pour ce faire, nous soulignons un certain nombre de facteurs favorables et défavorables dont il faut tenir compte, pour la culture des plantes aromatiques et l'extraction de leurs huiles essentielles. Ces facteurs sont pour l'essentiel de deux sortes : extrinsèques et intrinsèques (altérations et moyens de protection des huiles essentielles). Le chapitre V donne les justifications du choix du thème.

Dans la deuxième partie de notre travail, nous avons étudié les compositions chimiques d'huiles essentielles extraites de plantes aromatiques du Burkina Faso ; effectué le screening des propriétés antioxydantes et antiradicalaires de ces huiles. Nos résultats sont comparés avec ceux de la littérature. C'est ainsi que nous avons étudié les espèces végétales (chapitres VI à XII) choisies parmi les familles suivantes : Asteraceae, Burseraceae, Caesalpiniaceae, Lamiaceae, Myrtaceae, Poaceae et Verbenaceae. Ces différentes familles ont l'avantage de renfermer des espèces aromatiques que l'on trouve couramment au Burkina Faso ; elles sont employées diversement en pharmacopée traditionnelle, en alimentation etc.

Nos huiles essentielles obtenues par la méthode d'hydrodistillation est peu coûteuse et simple : le matériel d'extraction peut être fabriqué sur place ; la matière première est également disponible sur place ; les appareils d'analyse peuvent être installés dans des laboratoires disposant de moyens financiers modestes ; le coût serait facilement amorti par la production d'huiles essentielles commercialisables immédiatement.

Par exemples :

- les huiles essentielles des *Lippia* peuvent être exploitées en parfumerie et cosmétologie, ainsi que dans l'alimentation (les *Lippia* sont pris en boisson théiforme) ;

- l'huile essentielle de menthe est utilisable également dans l'alimentation ;
- l'huile essentielle d'*Ocimum basilicum* est utilisable pour le linalol (propriétés antiseptiques et parfumantes) et l'eugénol (propriétés antiseptiques) ;
- les huiles essentielles des Eucalyptus sont exploitables en médecine, en parfumerie et cosmétique et dans l'industrie chimique. Les essences des Eucalyptus sont caractérisées par une diversité de constituants mettant ainsi en évidence leur intérêt chimiotaxonomique. C'est ainsi que nous avons décrit pour la première fois, deux nouveaux composés : l'apodophyllone et l'isotorquatone isolés de l'huile essentielle d'*Eucalyptus apodophylla* ; nous avons également montré, que la torquatone et peut être la jensenone identifiées dans l'huile essentielle de cette plante, sont communes à plusieurs espèces d'Eucalyptus.

Compte tenu de la richesse de la flore burkinabè et de la diversité des espèces rencontrées dont un certain nombre d'entre elles restent mal connu, les recherches dans ce domaine sont prometteuses.

Les résultats pourraient permettre au Burkina Faso de développer plusieurs secteurs économiques : la parfumerie et la cosmétologie, la pharmacie, l'industrie agro-alimentaire, l'industrie chimique.

Dans le futur, nous comptons orienter nos travaux comme il suit :

- poursuivre l'inventaire des plantes aromatiques du Burkina Faso ;
- les repérer et les faire identifier, en vue de sélectionner celles qui ont été peu ou pas étudiées ;
- extraire et analyser les huiles essentielles de celles qui sont intéressantes en biologie et / ou en chimie ;
- mesurer les activités antioxydantes et antiradicalaires des huiles essentielles, en vue d'une meilleure connaissance de leurs propriétés pour en faire un bon usage ;
- mettre en place une technologie simple d'extraction des huiles essentielles en laboratoire, en vue de la proposer au monde industriel, pour une production commercialisable ;
- mettre en place un laboratoire de "contrôle de qualité" pour un suivi analytique dans l'hypothèse d'une production ;
- établir un partenariat entre notre équipe de recherche et le monde de l'industrie qui s'intéresse à la phytochimie ;
- établir un partenariat avec les autres chercheurs aussi bien du Sud que du Nord en vue d'une meilleure connaissance des propriétés des plantes et pour une contribution au patrimoine scientifique mondial.

CHAPITRE XIV : PARTIE EXPERIMENTALE

XIV-1- Tests chimiques préliminaires ⁽⁷³⁾.

XIV-1-1- Préparation des extraits.

Pour chaque espèce récoltée, les divers organes de la plante sont isolés les uns des autres, desséchés séparément à la température ne dépassant pas 45 °C et broyés finement. A partir de chacun des échantillons de poudre obtenus, on effectue les extraits suivants :

Première méthode : On recueille la solution résultant du broyage de 1 gramme de poudre avec 10 millilitres d'acide chlorhydrique ou d'acide phosphorique à 5 % en présence d'une faible quantité de sable.

Deuxième méthode :

(a) On laisse macérer 1 gramme de poudre préalablement humectée avec quelques gouttes d'ammoniaque dans 10 millilitres du mélange éther-chloroforme.

(b) On prépare une infusion de 2 grammes de poudre dans 40 millilitres d'eau.

(c) On laisse macérer 1 gramme de poudre dans 10 millilitres d'éther éthylique.

(d) On fait une macération identique mais avec de l'alcool éthylique à 50 %.

XIV-1-2- Réalisation des tests.

XIV-1-2-1- Alcaloïdes.

Première méthode : On effectue les réactions de MAYER et de DRAGENDORFF sur le filtrat résultant du broyage de la prise avec l'une des solutions acides.

Il arrive que certains chlorhydrates d'alcaloïdes sont insolubles dans l'eau et ne sont pas détectés par cette technique. Il vaut mieux dans ce cas utiliser l'acide phosphorique

Deuxième méthode : Les réactions de MAYER et de DRAGENDORFF sont effectuées sur l'extrait éthérochloroformique évaporé à sec et repris par l'un des deux acides précédents.

La première méthode détecte bien les ammoniums quaternaires, contrairement à la seconde mais elle risque aussi de donner des réactions positives avec certains protides. Pour éliminer cette cause d'erreur, il convient de vérifier que le précipité est bien soluble dans l'alcool éthylique.

Pour certains tests positifs, on peut évaluer la teneur, le nombre et la nature des alcaloïdes par une extraction préliminaire des "alcaloïdes totaux" sur un échantillon de 20 grammes de poudre végétal. Le procédé est classique :

Alcalinisation de la poudre végétale par l'ammoniaque au 1/2 ; extraction par le chlorure de méthylène, passage en phase acide puis basique, alcalinisation de la phase aqueuse par l'ammoniaque, extraction de la phase aqueuse alcalinisée par le chlorure de méthylène, évaporation de la phase organique après séchage sur sulfate de sodium anhydre. Le résidu alcaloïdique obtenu est examiné en chromatographie sur couche mince dans différents systèmes de

solvants.

XIV-1-2-2- Quinones.

Ces substances donnent une coloration rouge lorsqu'on ajoute de la soude à la macération étherée. Cette réaction n'est pas spécifique ; d'autres substances comme les auronnes donnent un résultat semblable. Il convient donc de confirmer ces indications par la réaction de BRISSEMORE et COMBES ^[73] qui, selon la coloration obtenue permet de distinguer les trois groupes de quinones : benzoquinones, naphthoquinones, anthraquinones. Cependant, il convient de préciser que certains de ces composés réagissent mal ou ne donnent la réaction que s'ils sont hydrolysés.

XIV-1-2-3- Saponosides.

La présence de ces composés est évaluée en mesurant la hauteur de mousse qui subsiste 10 minutes après une vigoureuse agitation de l'infusion aqueuse.

XIV-1-2-4- Stéroïdes/Terpénoïdes.

Ces deux groupes de corps sont décelés par la réaction de LIEBERMANN-BURCHARD ^[73] sur la macération étherée.

XIV-1-2-5- Cardénolides.

On recherche ces hétérosides en effectuant la réaction de KEDDE ^[73] sur la macération alcoolique.

XIV-1-2-6- Iridoïdes.

La plupart de ces substances donnent un précipité vert foncé ou bleu foncé, quand on chauffe l'infusion qui les renferme, en présence d'acide chlorhydrique. Cependant les iridoïdes appartenant au groupe des sécoiridoïdes ne sont pas décelés par cette réaction.

XIV-1-2-7- Composés phénoliques.

-Tannins : Si on fait agir le chlorure ferrique sur cette infusion, les tannins hydrolysables (galliques et ellagiques) donnent un précipité bleu. Les tannins condensés (cathéchiques ou flavanols-3 condensés et leucoanthocyanes ou flavanediols-3,4) ainsi que leurs constituants monomères donnent avec ce réactif un précipité vert. La présence des deux catégories de flavanols, qu'ils soient libres ou condensés est confirmée par la réaction de la vanilline chlorhydrique qui les colore en rouge.

Lorsque cette coloration apparaît au cours de l'hydrolyse chlorhydrique de l'infusion, on a la confirmation de la présence des leucoanthocyanes.

-Pigments flavoniques : La coloration de la fluorescence en lumière ultra-violette permet de déceler ces pigments. Quelques gouttes de la macération alcoolique sont déposées sur du papier à chromatographie ; après dessiccation, on note la fluorescence primaire puis les

fluorescences secondaires, d'abord dans les vapeurs d'ammoniac puis après addition d'une goutte d'une solution alcoolique de chlorure d'aluminium. L'exaltation de ces fluorescences secondaires est une indication positive. On peut également pratiquer la réaction dite de la cyanidine (action du magnésium en milieu chlorhydrique) sur l'hydrolysate de l'infusé extrait ensuite par l'éther. La nature de la coloration obtenue donne des renseignements sur les types de pigments flavoniques en présence ; mais tous ne réagissent pas.

Quand les tests précédents sont positifs, on pratique deux séries de chromatographie sur papier, d'une part sur la macération alcoolique pour repérer les hétérosides, avec pour solvants le butanol-acétique et la solution d'acide acétique à 15 %, et d'autre part sur l'extrait hydrolysé repris par l'éther pour comparer les génines à des témoins en prenant pour solvants le forestal et le butanol-acétique.

XIV-2- Extraction des huiles essentielles.

Les huiles essentielles ont été obtenues par hydrodistillation des organes traités (feuilles, sommités fleuries, écorces), par fraction de 200 grammes, pendant des durées de 3 à 8 heures, avec un CLEVANGER ; les essences moins denses que l'eau, sont séparées par simple décantation et séchées sur sulfate de sodium anhydre avant analyse.

Les rendements exprimés en volume d'huile essentielle (ml) obtenu à partir de 100 grammes de matériel végétal, sont le résultat de trois (3) extractions minimum.

Les résultats sont rassemblés dans le tableau 28.

Tableau 28 : Rendements en huiles essentielles.

Nom de la plante	Famille	Organe de la plante	Nombre d'extractions	Rendement (%)
<i>Blumea aurita</i>	Asteraceae	Feuilles	7	0,3
<i>Boswellia dalzielii</i>	Burseraceae	Feuilles - Rameaux	5	0,05 - 0,4
<i>Daniellia oliveri</i>	Caesalpinaceae	Ecorces	3	0,4
<i>Eliomurus elegans</i>	Poaceae	Feuilles	8	0,9
<i>Eucalyptus alba</i>	Myrtaceae	Feuilles	7	1,2
<i>E. apodophylla</i>	Myrtaceae	Feuilles	7	0,5
<i>E. camaldulensis</i>	Myrtaceae	Feuilles	7	1,2
<i>E. citriodora</i>	Myrtaceae	Feuilles	7	2,0
<i>E. crebra</i>	Myrtaceae	Feuilles	7	3,0
<i>E. torelliana</i>	Myrtaceae	Feuilles	7	0,1
<i>Lantana camara</i>	Verbenaceae	Feuilles	5	0,3
<i>Lippia chevalieri</i>	Verbenaceae	Feuilles - Fleurs	7	0,6 - 1,3
<i>Lippia multiflora</i>	Verbenaceae	Feuilles - Fleurs	7	1,5 - 5,0
<i>Lippia rugosa</i>	Verbenaceae	Feuilles - Fleurs	7	0,2 - 1,7
<i>Lippia savoryi</i>	Verbenaceae	Feuilles - Fleurs	7	0,3 - 1,4
<i>Mentha piperita</i>	Lamiaceae	Feuilles	7	1,9
<i>Ocimum basilicum</i>	Lamiaceae	Feuilles	7	1,5

XIV-3- Analyse des huiles essentielles.

L'identification des constituants a été réalisée par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (CPG/SM), après examen des données spectrales et des indices de rétention des constituants élués [3, 89].

Le couplage a été effectué sur un appareil HEWLETT-PACKARD modèle 5970 (système de détection quadrupolaire) équipé d'une colonne capillaire en silice fondue de 25 m x 0,25 mm de type DB1; programmation de température 60° C (1 minute), de 60 à 250° C, avec un gradient de 5° C /minute. Le gaz vecteur employé est l'hélium ; les spectres de masse ont été enregistrés à 70 eV.

Les indices de rétention ont été déterminés par chromatographie en phase gazeuse sur deux colonnes capillaires en silice fondue (25 m x 0,25 mm) de type OV101 et CARBOWAX 20M (25 m x 0,22 mm) avec programmation de température de 50 à 200° C et un gradient de 5° C /minute. Les températures de l'injecteur et du détecteur sont fixées respectivement à 220° C et 250° C. Le gaz vecteur employé est de l'azote avec un débit de 0,8 ml /minute. Les chromatogrammes sur lesquels les analyses ont été effectuées sont DELSI (Série 330) et SHIMADZU GC-14A équipés de détecteurs à ionisation de flamme. Les pourcentages relatifs des différents constituants ont été calculés par la méthode des aires (intégrateur modèle C-R4A) sans tenir compte des différences éventuelles dans leurs coefficients de réponse.

On procède à l'injection de 1 μ l (colonne apolaire) et 2 μ l (colonne polaire) d'une solution à 10 % environ d'huile essentielle dans le pentane.

Les indices de rétention des différents constituants (Indices de Kovats) dans les conditions isothermes sont calculés après co-injection de l'huile avec un mélange d'alcane linéaires sur les deux colonnes.

XIV-4- Isolement et identification des constituants : apodophyllone (27) et isotorquatone (29) de l'huile essentielle de *Eucalyptus apodophylla*.

XIV-4-1- Récolte de la plante.

Les feuilles d'*E. apodophylla* ont été récoltées dans la forêt classée de Dinderesso, localité située à 15 km de Bobo-Dioulasso (Burkina Faso), respectivement en août et septembre 1994 pour les échantillons 1 et 2. L'identification botanique a été faite par Docteur Diallo B. O. (Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique à Ouagadougou).

XIV-4-2- Isolement et identification.

L'apodophyllone (27) et l'isotorquatone (29) ont été isolés, par chromatographie sur colonne de l'échantillon 2, sur gel de silice 60 (Merk, 70-230 mesh ASTM) élué graduellement avec un mélange pentane-éther anhydre. On obtient deux fractions (F_{14} et F_{16}) contenant les composés (27), (29) mais aussi le composé (30) : torquatone.

Les spectres de résonance magnétique nucléaire du proton et du carbone 13 des fractions F_{14} et F_{16} ont été enregistrés à 400 MHz dans $CDCl_3$; les résultats sont donnés (Tableaux 15a, 15b et en annexes).

XIV-5- Screening des propriétés antioxydantes et antiradicalaires (en chromatographie sur couche mince).

XIV-5-1- Action antiradicalaire.

Une solution de DP.P.H. (80 microgrammes par millilitre de méthanol) est vaporisée sur une plaque de silice où des échantillons d'huiles essentielles ont préalablement été déposés. La décoloration de la tache, du pourpre au blanc, indique que l'huile essentielle est active. L'huile essentielle est déposée telle quelle. L'acide ascorbique, le delta-tocophérol et le BHT sont utilisés comme témoins en solution à 5 % dans le méthanol.

XIV-5-2- Action antioxydante.

Une solution de bêta-carotène (12 milligrammes dans 30 millilitres de chloroforme + 2 gouttes d'acide linoléique + 60 millilitres de méthanol), est vaporisée sur une plaque de silice ayant reçu les échantillons et les témoins. Celles des huiles essentielles qui demeurent oranges au bout de 3 heures d'exposition à l'air libre comme le BHT, le delta-tocophérol et l'acide ascorbique

peuvent être considérées comme ayant un pouvoir antioxydant.

BIBLIOGRAPHIE

- 1 **ABOU-DAHAB A.M. and ABOU-ZEID E.N. (1973)**, Seasonal changes in the volatile oil, cineole, and rutin contents of *Eucalyptus camaldulensis* and *E. polyanthemos*. *Egypt. J. Bot.*, 16, p. 345-348.
- 2 **Les actualités économiques (1996)**, Huile essentielle : une production mondiale de 45000 tonnes, *Parfums Cosmétiques Actualités*, 127, p. 26-30.
- 3 **ADAMS (1989)**, *Identification of Oils by Trap Mass Spectrometry Academic Press, New York.*
- 4 **ADHIKAR S.R., SHAKYA R. (1991)**, *Eucalyptus camaldulensis* leaf oil : a new source of medicinal eucalyptus oil. *J. Nepal Chem. Soc.*, 10, p.14-19.
- 5 **ADJANOHOUN E., CUSSET G., ISSA LO, KEITA A., LE BRAS M., LEJOLY J. (1994)**, *Banque de données et de Médecine traditionnelle et Pharmacopée (PHARMEI), Seconde édition, Agence de Coopération Culturelle et Technique, p. 98-106.*
- 6 **ADRIAN J.L. (1996)**, Huile essentielle d'orange/d-limonène : enjeux mondiaux, *Arômes Ingrédients Additifs*, 6, p. 43-45.
- 7 **AFNOR (1989)**, *Recueil de Normes Françaises, "huiles essentielles". AFNOR, 3 ème édition, Paris, 609 p.*
- 8 **AFNOR, T75-101, 102, 103, 111, 112, 113, 114, 117, 210, 225, 244, 247.**
- 9 **AFNOR, T60-220.**
- 10 **AYEDOUN M. A., SOHOULOUE D. K., MENUT C., LAMATY G., MOLANGUI T., CASANOVA J. and TOMI F. (1998)**, Aromatic Plants of Tropical West Africa. VI. alpha-oxobisabolène as main constituent of the leaf essential oil of *Commiphora africana* (A. Rich) Engl. from Benin. *J. Essent. Oil Res.*, 10, p.105- 107.
- 11 **BAINES D.A., ALAN J.R., WEBB T.C., CAMPION-SMITH LH. (1970)**, *Tetrahedron*, 26, p. 4901-4913.
- 12 **BARATTA M.T., DORMAN H.J.D., DEANS S.G., BIONDI D.M. and RUBERTO G. (1998)**, Chemical Composition, Antimicrobial and Antioxidative Activity of Laurel, Sage, Rosemary, Oregano and Coriander Essential Oils, *J. Essent., Oil Res.*, 10, p. 618-627.
- 13 **BARRE J.T., BOWDEN B.F., COLL J.C., DE JESUS J., DE LA FUENTE V.E., JANAÏRO G.C. and RAGASA C.Y.(1997)**, A bioactive triterpene from *Lantana camara*, *Phytochemistry, May*, 45 : 2, p.321- 324.
- 14 **BASSET F. (1995)**, Huile essentielle : un marché et une problématique mondiale, *Parfums Cosmétiques Arômes*, 121, p. 51-58.
- 15 **BEAUD P., RAMUZ A. (1975)**, *Trav. Chem. Alim. Hyg.*, 66, p. 384-389.

- 16 BELANGER A. et KHANIZADEH S. (1996)**, Influence de la composition chimique des huiles essentielles de différents géotypes de fraisiers sur la résistance aux acariens, *Rivista Italiana EPPOS, Numéro spécial*, p. 442-447.
- 17 BELANGER A., DEXTRAZE L., NACRO M., SAMATE D.A., COLLIN G., GARNEAU F-X. et GAGNON H. (1995)**, Compositions chimiques d'huiles essentielles de plantes aromatiques du Burkina Faso, *Rivista Italiana EPPOS, Numéro spécial, Actes des 13^{èmes} Journées Internationales Huiles essentielles, Dignes-Les-Bains 1- 2- 3- Septembre 1994*, p. 299-311.
- 18 BELEMTUGRI R.G., SAMATE D.A. et MILLOGO J.- RASOLODIMBY (1995)**, *Sapinum grahamii* (STAPF) PRAIN : Plante cardiotonique, *Revue Méd. Pharm. Afri., Vol. 9, N° 2*, p. 21-31.
- 19 BERHAUT J. (1974)**, *Flore illustrée du Sénégal, Tome II*, p.127- 128 et 459.
- 20 BERHAUT J. (1967)**, *Flore du Sénégal, 2ème édition, Clairafrique, Editions Clairafrique, Dakar* p. 396.
- 21 BIGNELL C.M. and DUNLOP P.J. (1994)**, Volatile leaf oils of some south-western and southern Australian species of the genus *Eucalyptus*. Part I Subgenus *Symphyomyrtus*, section *Dumaria*, series *Incrassatae*, *Flavour Fragr. J. 9*, 113-117.
- 22 BIGNELL C.M., DUNLOP P.J., BROPHY J.J. and JACKSON J.F. (1996)**, Volatile leaf oils of some south-western and southern Australian species of the genus *Eucalyptus*. Part IX Subgenus *Symphyomyrtus*, section *Bisectaria*, (a) series *Elongatae*, (b) Unpublished series *Stricklandiae*, (c) series *Kruseanae* and (d) series *Orbifoliae*, *Flavour Fragr. J. 11*, 95-101.
- 23 BIGNELL C.M., DUNLOP P.J., BROPHY J.J. and JACKSON J.F. (1996)**, Volatile leaf oils of some south-western and southern Australian species of the genus *Eucalyptus*. Part X Subgenus *Symphyomyrtus*, section *Bisectaria*. (a) Unpublished series *Erectae*, (b) series *Contortae* and (c) series *Decurvae*, *Flavour Fragr. J. 11*, 101-106.
- 24 BIGNELL C.M., DUNLOP P.J., BROPHY J.J. and FOOKES C.J.R. (1997)**, Volatile leaf oils of some south-western and southern Australian species of the genus *Eucalyptus* (series I) Part XIV Subgenus *Monocalyptus*, *Flavour Fragr. J. 12*, 177-183.
- 25 BIGNELL C.M., DUNLOP P.J., BROPHY J.J. and JACKSON J.F.(1996)**, Volatile leaf oils of some south-western and southern Australian species of the genus *Eucalyptus*. Part XII A. Sugenus *Eudesmia* B. Subgenus *Symphyomyrtus* (a) section *Exsertaria*, (b) series *Globulaires*. *Flavour Fragrance J., 11*, 145-151.

- 26 BIGNELL C.M., DUNLOP P.J., BROPHY J.J. and JACKSON J.F. (1996)**, Volatile leaf oils of some south-western and southern Australian species of the genus *Eucalyptus* Part VII Subgenus *Symphomyrtus*, section *Exsertaria*, *Flavour Fragrance J*, *11*, 35-41.
- 27 BISSANGOU M.F. (1993)**, Contribution à l'étude des composés organiques volatils extraits de plantes aromatiques subsahariennes, *Thèse de Doctorat, Université de Montpellier II*.
- 28 BLAKEWAY J.M., FREY M.L., LACROIX S., SEU-SALERNO M. (1986)**, *XIV I.F.S.C.C. Congress, Barcelona, I, p. 245-263*.
- 29 BOLAND D.J., BROPHY J.J., HOUSE A.P.N. (1991)**, *Eucalyptus Leaf Oils. Use, Chemistry, Distillation and Marketing, Inkata Press: Melbourne, Australia*.
- 30 BOLAND D.J., BROPHY J.J. and FOOKES C.J. (1992)**, Jensenone, a ketone from *Eucalyptus jensenii*, *Phytochemistry*, *31 (6)*, 2178-2179.
- 31 BONAFOS -KOUDA M. (1998)**, Etude de molécules à propriétés pesticides, tannantes et /ou colorantes, Thèse de Doctorat ès Sciences Physiques, Université de Ouagadougou, 141 p.
- 32 BONZI-COULIBALY Y. L., BADO J., N'GUESSAN T. Y. et SIB F. S. (1997)**, Effets des facteurs de variabilité du rendement et de la composition chimique d'huiles essentielles de plantes aromatiques : Cas d'*Eucalyptus camaldulensis* en zone soudano-sahélienne. *J. SOACHIM 003*, p. 55-67.
- 33 BOUKEF M.K.**, Médecine Traditionnelle et Pharmacopée (1986) : Les plantes dans la médecine *A.C.C.T., Paris, 165-169*.
- 34 BOUQUET A. (1972)**, Plantes médicinales du Congo-Brazzaville : *Uvariopsis, Pauridiantha, Diospyros, ORSTOM, Paris, p. 1-40*.
- 35 BOURREL C., VILAREM G., MITJAVILA S., FERNANDEZ Y. et GASET A. (1996)**, Valorisation de quelques Labiées dans le domaine de la conservation, Etudes des propriétés fongistatiques, bactériostatiques et anti-oxydantes, *Rivista Italiana EPPOS, Numéro spécial, p. 429-434*.
- 36 BRAUN O. (1979)**, *Ernähr. Nut. 3 (10), p. 505-507*.
- 37 BROPHY J.J., GOLDSACK R.J. and FORSTER P.I. (1994)**, The essential oils of *Choricarpia leptopetala* (F. Muell.) Domin and *C. subargentea* (C.T. White) L.A.S. Johnson (Myrtaceae), *Flavour Fragr. J. 9(1)*, 7-10.
- 38 BROPHY J.J. and JOGLIA M.K. (1986)**, Essential Oils from Fijian *Ocimum basilicum* L., *Flavour frag. J., 1, 53-55*.
- 39 BROWNING D.R. (1971)**, *Chromatographie, Masson & Cie, Paris, 164 p.*

- 40 BRUNETON J. (1993), *Pharmacognosie, Phytochimie, Plantes Médicinales, Tec & Doc. Lavoisier, Paris, 2ème édition, 915 p.*
- 41 BRUNKE E.J., HAMMERS CHMIDT F.J. et SCHAUS G. (1993), Analyses “head space” de plantes médicinales, *Parfums Cosmétiques Arômes, 10, p. 45-56.*
- 42 BRUNKE E J., GRAVEN E.J., HAMMERSCHMIDT F.J. et SCHMAUS G. (1989) “20th International Symposium on Essential Oils”, Würzburg, West Germany, Septembre.
- 43 CARBILLET F.(1973), *Thèse Med. Strasbourg, 71.*
- 44 CHALCHAT J.C., GARRY R.Ph., MICHET A., BASTIDE P. et MALHURET R. (1987), Corrélation composition chimique/activité antimicrobienne : I-Activité de l’huile essentielle de Pin Sylvestre à chémotypes différents vis-à-vis d’*Escherichia coli*, *Plantes médicinales et Phytothérapie, 21 (1), p. 26-35.*
- 45 CHALCHAT J.C., GARRY R.Ph., BASTIDE P., FABRE F. et MALHURET R. (1991), Corrélation composition chimique/activité antimicrobienne : V-Contribution à la comparaison de 2 méthodes de détermination des CMI, *Plantes médicinales et phytothérapie, 25 (4), p.184-193.*
- 46 CHALCHAT J.C. GARRY R.-Ph. and MICHET A. (1997), Variation of the Chemical Composition of Essential Oil of *Mentha piperita* L ; during the growing time, *J. Essent. Oil Res., 9, p. 463-465 (Jul/Aug).*
- 47 CHALCHAT J.C., YAYI E. et MOUDACHIROU M., Les Ocimums : Traditions et usages (1999), *Actes des 18 èmes Journées Internationales Huiles Essentielles et Extraits, Rivista Italiana Eppos.*
- 48 CHALCHAT J.C., MICHET A. et PASQUIER B. (1999), Les Ocimums : Quelques variétés types, *Actes des 18 èmes Journées Internationales Huiles Essentielles et Extraits, Rivista Italiana Eppos.*
- 49 CHOGO J. et CRANK G. (1982), *J. Nat. Prod., 45 (2), p.186- 188.*
- 50 CLARK B.C., POWELL C.C., RADFORD T. (1977), *Tetrahedron, 33, p. 2187-2191.*
- 51 COMPTES RENDUS DE TRAVAUX (1992), *Réunion Scientifique Internationale sur la Valorisation des Productions Végétales : Cas des produits aromatiques et des huiles essentielles, Kigali (RWANDA), Avril., 331 p.*
- 52 CROTEAU R. (1986), *Biochemistry of Monoterpenes and Sesquiterpenes of the Essentials Oils Herbs, Spices and medicinal plants, Recent Avances in botany, horticulture and pharmacology, Vol. I, Oryx Press, Phoenix, p. 81-133.*

- 53 CUVELIER M. E., BERSET C. et RICHARD H. (1990), Essais comparatifs du pouvoir anti-oxydant du buthyl-hydroxyanisole, du buthyl-hydroxytoluène, des alpha-et gamma-tocophérols et d'extraits de romarin et de sauge, *Sciences des aliments* 10, p. 797-806.
- 54 DEHOFFMAN E., CHARETTE J. et STROOBANT V. (1994), *Spectrométrie de masse*, Masson, Paris, 341 p.
- 55 DERBESY M. (1997), Reproductibilité des extraits naturels industriels, *Parfums Actualités Cosmétiques*, 132, p. 57-59.
- 56 DETHIER M. (1996), Contribution à l'étude des plantes aromatiques du Burundi, *Thèse de doctorat, Université de Montpellier II*, 275 p.
- 57 DETHIER M., NDUWMANA A., CORDIER Y., MENUT C. and LAMATY G. (1994), Aromatic Plants of Tropical Central Africa. XVI. Studies on essential oils of five Eucalyptus species grown in Burundi. *J. Essent. Oil Res.*, 6, p. 469- 473.
- 58 DEYSSON G. (1978), (1979), *Organisation et classification des plantes vasculaires, Tomes II, (en deux parties), Soc. d'édi. et d'Ens. Sup., Paris, 385 et 540 p.*
- 59 DHAWAN A.K., PATON D.M. and WILLING R.R. (1979), Occurrence and bioassay responses of G. A plant growth regulator in Eucalyptus and other Myrtaceae. *Planta* 146, 4419.
- 60 DJIBO A.K. (2000), Analyse des huiles essentielles de quelques plantes de la flore du Burkina Faso, appartenant aux familles des Lamiaceae (*Hyptis spicigera* Lam., *Hyptis suaveolens* Poit., *Ocimum americanum* L.) et des Poaceae (*Cymbopogon schoenanthus* L.) Spring, *Cymbopogon giganteus* Chiov. et *Cymbopogon citratus* (DC) Stapf., *Doctorat troisième cycle Université de Ouagadougou* 141 p. + Annexes.
- 61 DUNLOP C.M., BIGNELL P.J. and BROPHY J.J. (1998), *Flavour Fragr. J.* 13, 131.
- 62 ECOLE J. (1985), *P.C.A.*, 65, p. 87-89.
- 63 ELAKOVICH S.T. et OGUNTMEIN B.O. (1987), *J. Nat. Prod.*, 50 (3), p. 503- 506.
- 64 EL WAKEIL F., KHAIRY S., MORSI M., FARAG R.S., SHIHATA A.A., BADEI Z.A. (1986), *SEIFEN, OLE, FETTE, WACHSE*, 112 (10), p. 348-353.
- 65 ERMAN W. F. (1985), *Chemistry of monoterpenes*, Bale, Inc., New-York, p. 1-814.
- 66 FRANCHOMME P. (1996), L'aromathérapie exactement, *Nouvelles éditions Jollois, Lomoges.*
- 67 FEHR D. (1980), *Pharm. Ztg.*, 125 (273), p. 1300-1303.
- 68 GANABA S., GUINKO S., SAMATE D.A. et MILLOGO - RASOLODIMBY J. (1996), Anastomose racinaire entre *Acacia raddiana* Savi et *Balanites aegyptiaca* (L.) DEL. en Région sahélienne, *Annales de l'Université de Ouagadougou, Série B, Vol. IV*, p. 337-347.

- 69 GARG S.K., SHAH M.A., GARG K.M., FAROOQUI M.M. and SABIR M. (1997)**, Antilymphocytic and immunosuppressive effects of *Lantana camara* leaves in rats, *Indian J. Exp. Biol., Dec., 35: 12, p.1315- 1318.*
- 70 GARNERO J. (1977)**, *P.C.A., 14, p.31-42.*
- 71 GARNIER G., BEZANGER-BEAUQUESNE L. et DEBRAUX M. (1961)**, Ressources médicinales de la flore française, Vol. II, *Vigot Frère, Paris, p. 96.*
- 72 GRAVEN E.H., COLLINS N.F. et HUTCHINGS A. (1992)**, "23th International Symposium on Essential Oils, Auchincruive, Ayr, Scotland Septembre.
- 73 GRENAUD P., MORETTI C. et JACQUEMIN H.**, Pharmacopées traditionnelles en Guyane, Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération, *Editions de l'ORSTOM, p.30-32.*
- 74 GUIGNARD J.L. (1983)**, *Abrégé de botanique, Masson, 5 ème édition, Paris, 259 p.*
- 75 GUILLOT M. (1971)**, *Recherche, 18, p. 69-79.*
- 76 GUILLOT M., PELPEL A. (1983)**, *Ann. Pharm. Franç. 41 (1), p. 25-29.*
- 77 GUINKO S. (1984)**, Flore et végétation de Haute- Volta, *Thèse de doctorat d'état, Bordeaux III, Volume 1, 467 p.*
- 78 GUNAY GUNIZ (1974)**, Natural oils extracted from eucalyptus trees, *Eucalyptus camaldulensis*, in the Antalya (Turkey) region. *Bogazici Univ. Derg., Temel Bilimler, 1, p. 61-94.*
- 79 GUYOT M. (1992)**, *Systématique des angiospermes : référence à la flore du Togo, Editogo, 217 p.*
- 80 HAENSER J., LOMBARD R., LEDERER E. et OURISSON G. (1961)**, Isolement et structure d'un nouveau diterpène : l'acide daniellique- Stérochimie de l'acide daniellique. *Tetrahedron Lett., 12, p. 205-214.*
- 81 HARRY F., NEIL A. P., JESSICA M. L., ANDREW L., RICHARD B., STEVE J. C., ULRICH D., JOHN G. M., MARTIN R. O., MIKE D., BUCKLEY D., BARRY C. R., CAMPBELL C., DIX C., MOONEY C., MAN- TANG C. and PATEL C. (1998)**, 5,5-Trans + lactone- containing inhibitors of serine proteases : Identification of a novel, acylating thrombin inhibitor, *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters 8, p. 2955- 2960.*
- 82 HARTMANN V.E., RACINE P., GARNERO J. et TOLLARD D'AUDIFFRET Y. (1980)**, *P.C.A., 36, p. 33- 40.*
- 83 HEGI**, *Illustrierte Flora von Mttel. Europa, vol.4.(Lamiaceae).*

- 84 HMAMOUCI M. TANTAOUI-ELERAKI A., ES-SAFI N. et AGOUMI A. (1990),** Mise en évidence des propriétés antibactériennes et antifongiques des huiles essentielles d'Eucalyptus, *Plantes médicinales et Phytothérapie*, 24 (4), p. 278-289.
- 85 HOLZNER G. (1977), P.C.A., 15, p. 67- 79.**
- 86 HUGHES B.G. et ROGER E.F. (1991),** Antimicrobial action of some essentials oils, *Phytothérapie Research.*, 5, p. 154-158.
- 87 HUTCHINSON L.L.D. et DALZIEL J.M.(1963), "Flora of West Tropical Africa". 2nd Edn, Vol. II, Ed. F.N., Hepper, B. Sc., F.L. S.**
- 88 JANECKE H., HENNING- NIKLASCH F. (1959), Deuts. Apoth.Ztg.,90 (41), p.1054-1056.**
- 89 JENNINGS W. and SHIBAMOTO T. (1980), Qualitative Analysis of Flavor and Fragrance Volatiles by Glass Capillary Gas Chromatography, Academic Press, New York.**
- 90 JOUHANNEAU D.G. (1991),** La médecine des plantes aromatiques : Phyto-aromathérapie et les huiles essentielles de l'océan indien, *Azalées Editions, St Denis, 153 p.*
- 91 KABORE- ZOUNGRANA C.Y. (1995),** Composition chimique et valeur nutritive des herbacées et ligneux des pâturages soudaniens et des sous produits du Burkina Faso, *Thèse Doctorat d'Etat, FAST/Univ. Ouagadougou, 224 p. + annexes.*
- 92 KATARZYNA J. L., GWYN P. J., DAVID R. B., FRED E. B., MARTIN V. P., SIMON S.T.T. and MURRAY H. (1996),** Characteristics of Essential Oil Basil (*Ocimum basilicum* L.) grown in Australia, *J. Agric.Food Chem.* 44, p. 877-881.
- 93 KATARZYNA J. LACHOWICZ, GWYN P. JONES, DAVID R. BRIGGS, FRED E. BIENVENU, MARTIN V. PALMER, VIJAY MISHRA and MOHAMED MURRAY HUNTER (1997),** Characteristics of Plants and Plant Extracts from Five Varieties of Basil (*Ocimum basilicum* L.) grow in Australia, *J. Agric.Food Chem,* 45, p. 2660- 2665.
- 94 KERHARO J. et ADAMS J.G. (1974),** *La Pharmacopée sénégalaise traditionnelle. Plantes Médicinales et Toxiques,* " Ed. Vigot Frères Paris 1011 p.
- 95 KOKKINI S. (1991),** Chemical races within the geus *Mentha* L., *In Modern Method of Plant Analysis, Vol. 12, Essential Oils and Waxes, Edits., LINSKENS H. F. and JACKSON J. O., p. 63-78, Springer-Verlag.*
- 96 LAMATY G., MENUT C., BESSIERE J.M., OUAMBA J.M. et SILOU T. (1990),** *Phytochemistry,* 29 (2), p. 521- 522.
- 97 LARBI KHETOUTA M. (1978),** *Comment se soigner par les plantes médicinales, Editions Marocaines Internationales, Tanger, 294 p.*

- 98 LAWRENCE B.M. (1978)**, A study of the monoterpene interrelationship in genus *Mentha* with spécial reference to the origin of pulegone and menthofuran, *PhD Thesis, Griningen State University, Groningen*.
- 99 LAWRENCE B.M. and REYNOLDS R.J. (1990)**, *Progress in Essential Oils. Perfum. Flavor. 15, 45.*
- 100 LENS-LISBONNE C., CREMIEUX A., MAILLARD C. et BALLANSARD G. (1987)**, Méthodes d'évaluation de l'activité antibactérienne des huiles essentielles: applications aux essences de Thym et de Cannelle, *J. Pharm. Belg., 42 (5), p. 297-302.*
- 101 LETOUZEY R. (1983)**, *Manuel de Botanique Forestière d'Afrique Tropicale, C.T.F.T., Nogent sur Marne, Tome 2 B, 461 p.*
- 102 LIDDLE P.A.P., DE SMETS P. (1981)**, *P.C.A., 42, p. 37-48.*
- 103 LOBSTEIN A., FREY M.L. et ANTON R., (1983)**, Altération et conservation des huiles essentielles, *Ann. Pharm. Franç. 41 (1), p. 69-75.*
- 104 LUTZ (1940)**, *Bull. Soc. Chim. Biol., 22, p. 497.*
- 105 MABBERLEY D. J. (1997)**, *The Plant-Book, A portable dictionary of vascular plants, Second édition, Cambridge University Press, 858 p.*
- 106 MALANDA KIYABOU G. (1992)**, Les Eucalyptus du Congo : Variations inter et intraspécifiques du rendement et de la composition chimique de leurs huiles essentielles, *Thèse de Doctorat, Université de Montpellier II.*
- 107 MALHURET R. , BASTIDE P. et JOLY B. (1984)**, Essai d'utilisation pratique d'huiles essentielles en milieu hospitalier, *Phytotherapy, N° 11, p. 17-27.*
- 108 MALLEA M., SOLLER M., ANFOSSO F. et CHARPIN J. (1979)**, Activité antifongique d'essences aromatiques, *Path. Biol., 27 (10), p. 597-602.*
- 109 MANN J. (1987)**, *Secondary metabolism. second édition, Clarendon press, Oxford, 374 p.*
- 110 MANZOOR -i- KHUDA M., RAHMAN M. Y., CHOWDHUR J.U., and WAHAB M. A. (1987)**, Studies on essential oil bearing plants of Bangladesh. Part-III, Essential oil of *Eucalyptus camaldulensis* leaves, *Bengladesh J. Sci. Ind. Res., 22 (1-4), p.152-161.*
- 111 MOROTTI M., PICCAGLIA R. and GIOVNELLI E.(1996)**, Differences in Essential Oil Composition of Basil (*Ocimum basilicum* L.), *Italian Cultivar Related to Morphological Characteristics J. Agric.Food Chem., 44, p. 3926- 3929.*
- 112 MAWANGI J.W., ADDAE- MENSAH I., MUNAVU R.M. et LWANDE W. (1991)**, *Flavour Fragr. J., 6, p. 221- 124.*

- 113 MAWANGI J.W. , ADDAE- MENSAH I., MUNAVU R.M. et LWANDE W. (1991), *J. Ess. Oil Res.*, 3, p. 413- 417.
- 114 MAWANGI J.W., ADDAE- MENSAH I., MURIUKI G., MUNAVU R., LWANDE W. et HASSAWNALI A. (1992), *Int. J. Pharmacogn.*, 30 (1), p. 9- 16.
- 115 O'NEILL M.J., LEWIS J. A., NOBLE H. M., HOLLAND S., MANSAT C. , FARTHING J. E., FOSTER G., NOBLE D., LANE S. J., SIDEBOTTOM P. J., LYNN S. M., HAYES M. V. and DIX C. J.(1998), Isolation of Translactone- containing Triterpenes with Thrombin Inhibitory Activities from the leaves of *Lantana camara*, *J. Nat. Prod.*, 61, p. 1328- 1331.
- 116 MENGHINI A., MANTILACCI G. POCCESCHI N., TATANI N.C. et PAGIOTTI R. (1996), Composition et activité antimittotique in vitro de l'huile essentielle de *Hyptis suaveolens* Poit. du Cameroun, *Rivista Italiana EPPOS, Numéro spécial*, p. 435-439.
- 117 MENUT C., LAMATY G., SAMATE D., NACRO M. et BESSIERE J. M.(1993), Contribution à l'étude des Lippia africaines : Constituants volatils de trois espèces du Burkina Faso. *Rivista Italiana Eppos Numéro- Décembre*, p. 23-28.
- 118 MENUT C., LAMATY G., BESSIERE J.M., AYEDOUN M.A., SETONDJI J., SAMATE D. and NACRO M. (1994), Aromatic Plants from Tropical West Africa. II. Volatile Constituents of *Daniellia oliveri* (Rolfe) Hutch & Dalz. from Benin and Burkina Faso, *J. Essent. Oil Res.*, 6, p. 647-649 Nov./Dec.
- 119 MENUT C. et VALET G. (1985), Etude de la composition chimique de l'huile essentielle d'une plante aromatique cultivée au Cameroun, *Ocimum gratissimum*, *Ann. Fac. Sc. Biol. Bioch.*, III, 3, p. 91- 95.
- 120 MENUT C., BESSIERE J. M. , SAMATE D.A., MILLOGO- RASOLODIMBY J. and NACRO M., (1999), Apodophyllone and isotorquatone, two arenic ketones from *Eucalyptus apodophylla*, *Phytochemistry* 51, p. 975- 978.
- 121 MENUT C., MOLANGUI T., LAMATY G., BESSIERE J. M. et HABIMANA J.-B. (1995), Aromatic Plants of Tropical Central Africa. 23. Chemical Composition of Leaf Essential oils of *Eucalyptus goniocalyx* F. Muell. and *Eucalyptus patens* Benth. grown in Rwanda, *J. Agric. Food Chem.*, 43, p.1267-1271.
- 122 MENUT C., LAMATY G., MALANDA-KIYABOU G. and BESSIERE J.M. (1992), Aromatic plants of tropical Central Africa. VIII. Individual selection of *Eucalyptus* for essential oil production in the Congo. *J. Essent. Oil Res.*, 4, 427.

- 123 MENUT C., BESSIERE J.M., SAMATE D., DJIBO A.K., BUCHBAUER G. and SCHOPPER B. (2000)** Aromatic Plants of Tropical West Africa. XI. Chemical Composition, Antioxidant and Antiradical Properties of the Essential Oils of Three *Cymbopogon* Species from Burkina Faso, *J. Essent. Oil Res.*, 12.
- 124 MEYER B. (1997)**, Les matières premières mondiales en compétition avec la production française et européenne, *Rivista Italiana EPPOS, Numéro spécial*, p. 273-281.
- 125 MIDORI KOKUMAL, TAKOA KONOSHIMA, MUTSUO KOZUKA, MITSUMASA HARUNA and KAZUO ITO (1991)**, Euglobal T1, New Euglobal from *Eucalyptus tereticornis*, *J. Nat. Prod.*, 54 (4) p.1082-1086.
- 126 MILLOGO- RASOLOUDIMBY J., NACOULOUMA -OUEDRAOGO O. G. et SAMATE A.D. (1997- 1998)**, Les utilisations des Poaceae Aromatiques au Burkina Faso, *Revue Méd. Pharm. Afr.*, Vol. 11- 12, p. 157-165.
- 127 MILLS J. S (1973)**, Identity of daniellic acid with illurinic acid, *Phytochemistry*, 12, p. 2479-2480.
- 128 MOLANGUI T. (1997)**, Etude chimique des huiles essentielles de plantes aromatiques introduites en Afrique subsaharienne, *Thèse de doctorat, Université de Montpellier II*, 180 p.
- 129 MOMPON B. (1994)**, *Quel avenir commercial pour les produits obtenus par les nouvelles technologies d'extraction : CO₂, Micro-ondes, Ultrasons, Nouveaux solvants? 4 èmes rencontres internationales de Nyons*, p. 149-166.
- 130 MUSELLI A., BIGHELLI A., CORTICCHIATO M., ACQUARONE L. et CASANOVA J. (1997)**, Composition chimique d'huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus* hydrodistillées et hydrodiffusées, *Rivista Italiana EPPOS, Numéro spécial*, p. 638-643.
- 131 NACRO M. et MILLOGO- RASOLOUDIMBY J.(1993)**, *Plantes Tinctoriales et Plantes à Tanins du Burkina Faso ISBN : 2-909894-09-6, Editions Scientifika BP 1017 80010 Amiens Cedex 152 p.*
- 132 NACOULMA-OUEDRAOGO O. G.(1996)**, Plantes médicinales et Pratiques médicinales traditionnelles au Burkina Faso - Cas du plateau central, *Thèse de Doctorat ès Sciences Naturelles, Tome 1, 320 p. + Tome 2 : Annexes 285 p.*
- 133 NAU P. (1988)**, A propos du basilic ; *Thèse de pharmacie, Tours.*
- 134 NICOLAS H. J. (1973)**, *Phytochemistry, Organic metabolites Vol. II Yonkers, New-York.*
- 135 NGUYEN T.T.H., NGUYEN X.D., NGUYEN T.D., VU N.L. and LE T.C. (1993)**, Study and Standardization of *Eucalyptus* essential oil. *Tap Chi Duoc Hoc, (2) p. 18-20.*

- 136 NOUMI E. (1984)**, Les plantes à épices, à condiment et à aromates du Cameroun, *Thèse de spécialité en Sciences Biologiques, Université de Yaoundé, Cameroun.*
- 137 NTALANI-TABUNA H. (1998)**, Etude chimique des constituants volatils d'origine végétale, Valorisation de la Flore Aromatique Tropicale, Importance chimiotaxonomique, *Diplôme de Doctorat, Université de Montpellier II, Sciences et Techniques du Languedoc.*
- 138 OLGUN J.L. (1968)**, Chemical studies of some Nigerian plants, Symposium Interafricain, *Pharmacopées Traditionnelles, Plantes Médicinales Africaines, Dakar.*
- 139 ONIPPAM (1997)**, Huiles essentielles et plantes aromatiques : bilan en demi-teinte, *Arômes Ingrédients Additifs*, 8, p. 23-26.
- 140 ONIPPAM (1995)**, Bilan 1994 des huiles essentielles, *Parfums Cosmétiques Arômes*, 121, p.18-20.
- 141 OSTENDORF J.P. (1965)**, *J. Soc. Cosm. Chem.* 16, p. 203-220.
- 142 PALE E. (1998)**, Contribution à l'étude des composés anthocyaniques des plantes : Cas de *Hibiscus sabdariffa*, *Lannea microcarpa*, *Vigna subterranea* et *Sorghum caudatum* du Burkina Faso, *Thèse de Doctorat de troisième cycle, Université de Ouagadougou*, 115 p.
- 143 PECOUT W. (1997)**, L'ylang-ylang et son marché, *Rivista Italiana EPPOS, Numéro spécial*, p. 105-125.
- 144 PELLECUER J. (1982)**, De la plante vers le médicament : *Plantes médicinales et médecine populaire en Bas Languedoc*, Document édité par l'ODAC, supplément à études sur l'Hérault, 13 (3), p. 29-35.
- 145 PELLECUER J. A. J. et DE BUOCHBERG S. M. (1976)**, Huiles essentielles bactéricides et fongicides, *Revue de l'institut Pasteur de Lyon*, 9 (2), p. 135-159.
- 146 PELLECUER J., MOTTE E. et ALLAIN P. (1982)**, Les plantes de la garrigue languedocienne : *Plantes médicinales et médecine populaire en Bas Languedoc*, Document édité par l'ODAC, supplément à études sur l'Hérault, 13 (3), p. 15-27.
- 147 PHAM T.H. (1994)**, Chemical composition of the essential oil from *Eucalyptus camaldulensis* Petford. *Tap Chi Duoc Hoc*, 6, 12.
- 148 PHILLIPS R. (1987)**, *Les plantes aromatiques et médicinales*, Bordas, Paris, 157 p.
- 149 PHO D.T., NGUYEN T.T.H. and VU N.L. (1993)**, Toxicity of two types of Eucalyptus essential oils. *Tap Chi Duoc Hoc*, 4, p.19-20.
- 150 POUSSET J.L. (1989)**, *Plantes médicinales africaines*, ACCT, Paris, Tome 1, 156 p.
- 151 PRATT D.E. and MILLER E.E. (1984)**, A flavonoid antioxydants in spanish peanuts, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 61 p. 1064-1067.

- 152 PREUSS F. (1964), *DEUTS Apot. Ztg.*, 104 (51), p.1797-1803.
- 153 RACINE P. (1981), *P.C.A.*, 40, p. 61- 70.
- 154 RACINE P., HARTMANN V.E., D'AUDIFFRET T. Y. (1980), *Int. J. Cosm. Sci.*, 2, p. 305-313.
- 155 RETAMAR J.A.(1986), "Essential oils from Aromatic species", Chapitre 3 de "On essential oils", *J. Verghese Ed., Synthite, Pub., Inde.*
- 156 RICHARD H. et LOO A. (1992), Nature, Origine et Propriétés des Epices et des Aromates Bruts : in RICHARD H., *Aromates & épices, Tec. & Doc. Lavoisier, Paris, p. 17-69 et p. 213-238.*
- 157 RICHARD H.M.J. et ETIEVANT P. (1997), Représentativité des extraits d'arômes réalisés au laboratoire, *Rivista Italiana EPPOS, Numero spécial, p. 306-325.*
- 158 ROVESTI P. (1972), *Ann. Acad. Bres. Cienc.*, 44, p. 91- 93.
- 159 ROVESTI P. (1972), *Riv. Ital. Essenze, Profumi, piante Offic., Aromi, Saponi, Cosmet., Aerosol*, 24 (4), p. 254- 258.
- 160 SACCO T. (1957), *Riv. Ital. Essenze, Profumi, Piante Offic., Oli Vegetali, Saponi*, 38, 506, 1956 ; *Chem. Abstr.* 51, 8380f.
- 161 SAMATE D.A., NACRO M., MENUT C., LAMATY G. and BESSEIERE J.M. (1998), Aromatic Plants of Tropical West Africa. VII. Chemical Composition of the Essential Oils of two Eucalyptus Species (Myrtaceae) from Burkina Faso : *Eucalyptus alba* Muell. and *Eucalyptus camaldulensis* Dehnhardt *J. Essent. Oil Res.*, 10, p. 321-324 (May/ Jun).
- 162 SARITA S., OM P. S., RAJINDER K. D. and TEJ K. B. (1999), Disposition of lantadene A, the pentacyclic triterpenoid hepatotoxin, orally administered to guinea pigs, *Toxicology Letters* 105, p. 59- 66.
- 163 SEREME A. (1996), Les Anacardiaceae du Burkina Faso : Paramètres botaniques et concentration en tannins, *Thèse de Doctorat de troisième cycle, Université de Ouagadougou.*
- 164 SFIRAS J. (1954), *Recherche*, 4, 2, 15, p. 59-63.
- 165 SHAHI A.K., CHANDRA S., DUTT P., KAUL B.L., TAVA A. and AVATO P. (1999), Essential oil Composition of *Mentha x piperita* of north India, *Flavour Fragr. J.*, 14, p. 5-8.
- 166 SHEPPARD-HANGER S. (1995), The Aromatherapy Practioner reference manuel, *Atlantic édition Institut of Aromatherapie, Tampa, USA.*
- 167 SHIBAMOTO T., MIHARA S. (1983), *J. Toxicol.- Cut. Ocul. Toxicol*, 2 (2,3), p. 153-192.
- 168 SHIBAMOTO T. (1984), *J. Toxicol.-Cut. Ocul. Toxicol*, 2 (4,5), p. 267-375.

- 169 SHIMIZU S. (1973), *Chemistry and Biology of Mentha, Kigaku to seibotzu (Chem. and Biol. in Japanese)*, 13, p. 659-666.
- 170 SMITS P., BECKER K., HEISS R. (1970), *Fette, Seife, Anstrichmittel*, 72 (6), p. 490-504.
- 171 SINGH B. and SINHA G.K. (1981), Chemical study of essential oil of *Eucalyptus camaldulensis* raised in Tarai region of Kumaon (Uttar Pradesh). *Pafai J.*, 3, p. 20- 21.
- 172 SINGH A.K., BHATTACHARYA A.K., KAMLA SINGH and DIWEDI B.N. (1986), Evaluation of essential oil in Eucalyptus varieties grown in Kumaon Hills (Ranikhet), Uttar Pradesh for timber. *Indian For.* 223.
- 173 SINGH A.K., NAQVI A.A. and BHATTACHARYA A.K. (1989), Chemical constituents of essential oils in different Eucalyptus grown in Kumaon Hills (Ranikhet) *India. Herba Hung.*, 28, 55.
- 174 STAHL (1911), *Zeitsch. Natur. Medecine*, p. 22.
- 175 STEINMETZ M.D., TOGNETTI P., MOURGUE M., JOUBLARD J. et MILLET Y. (1980), Sur la toxicité de certaines huiles essentielles du commerce : essence d'hysope et essence de sauge, *Plantes-médicinales et phytothérapie*, 14 (1), p. 34-45.
- 176 SUGDEN J.K. (1985), *Inst. J. Cosm. Sci.* 7 (4) p. 165-173.
- 177 SURI R.K. and THIND T. S. (1978), Antibacterial activity of some essential oils. *Indian Drugs Pharm. Ind.*, 13, p. 25- 28.
- 178 TABUNA H. (1997), Etude de marché des huiles essentielles biologiques en France, *Rapport du RABEDE*, 27 p. (Communication personnelle).
- 179 TALALAJ S. (1966), Essential oil from *Daniellia oliveri* and *D. ogea* resins collected in Ghana. *West African Pharmacist*, 8, p. 90-91.
- 180 TALAJAJ S. (1964), *West African Pharmacist*, Sept., p. 97- 98.
- 181 TANKER M., SENER B. and SONER O. (1976), Essential oil of *Eucalyptus camaldulensis* planted at Datca (Western Anatolia). *Ankara Univ. Eczcilik Fak. Mecm.*, 6, p. 181-188.
- 182 TEISSEIRE P.J. (1991)), *Chimie des substances odorantes, Tec. & Doc. Lavoisier, Paris.* 480 p. + annexes
- 183 THIND T.S. and SURI R.K. (1979), In vitro antifungal efficacy of four essential oils. *Indian Perfum.* 23, p. 138- 140.

- 184 TOUCHE J. (1997), Représentativité et reproductibilité des extraits de végétaux aromatiques au niveau du végétal, *Rivista Italiana EPPOS, Numero spécial*, p. 288-294.
- 185 TRANCHANT J. (1982), Manuel pratique de chromatographie en phase gazeuse, Masson et Cie, Paris, 504 p.
- 186 VERLET N. (1997), *Les huiles essentielles, Marchés tropicaux*, N° 2690, p. 1205-1210.
- 187 VERLET N. (1993), Huiles essentielles : production mondiale, échanges internationaux et politiques de développement, *Thèse de Doctorat, Université Aix Marseille II*, 339 p.
- 188 VERSCHAFFELT (1910), *K. gl. AK. Amsterdam*, p. 536.
- 189 WAGINAIRE L. (1960), *Bull. Techn. Gattefossé*, 57, p. 9-13.
- 190 WAGINAIRE L. (1968), *Bull. Techn. Gattefossé*, 63, p. 58-62.
- 191 WANASUNDARA U., AMOROWICZ R and SHAHIDI F. (1994), Isolation and Identification of an Antioxidative Component in Canola Meal, *J. Agric. Food Chem.*, 42, p. 1285-1290.
- 192 WATANABE K., SHONO Y., KAKIMIZU A., OKAKA A., MATSU N., SATOH A. and NISHIMURA H. (1993), New mosquito repellent from *Eucalyptus camaldulensis*. *J. Agric. Food Chem.*, 41 (11) p. 2164- 2166.
- 193 WEIR M.P., BETHELL S.S., CLEASBY A., CAMPBELL C. J., DENNIS R.J., DIX C.J., FINCH H., JHOTI H., MOONEY C.J., PATEL S., TANG C.M., WARD M., WONACOTT A.J. and WHARTON C.W. (1998), Novel natural product 5, 5- trans- lactone inhibitor of human alpha- thrombine : mechanism of action and structural studies, *Biochemistry*, May, 37 : 19, p.6645- 6657.
- 194 ZOUNGRANA I., ZOUNGRANA C.Y. et MILLOGO- RASOLODIMBY J. (1992), *Les plantes alimentaires du Burkina Faso, UNU, Nairobi, KENYA*, 152 p.
- 195 ZRIRA S. and BENJILALI B. (1996), Seasonal changes in the volatile oil and cineole contents of five *Eucalyptus* species growing in Morocco. *J. Essent. Oil Res.*, 8, p. 19-24.
- 196 ZRIRA S., BENJILALI B. (1991), Effect of drying on leaf oil production of Moroccan *Eucalyptus camaldulensis*. *J. Essent. oil Res.*, 3, p. 117-118.
- 197 ZRIRA S. (1992), Les huiles essentielles d'*Eucalyptus* du Maroc, Facteurs influençant la productivité et la qualité de ces essences, investigation sur les possibilités d'exploiter l'*E. camaldulensis* pour la production d'huile essentielle d'*Eucalyptus* à cinéole, *Thèse, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat*.

ANNEXES

ANNEXE 1 : Indices de rétention des principaux composés identifiés (par ordre d'élution sur OV101).

N° IR OV101	Composé
1 917	Tricyclène
2 928	α -Thujène
3 936	α -Pinène
4 947	Camphène
5 971	Sabinène
6 975	β -Pinène
7 987	Myrcène
8 1001	α -Phellandrène
9 1013	α -Terpinène
10 1018	para-Cymène
11 1027	Limonène
12 1027	1,8-Cinéole
13 1027	β -Phellandrène
14 1038	cis- β -Ocimène
15 1049	trans- β -Ocimène
16 1055	γ -Terpinène
17 1083	Terpinolène
18 1090	para-Cymenène
19 1093	Linalol
20 1103	Oxyde-d' α -pinène
21 1112	α -Campholénal
22 1120	Camphre
23 1129	Pinocarvéol
24 1130	Nopinone
25 1139	Menthone
26 1147	Menthofurane
27 1152	Iso-menthone
28 1156	Néo-menthol
29 1156	Cryptone
30 1156	Δ -Terpinéol
31 1158	Bornéol
32 1166	Terpinèn-4-ol
33 1166	Menthol
34 1168	para-Cymèn-8-ol
35 1174	Iso-menthol
36 1176	Myrténal
37 1179	α -Terpinéol

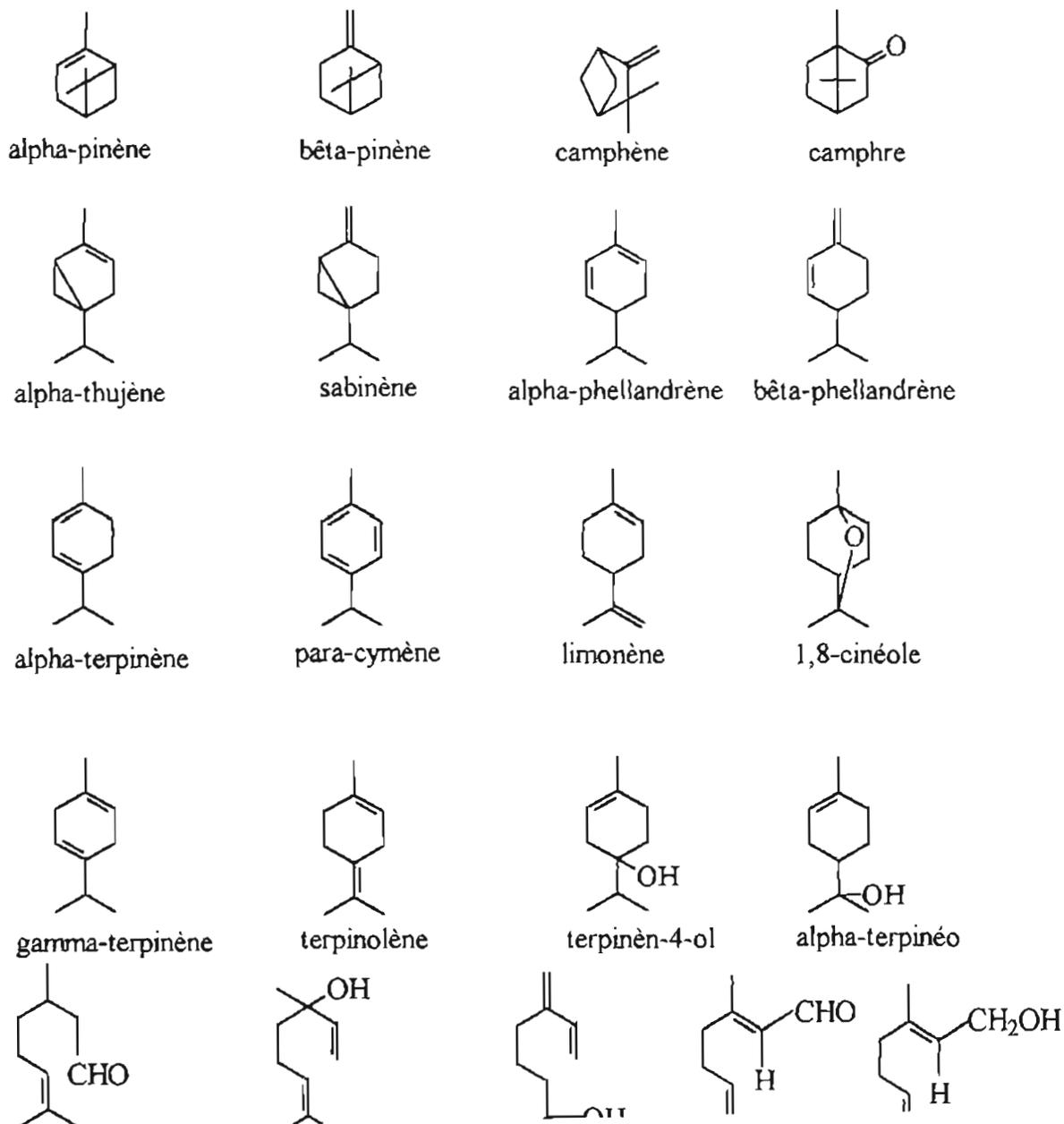
ANNEXE 1 : Indices de rétention des principaux composés identifiés (par ordre d'éluion sur OV101) suite.

N° IR OV101	Composé
38 1185	Myrténol
39 1189	Verbénone
40 1214	Pipéritone
41 1223	Acétate de linalyle
42 1223	Carvone
43 1226	Néral
44 1235	para-Menth-6-èn-2-one
45 1238	Géraniol
46 1280	Acétate de menthyle
47 1281	Undécan-2-one
48 1284	Thymol
49 1295	Néo-acétate de menthyle
51 1307	Carvacrol
52 1333	δ -Elémène
53 1335	Acétate de thymyle
54 1351	Eugénol
55 1353	α -Cubébène
56 1374	α -Ylangène
57 1382	α -Copaène
58 1391	β -Elémène
59 1407	Cypérène
60 1424	β -Caryophyllène
61 1432	β -Gurjunène
62 1441	Aromadendrène
63 1456	α -Humulène
64 1464	Allo-aromadendrène
65 1479	γ -Muuroène
66 1486	Germacrène D
67 1490	Valencène
68 1503	Bicyclogermacrène
69 1503	cis- α -Bisabolène
70 1506	α -Muuroène
71 1509	γ -Cadinène
72 1523	δ -Cadinène
73 1535	α -Calacorène
74 1552	β -Calacorène
75 1552	Elémol

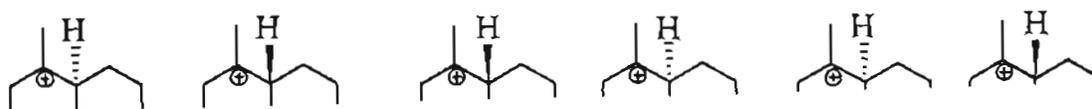
ANNEXE 1 : Indices de rétention des principaux composés identifiés (par ordre d'élution sur OV101) suite.

N° TR OV101	Composé
76 1560	Lédol
77 1569	Spathuléol
78 1571	Germacrène D-4-ol
79 1575	Oxyde de caryophyllène
80 1579	Globulol
81 1597	Oxyde d'humulène
82 1605	Cubéol
83 1626	Γ -Muurool
84 1626	γ -Eudesmol
85 1639	β -Eudesmol
86 1640	α -Cadinol
87 1643	Oxyde de calacorène
88 1644	α -Eudesmol
89 1685	Apodophyllone
90 1741	Composé C
91 1777	Isotorquatone
92 1791	Torquatone
93 1818	Composé D
94 1839	Jensenone

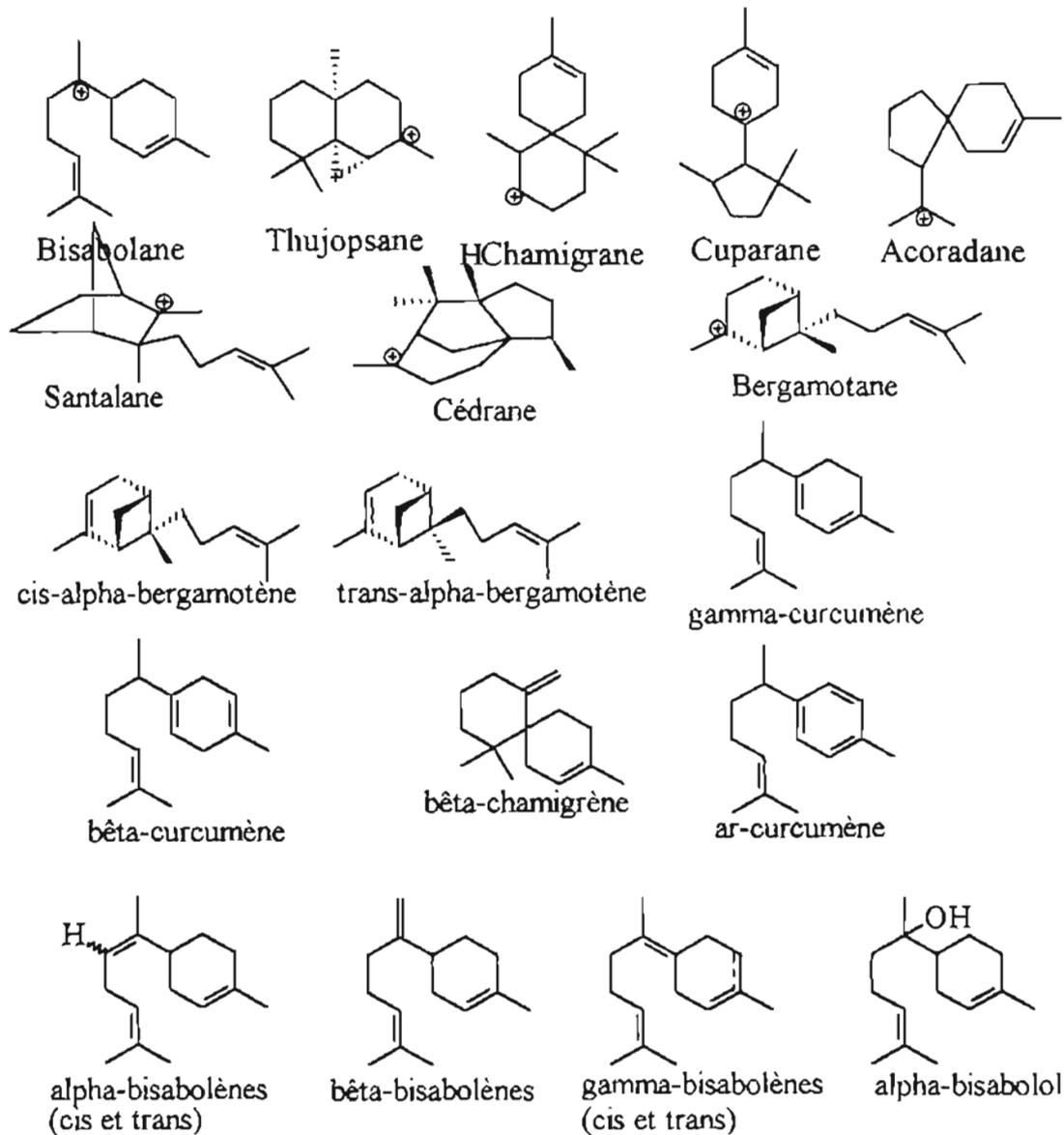
ANNEXE 2 : Structures des principaux composés identifiés.



ANNEXE 2 : Structures des principaux composés identifiés (suite).

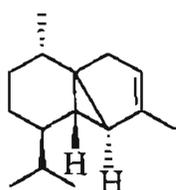


ANNEXE 2 : Structures des principaux composés identifiés (suite).

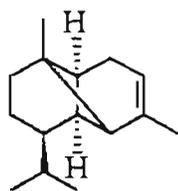


ANNEXE 2 : Structures des principaux composés identifiés (suite).

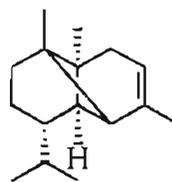
Représentants de la voie SC₃



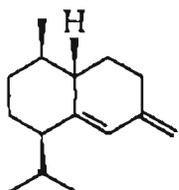
alpha-cubébène



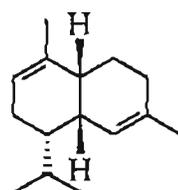
alpha-ylangène



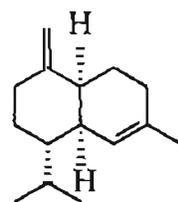
alpha-copaène



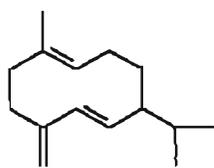
cis-muurolo-4(14)-5-diène



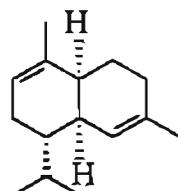
alpha-amorphène



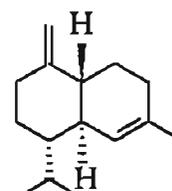
gamma-muuroloène



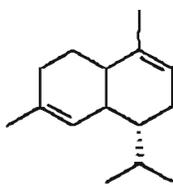
germacrène D



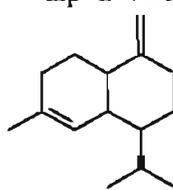
alpha-muuroloène



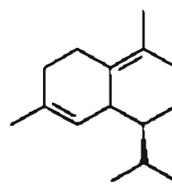
gamma-cadinène



alpha-amorphène

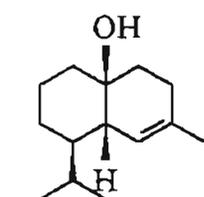


gamma-amorphène

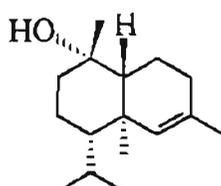


delta-cadinène

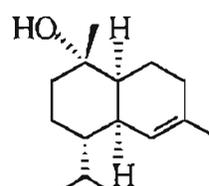
ANNEXE 2 : Structures des principaux composés identifiés (suite).



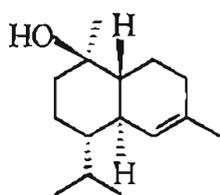
1-épi-cubénoïl



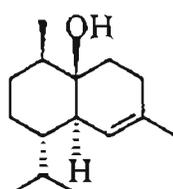
T-cadinol



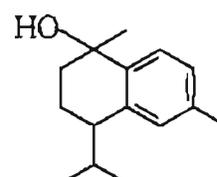
T-muuroloïl



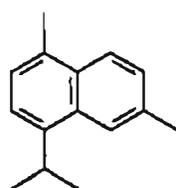
alpha-cadinol



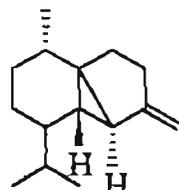
cubénoïl



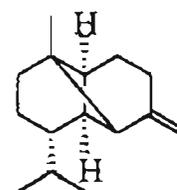
calaménèn-10-alpha-ol



cadalène



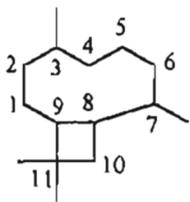
bêta-cubebène



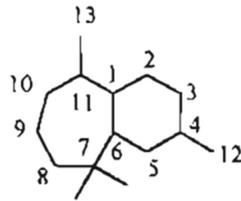
bêta-copaène

ANNEXE 2 : Structures des principaux composés identifiés (suite).

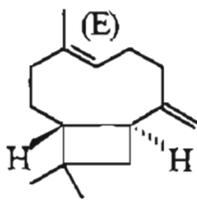
Structures dérivées de la voie SC_4



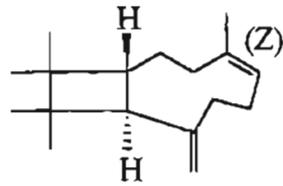
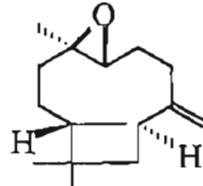
Caryophyllane



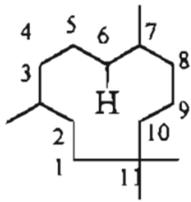
Himachalane



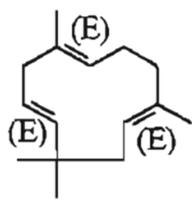
bêta-caryophyllène

gamma-caryophyllène
(isocaryophyllène)

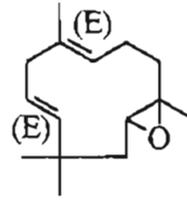
oxyde de caryophyllène



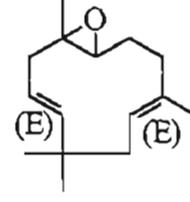
Humulane



alpha-humulène



oxyde d'humulène I

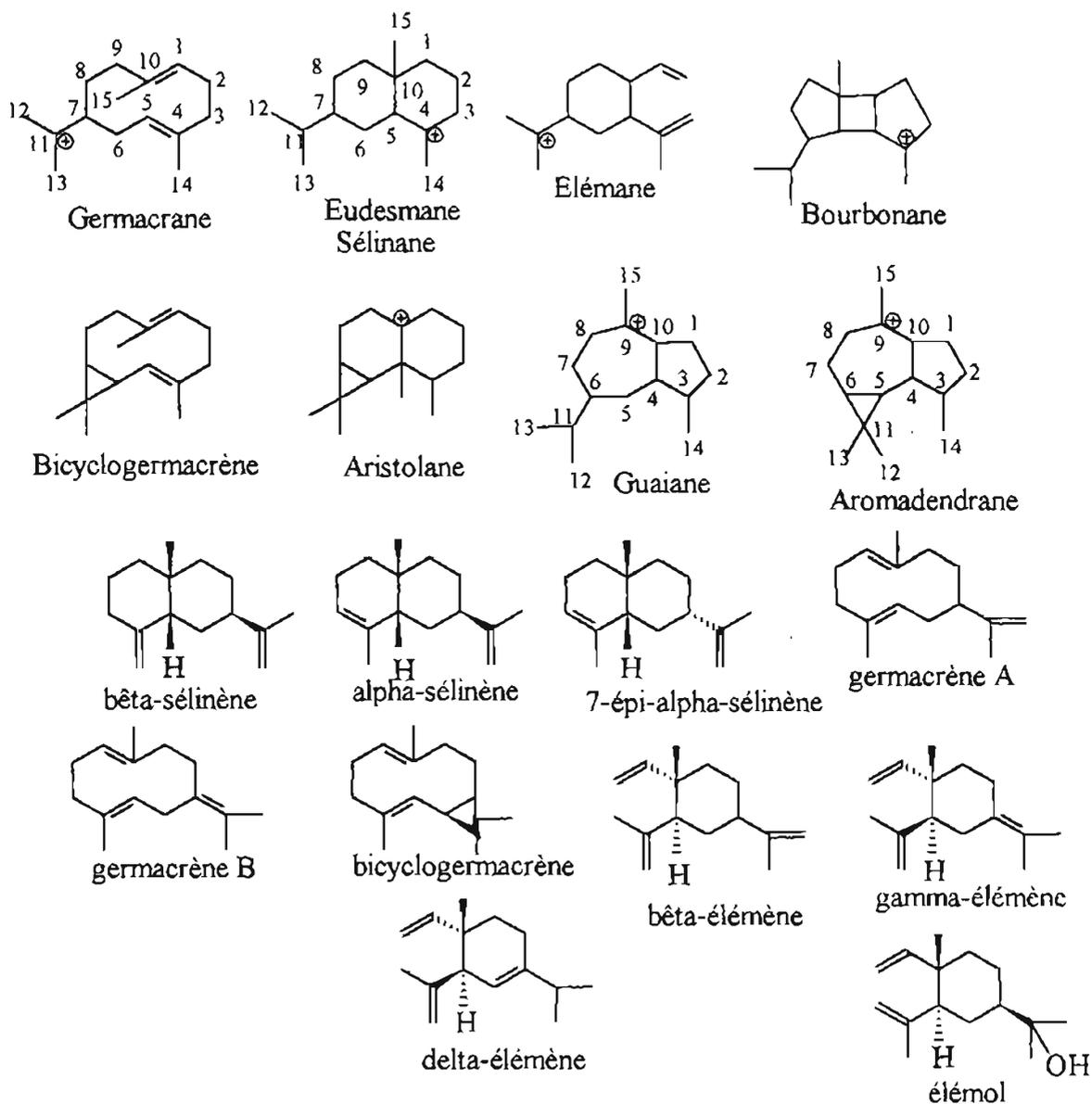


oxyde d'humulène II

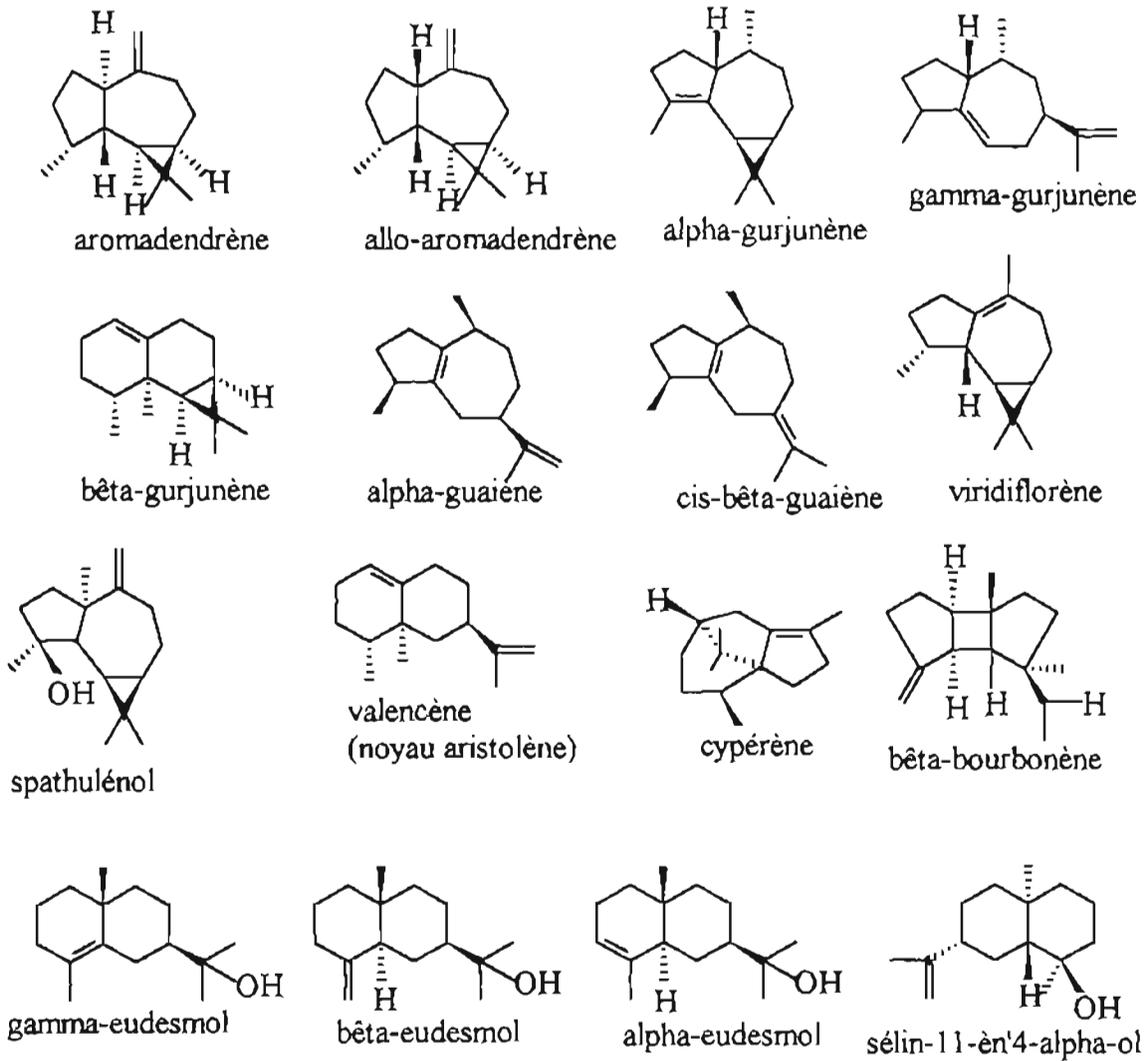
ANNEXE 2 : Structures des principaux composés identifiés (suite).

Structures dérivées de la voie SC₆

(avec localisation du carbocation)

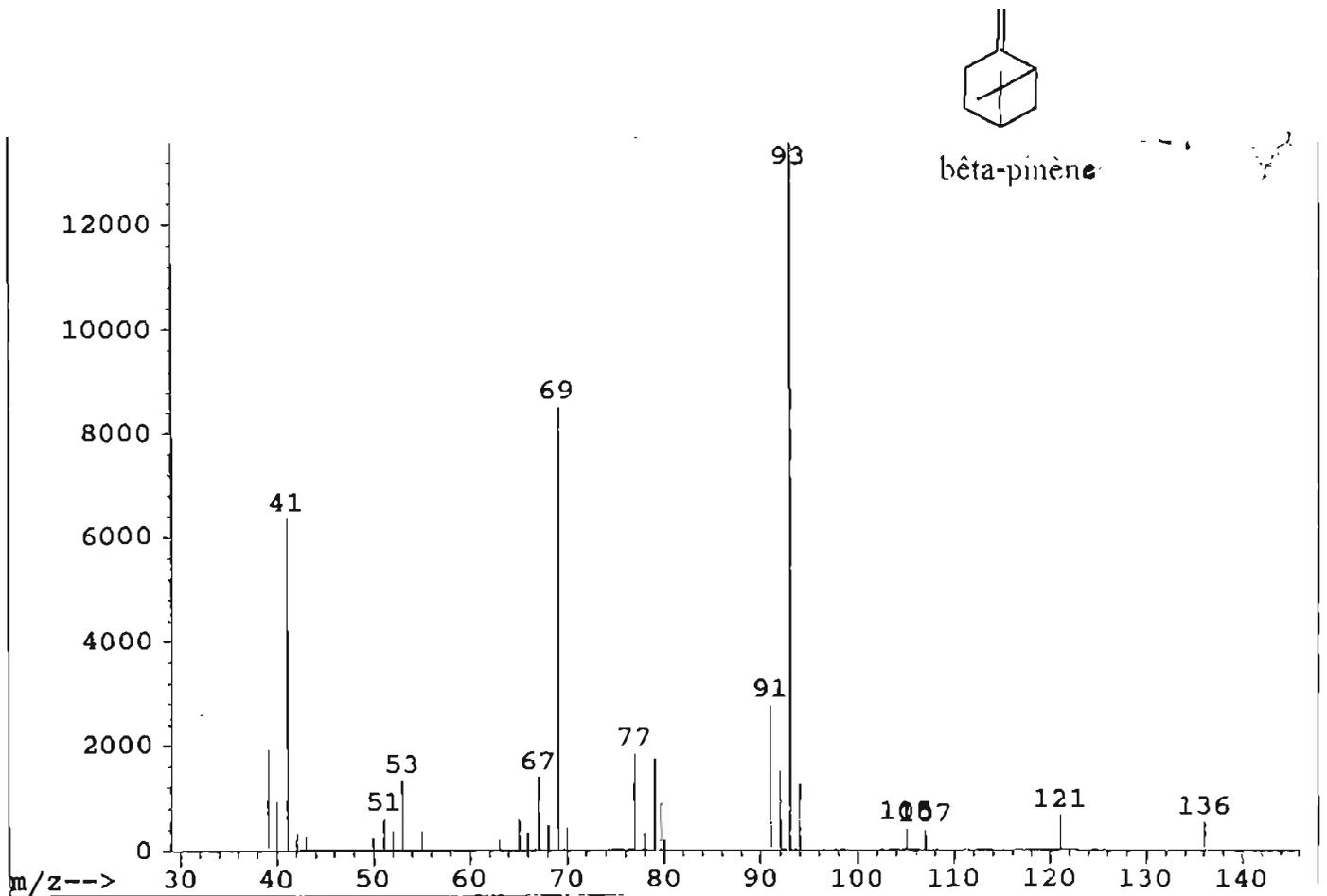
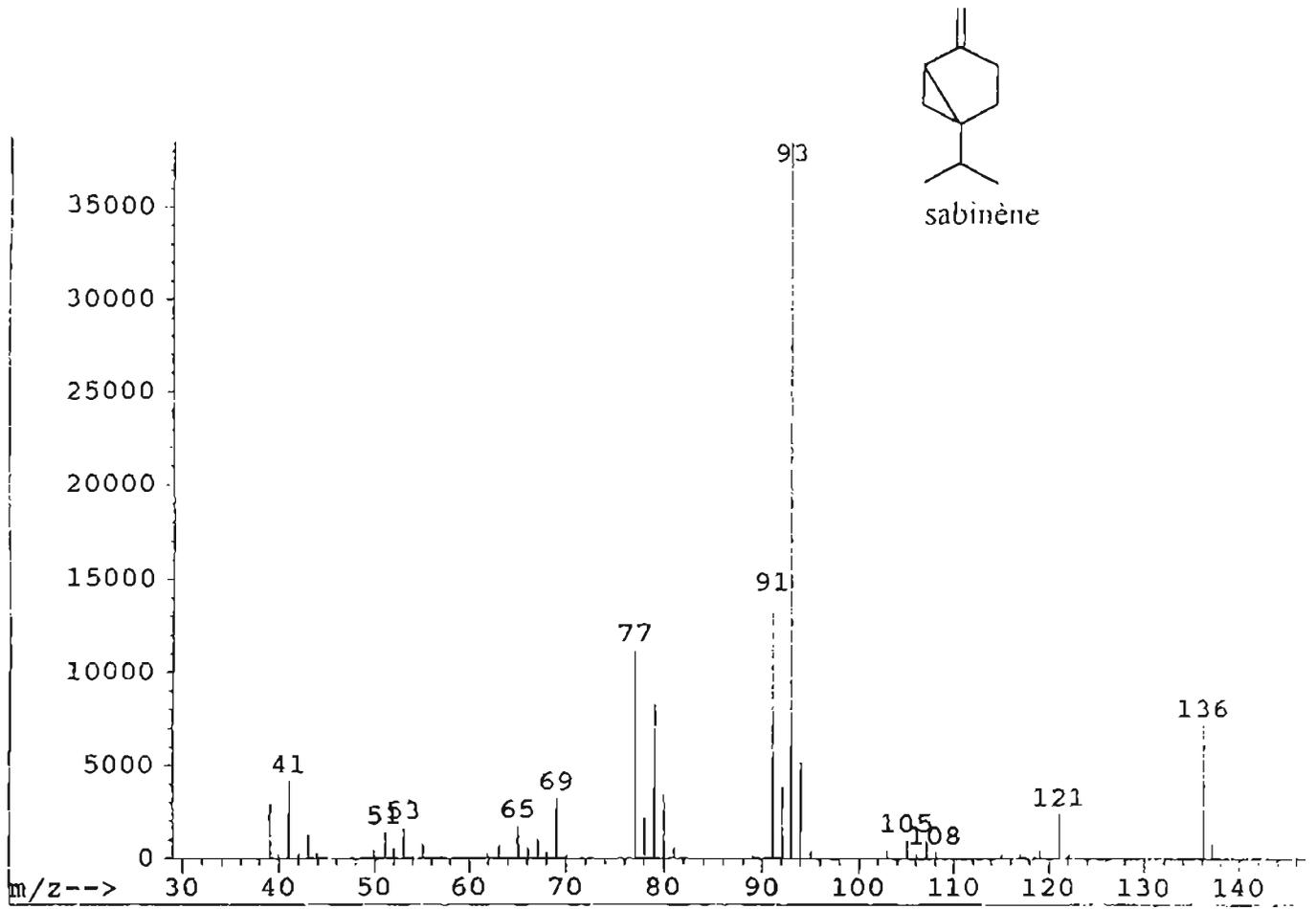


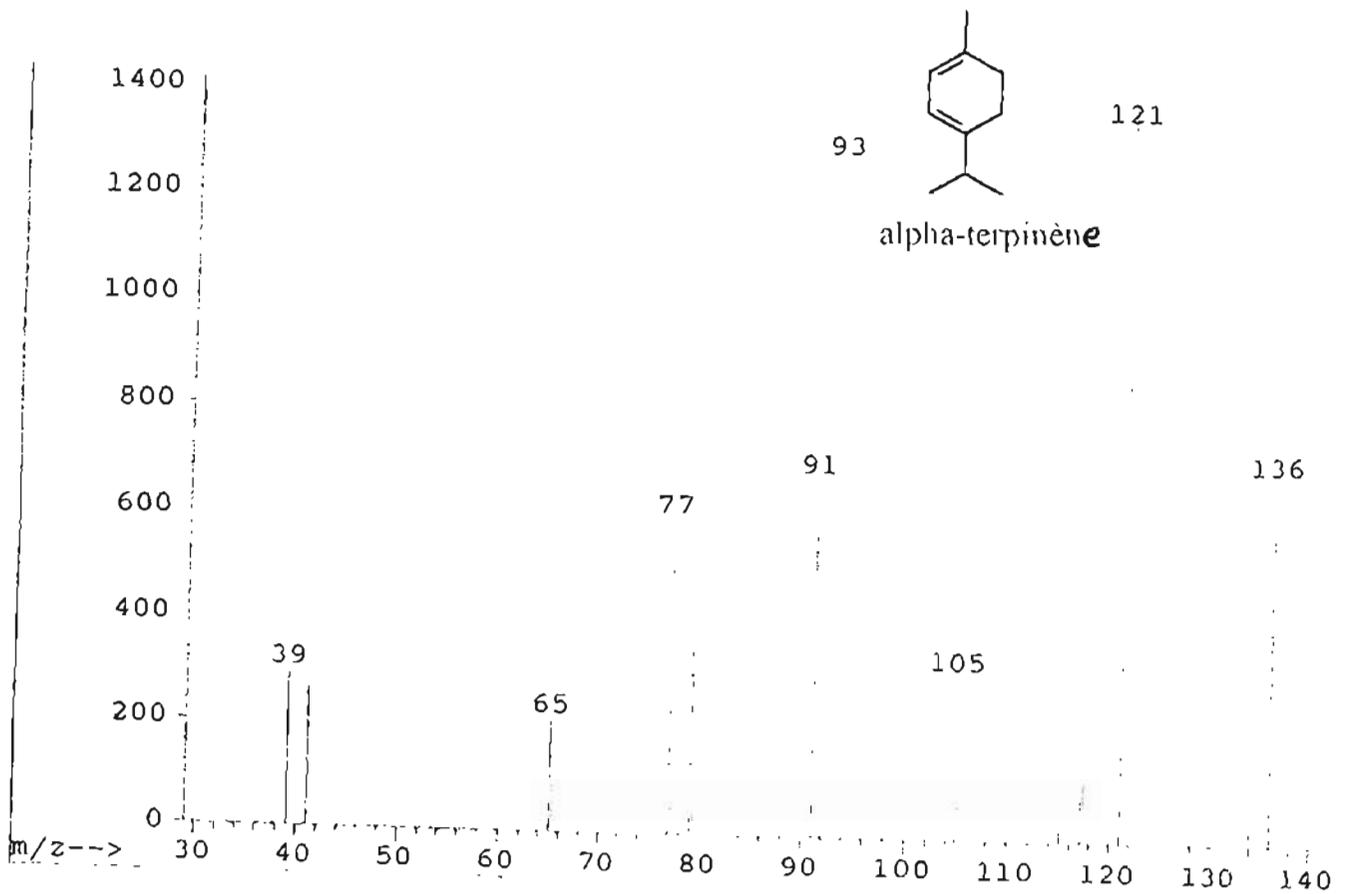
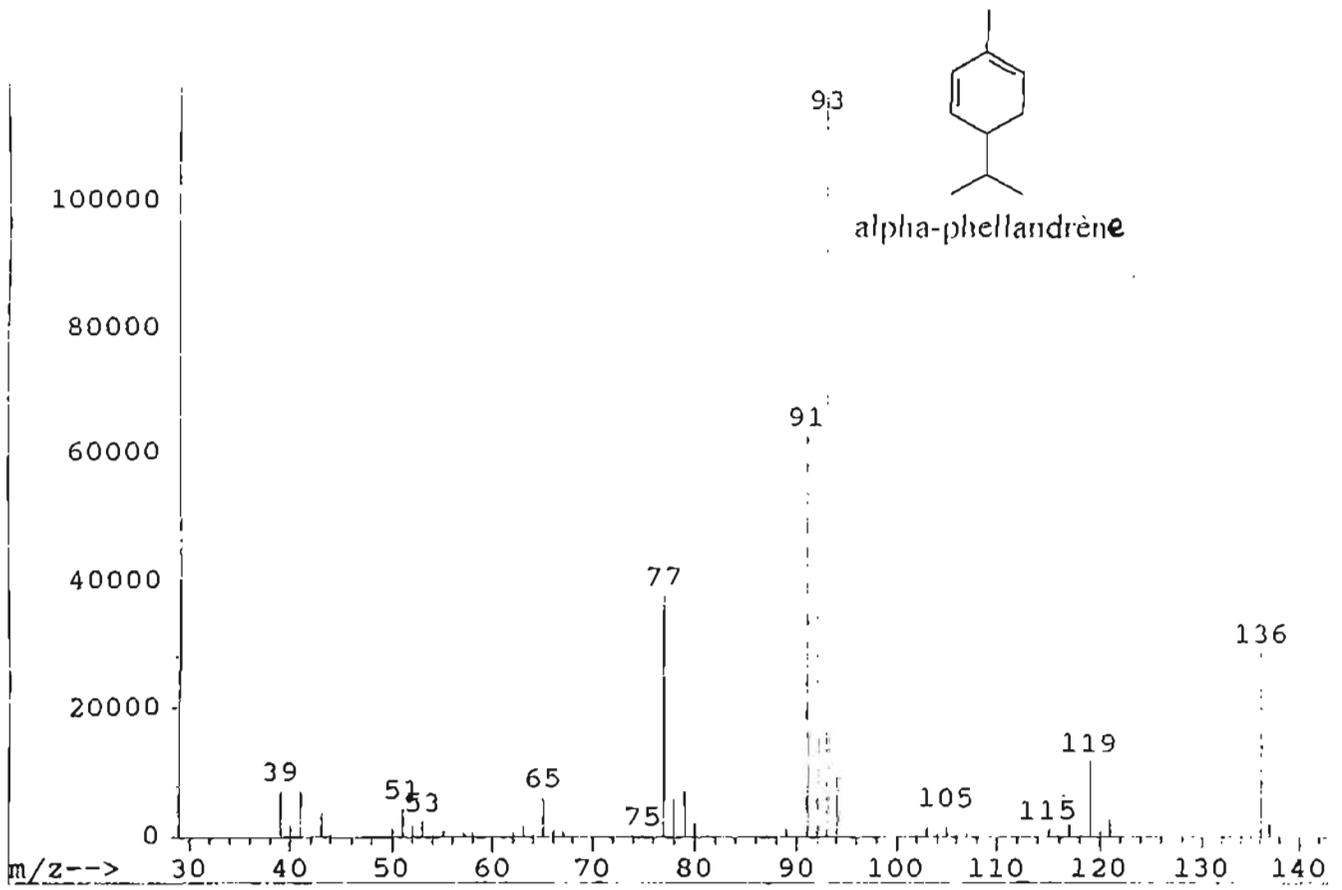
ANNEXE 2 : Structures des principaux composés identifiés(suite).



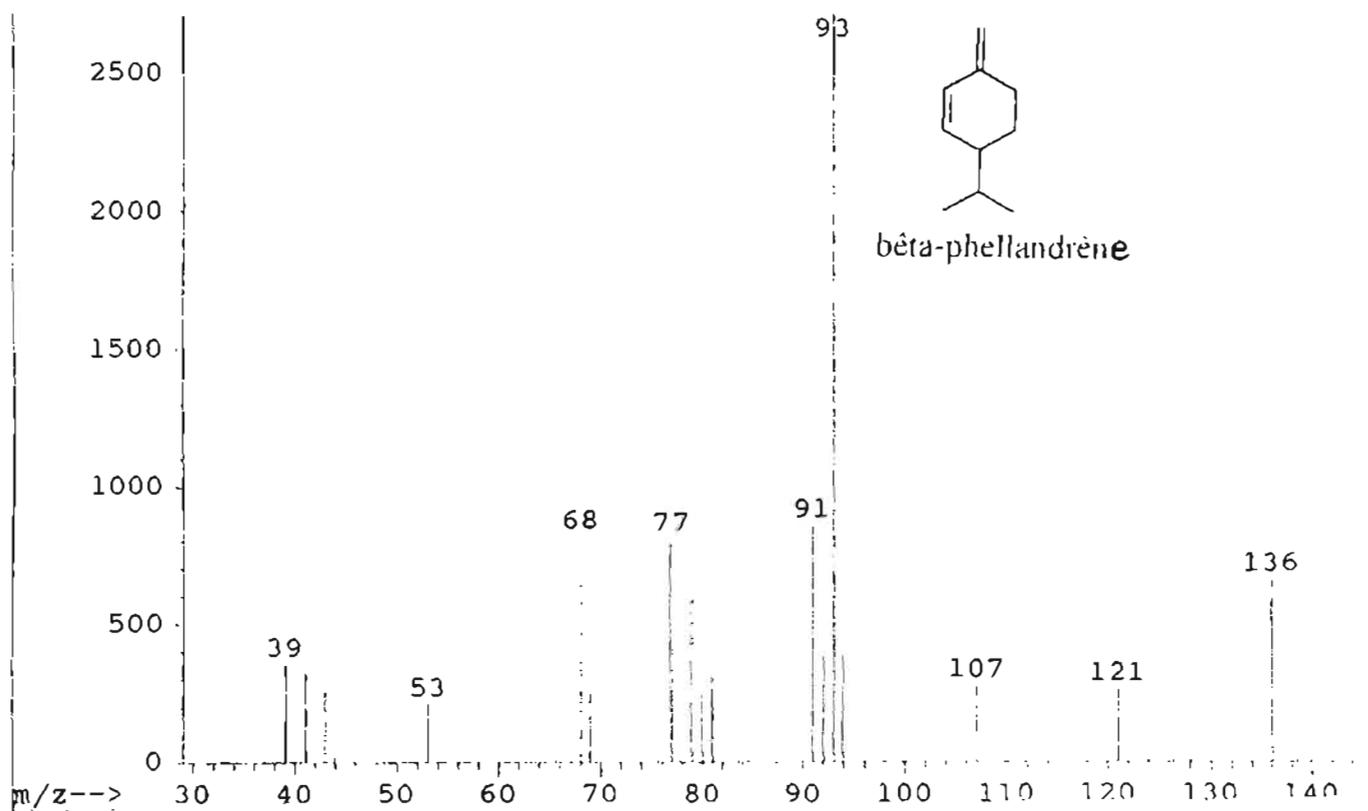
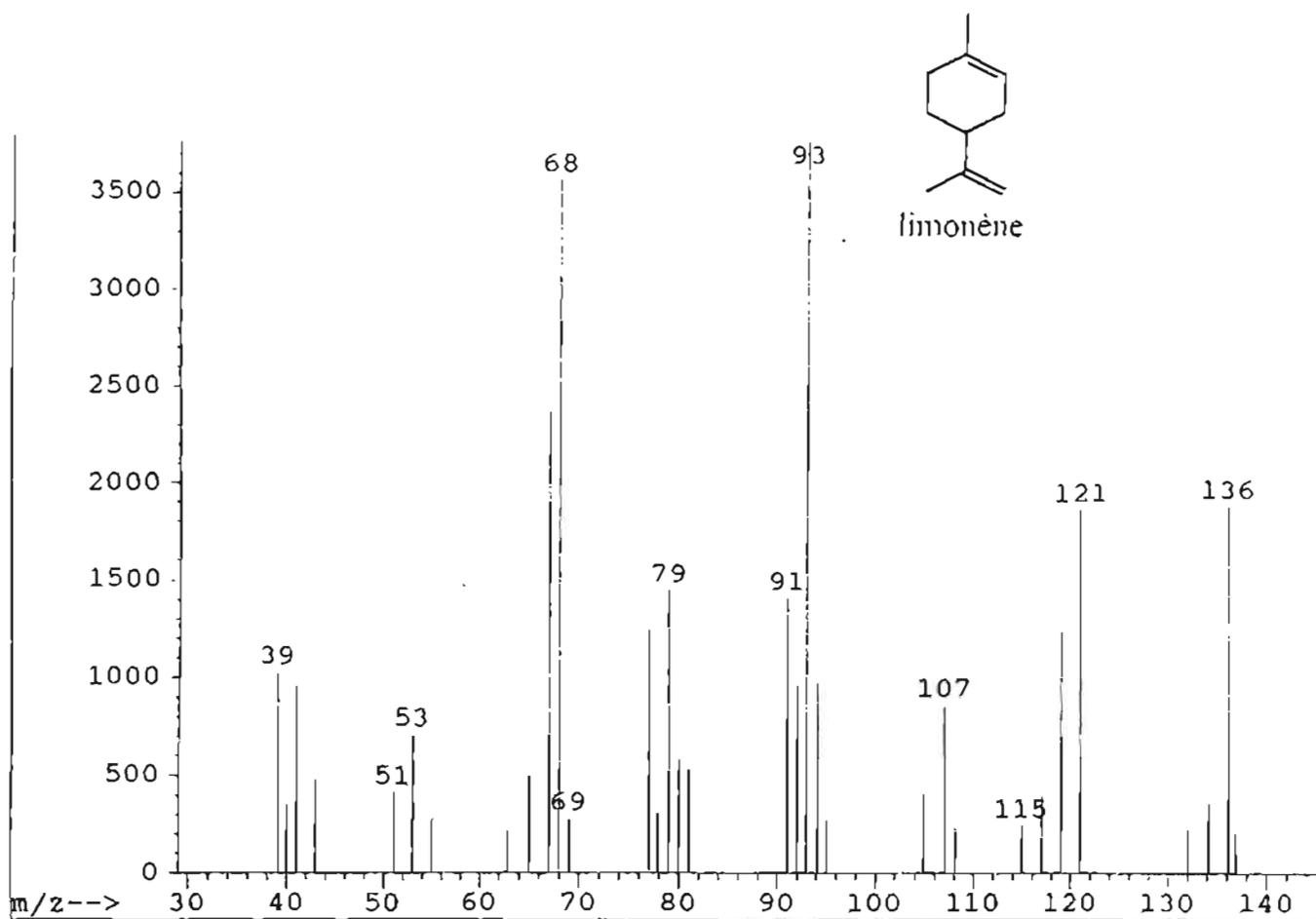
ANNEXES 3 : Spectres de masse de quelques composés identifiés

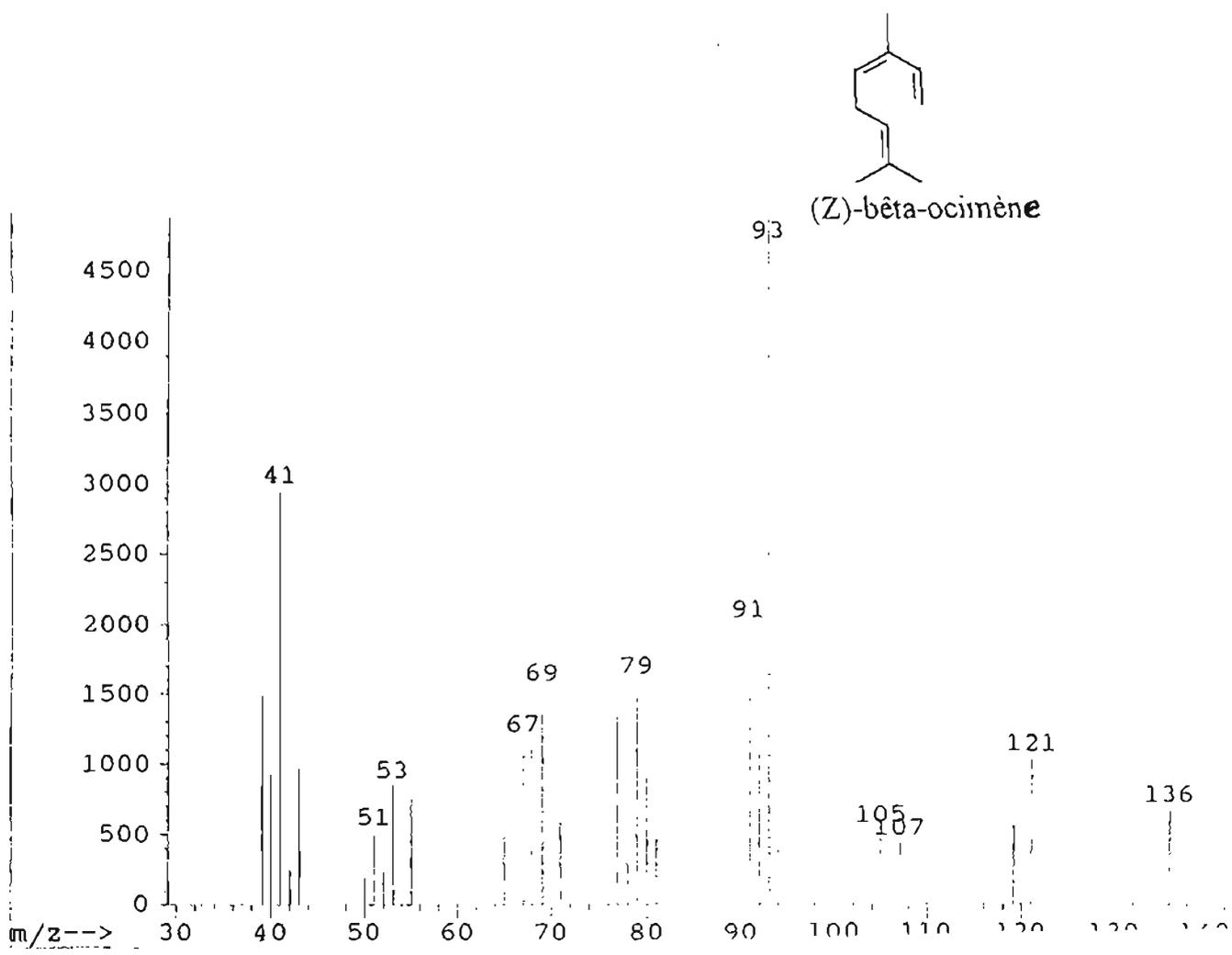
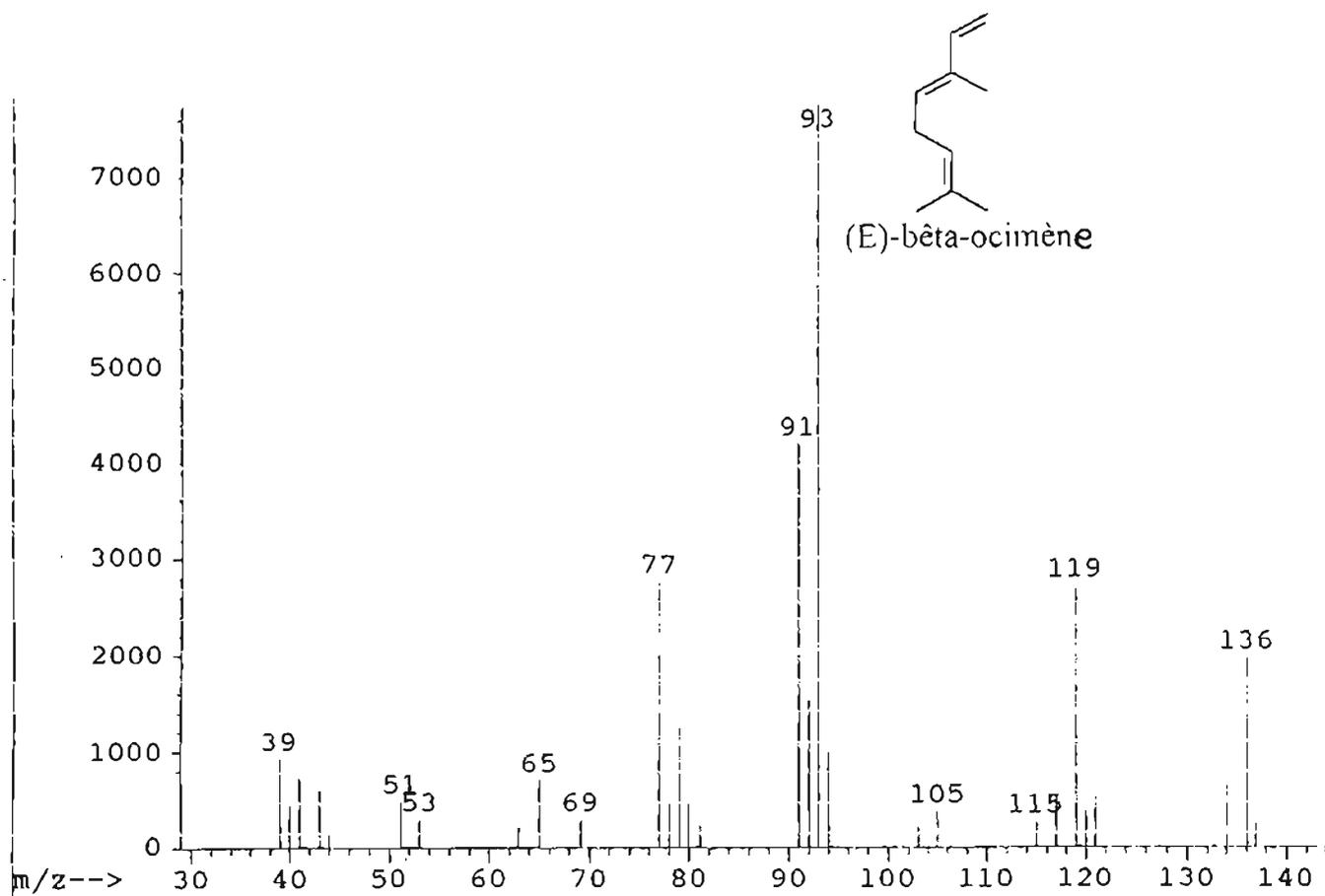
A 13

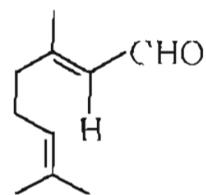




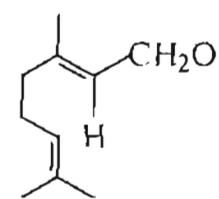
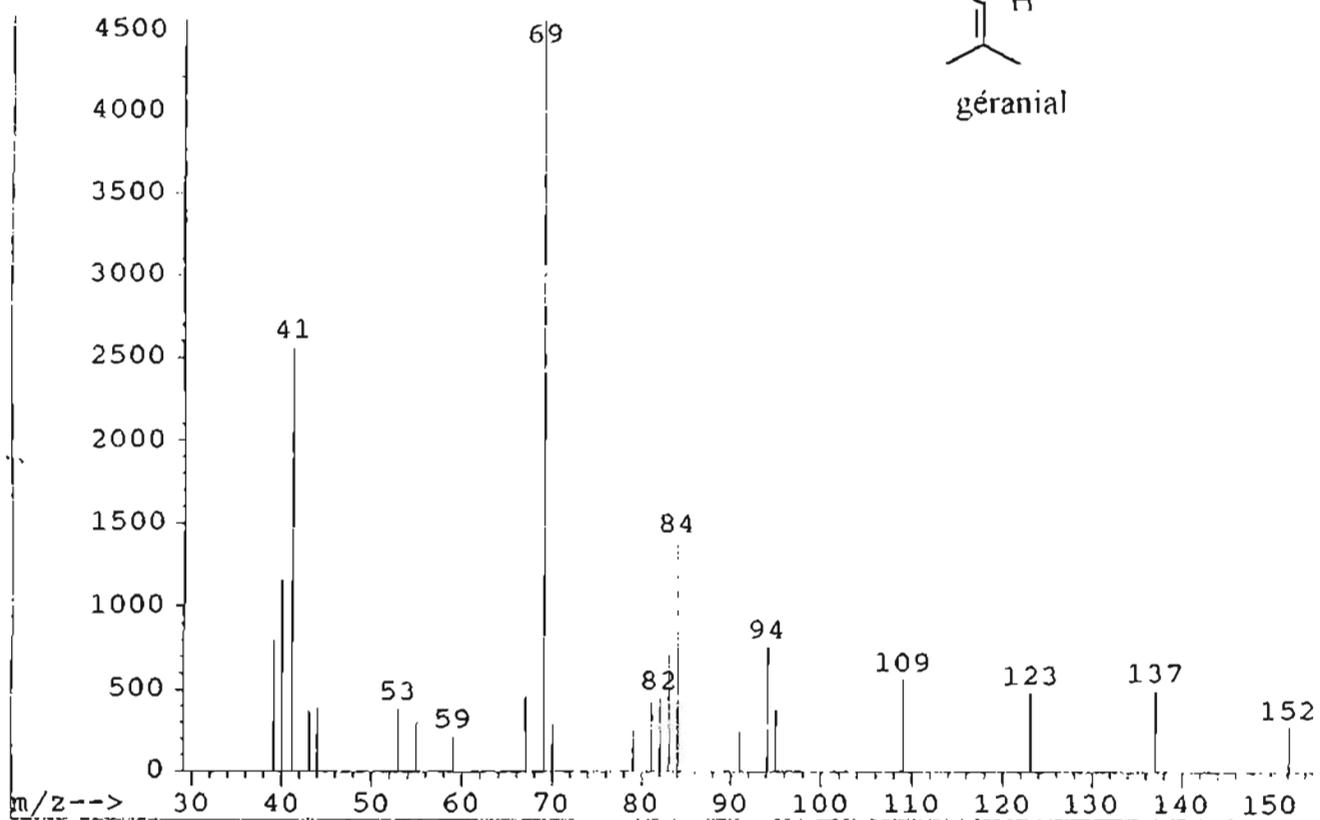
A 15



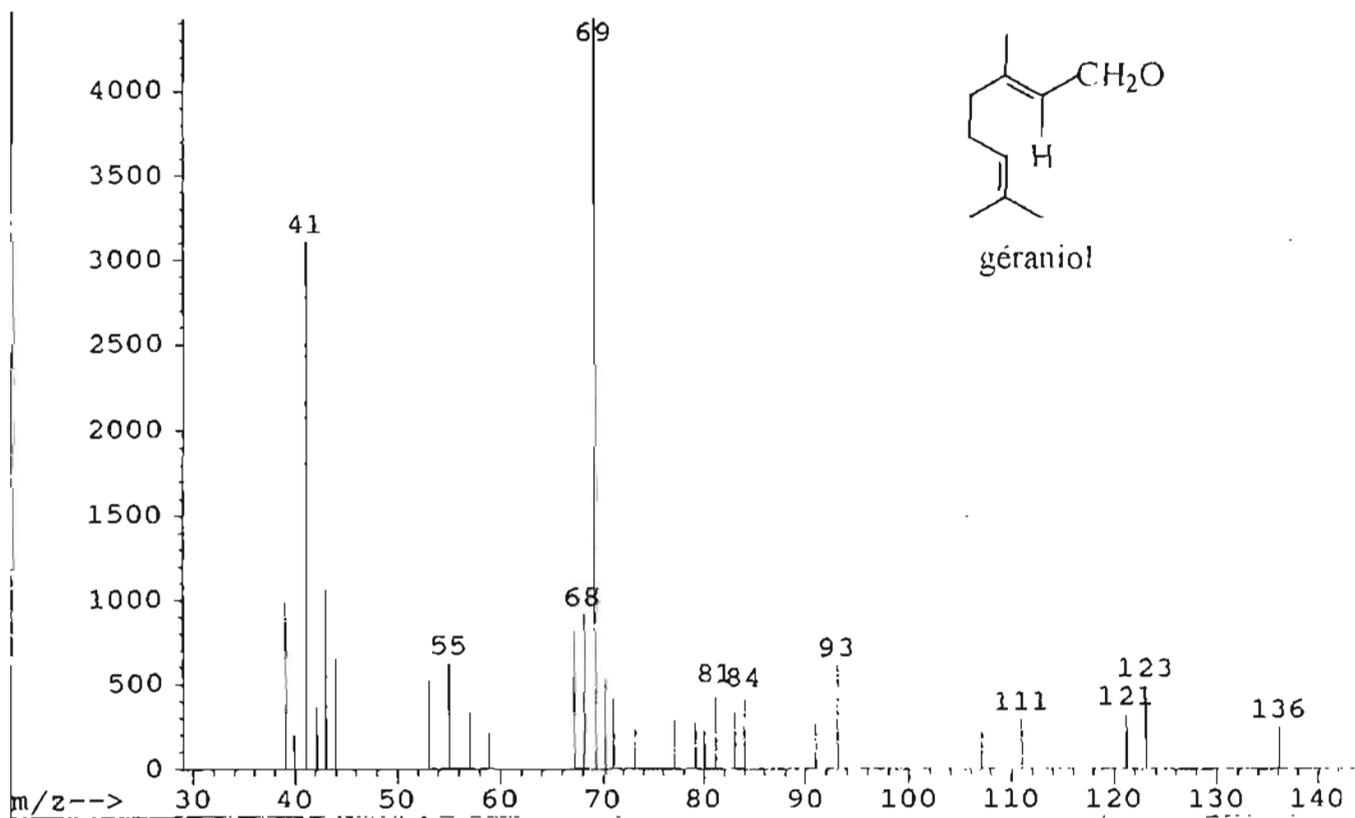


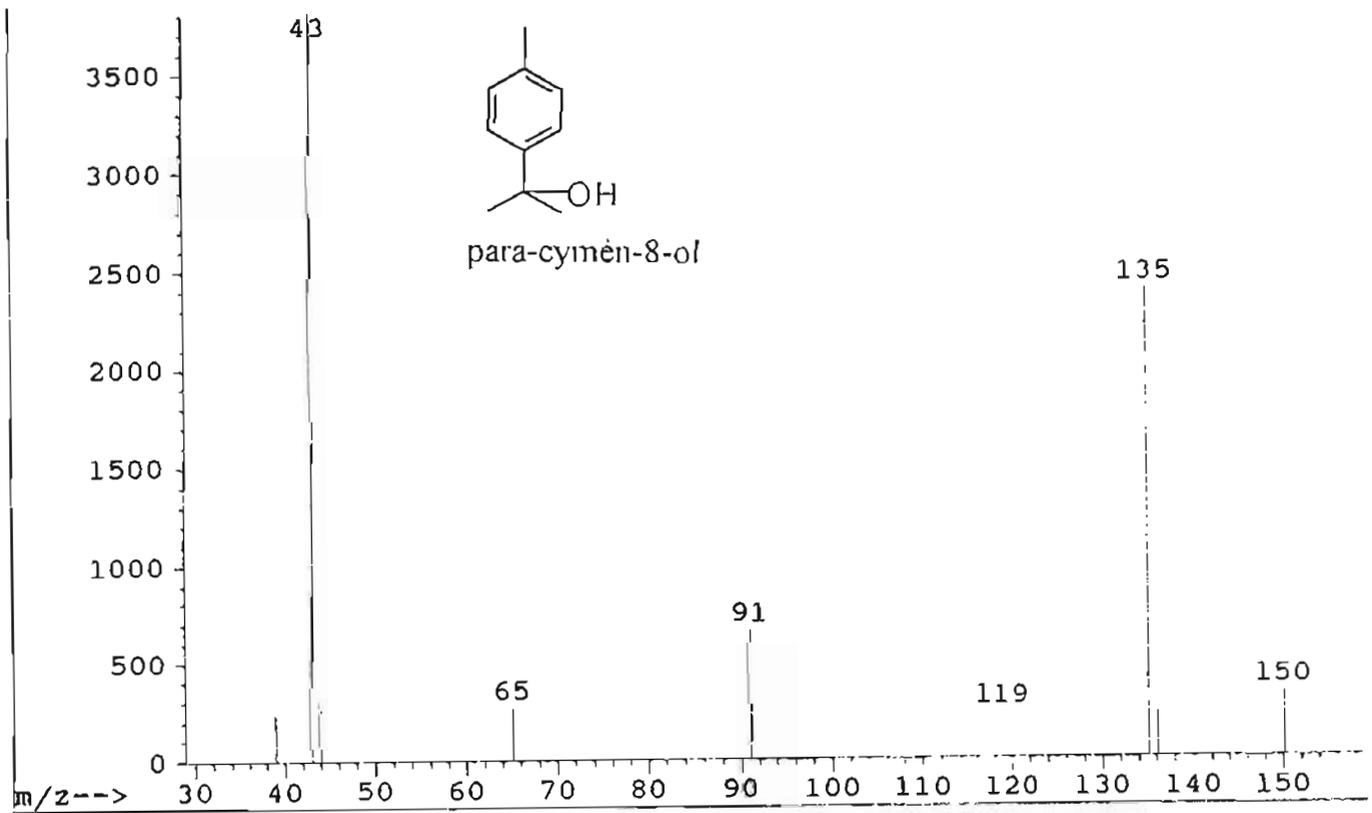
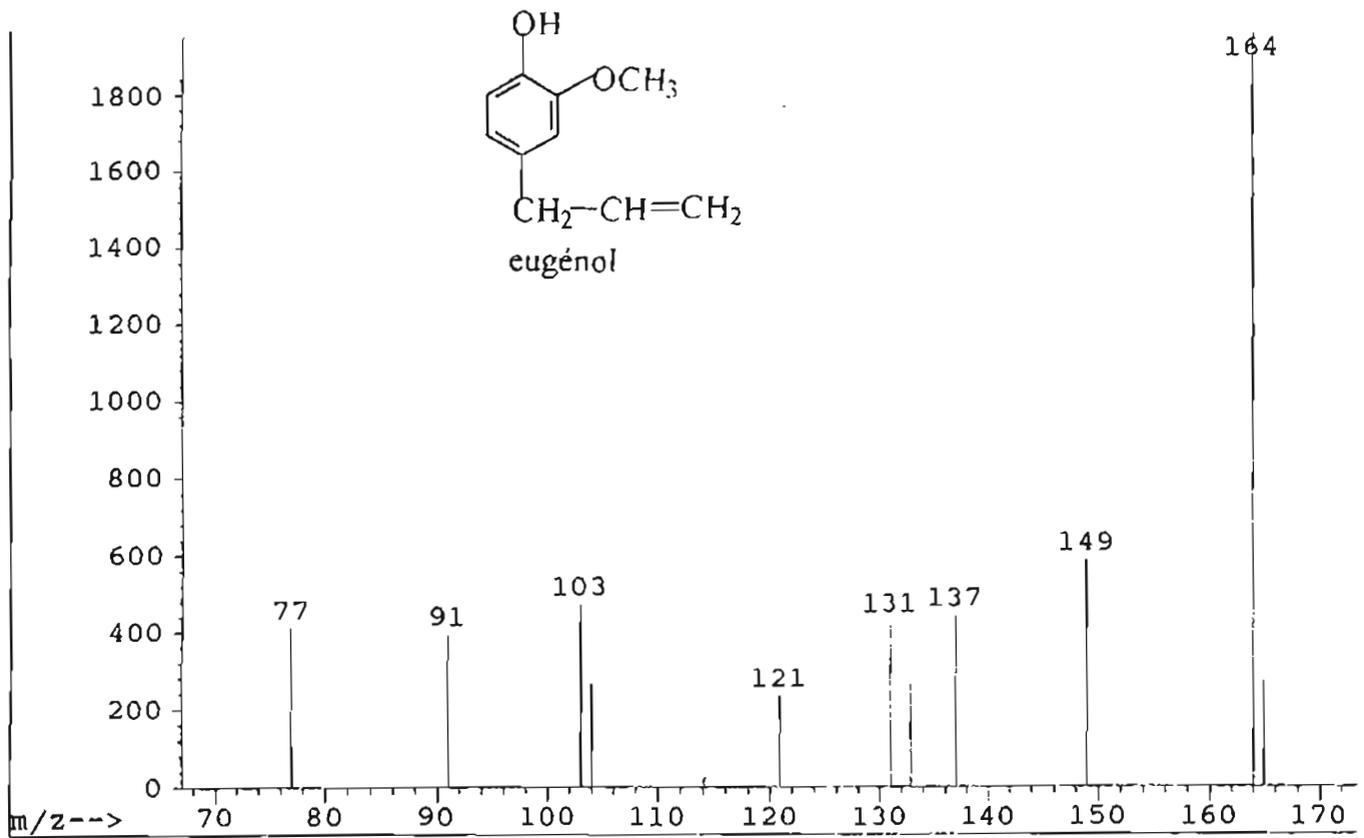


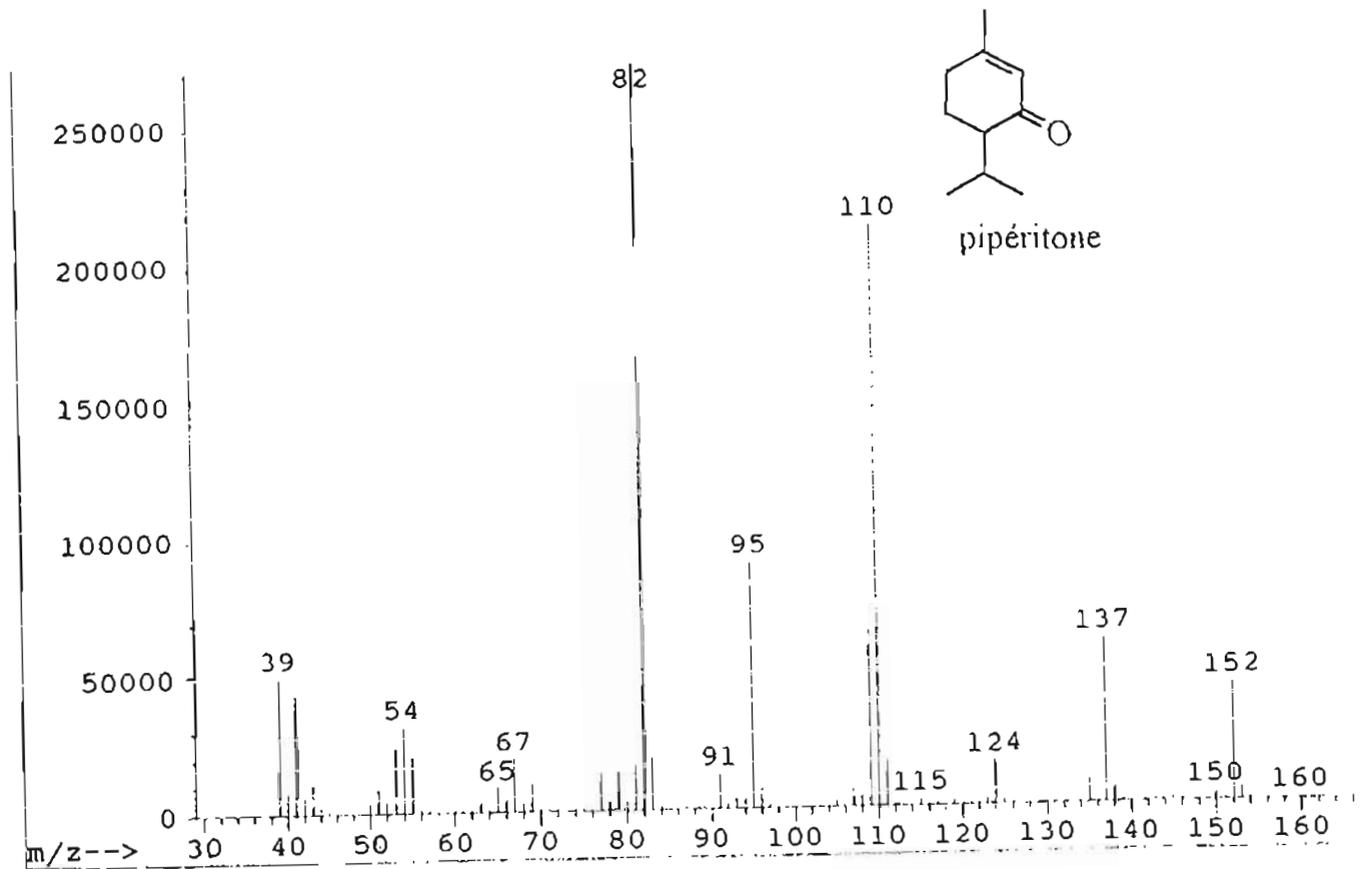
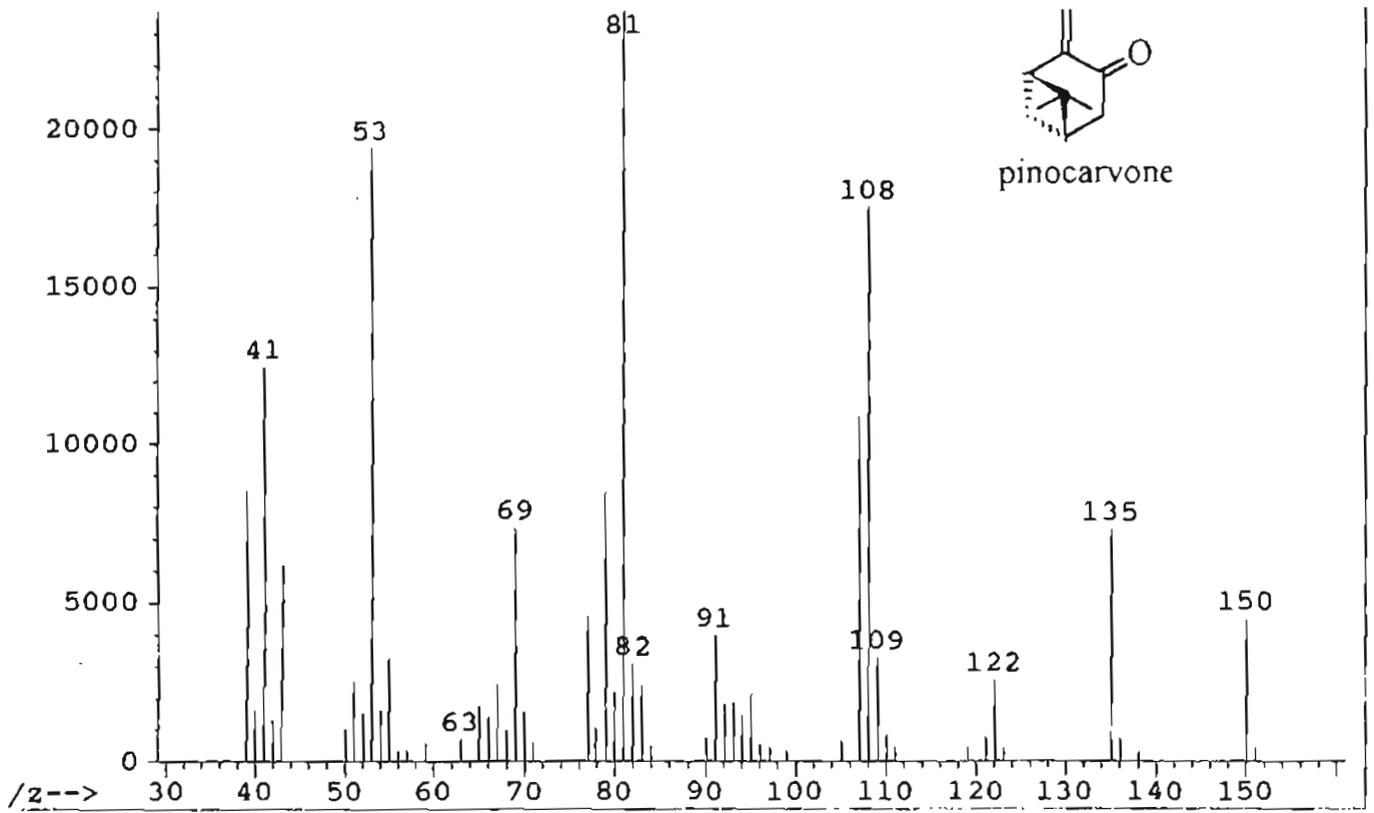
géraniel



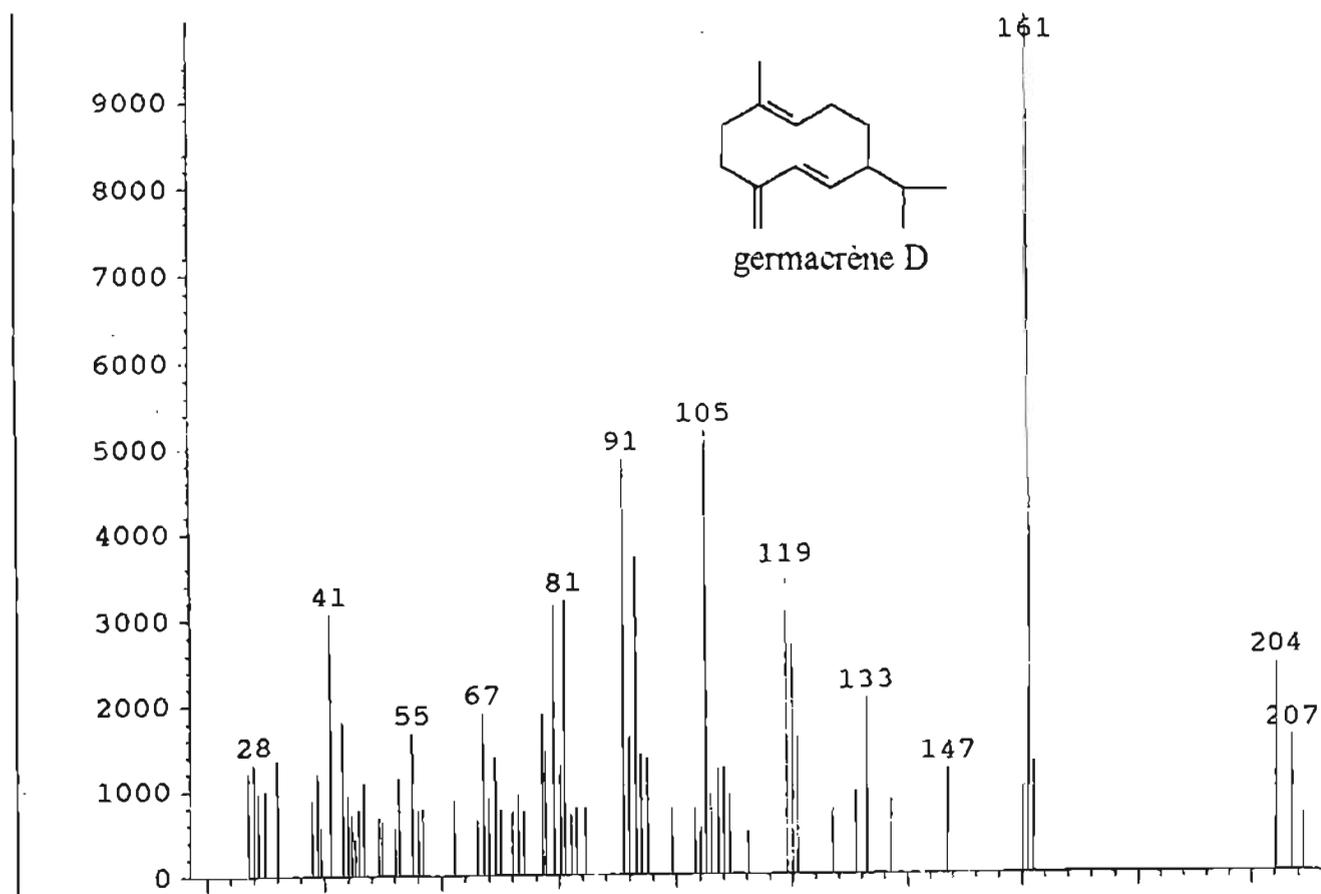
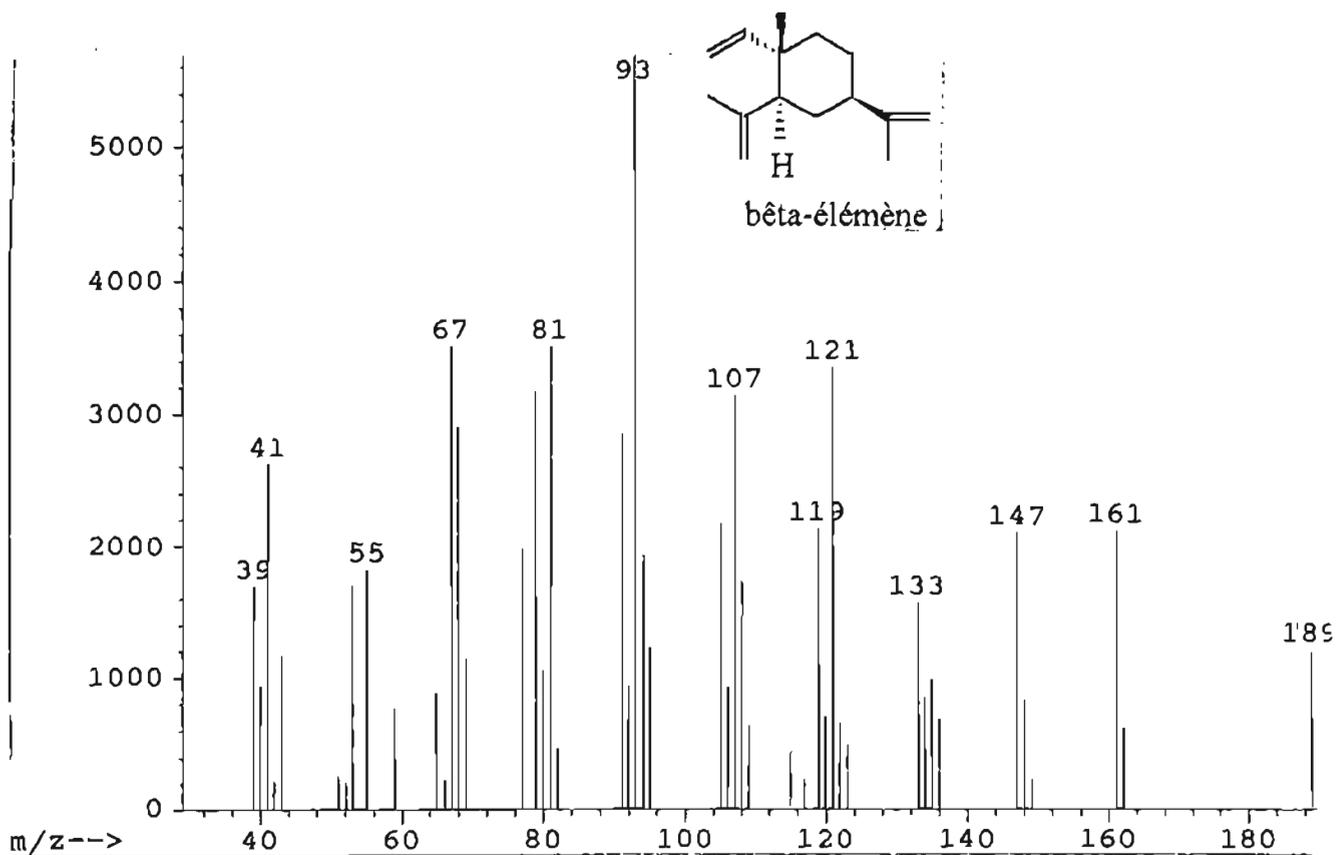
géraniol

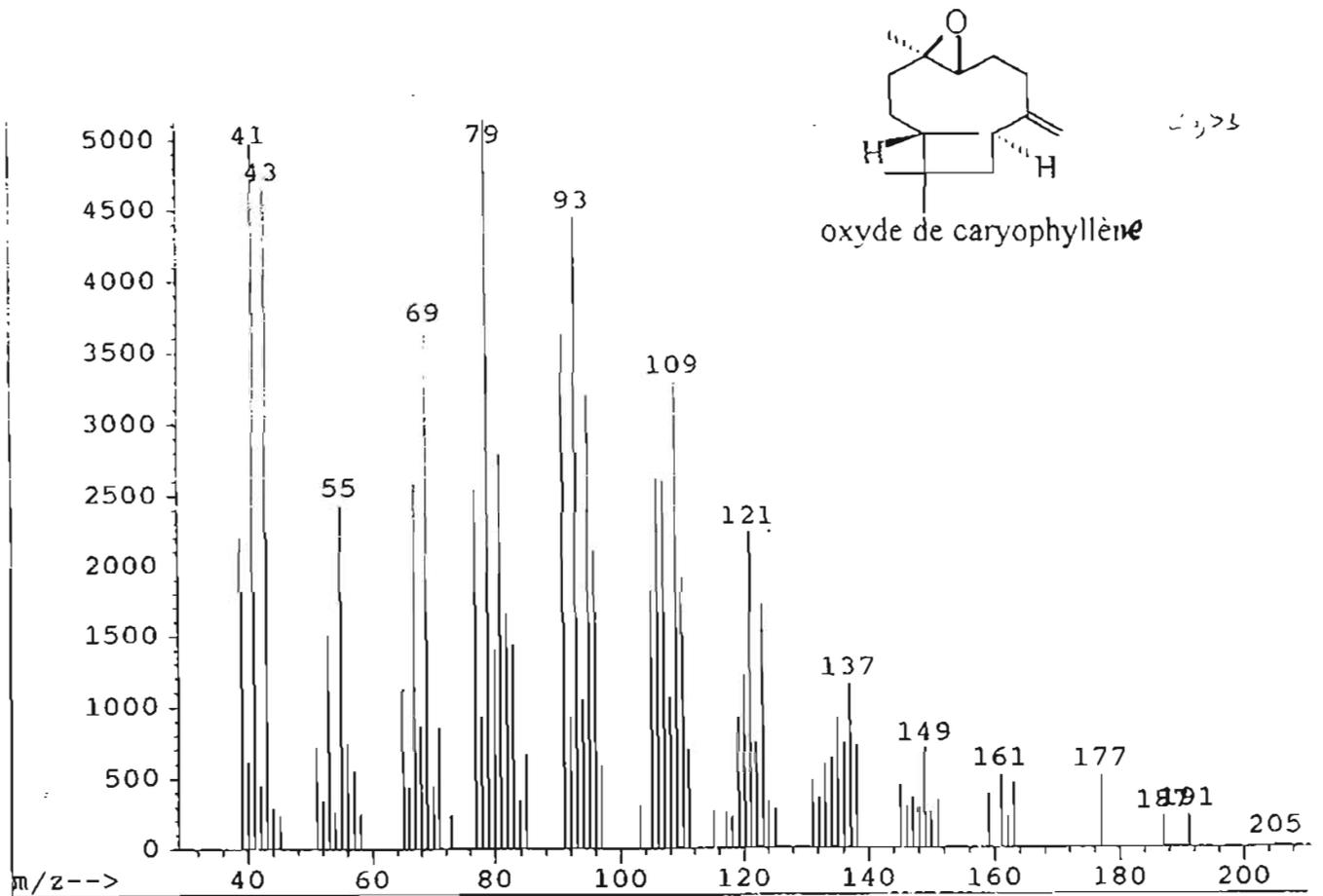
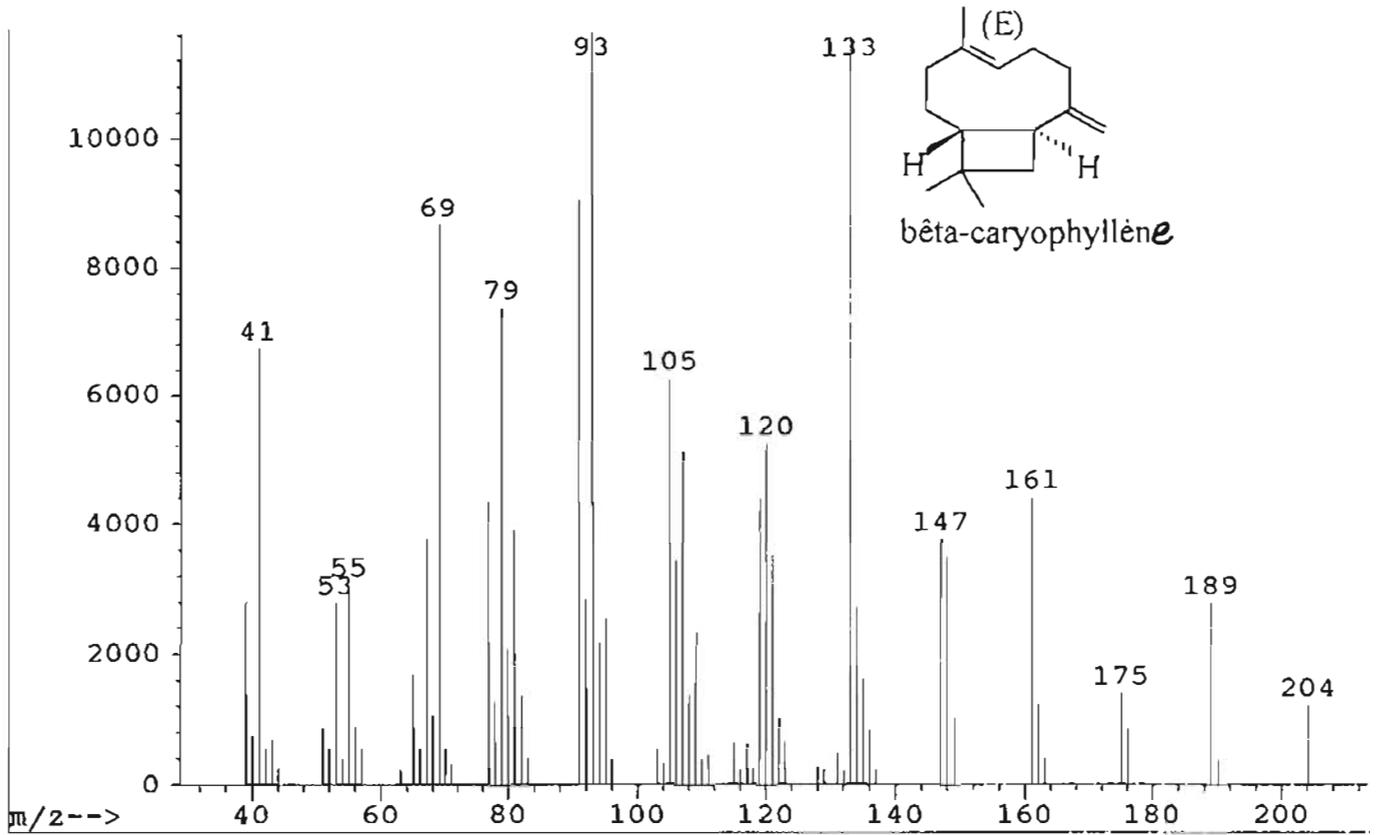


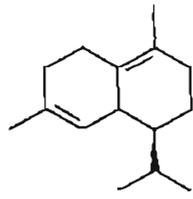




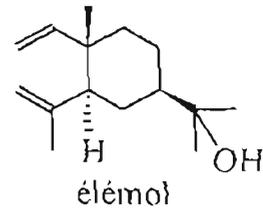
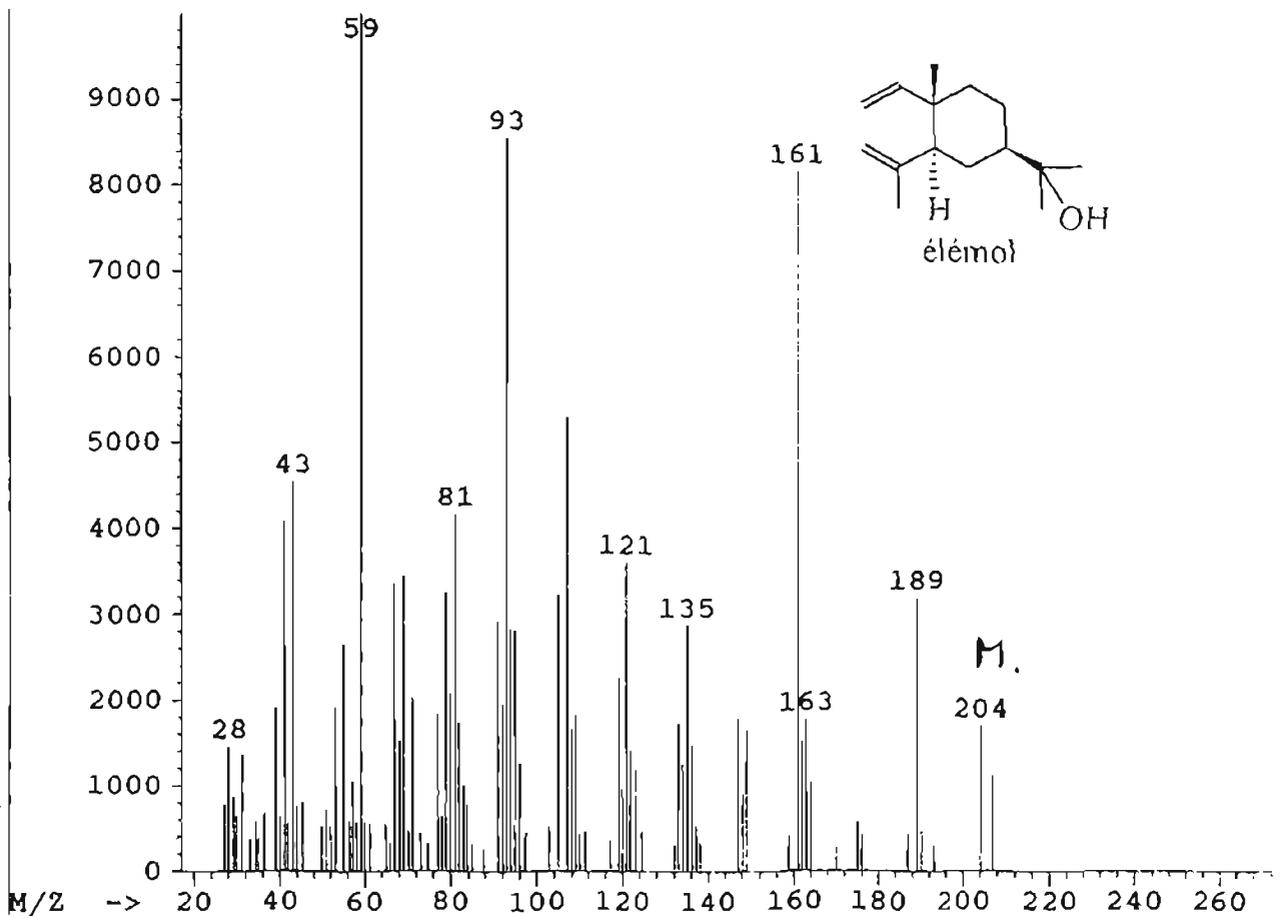
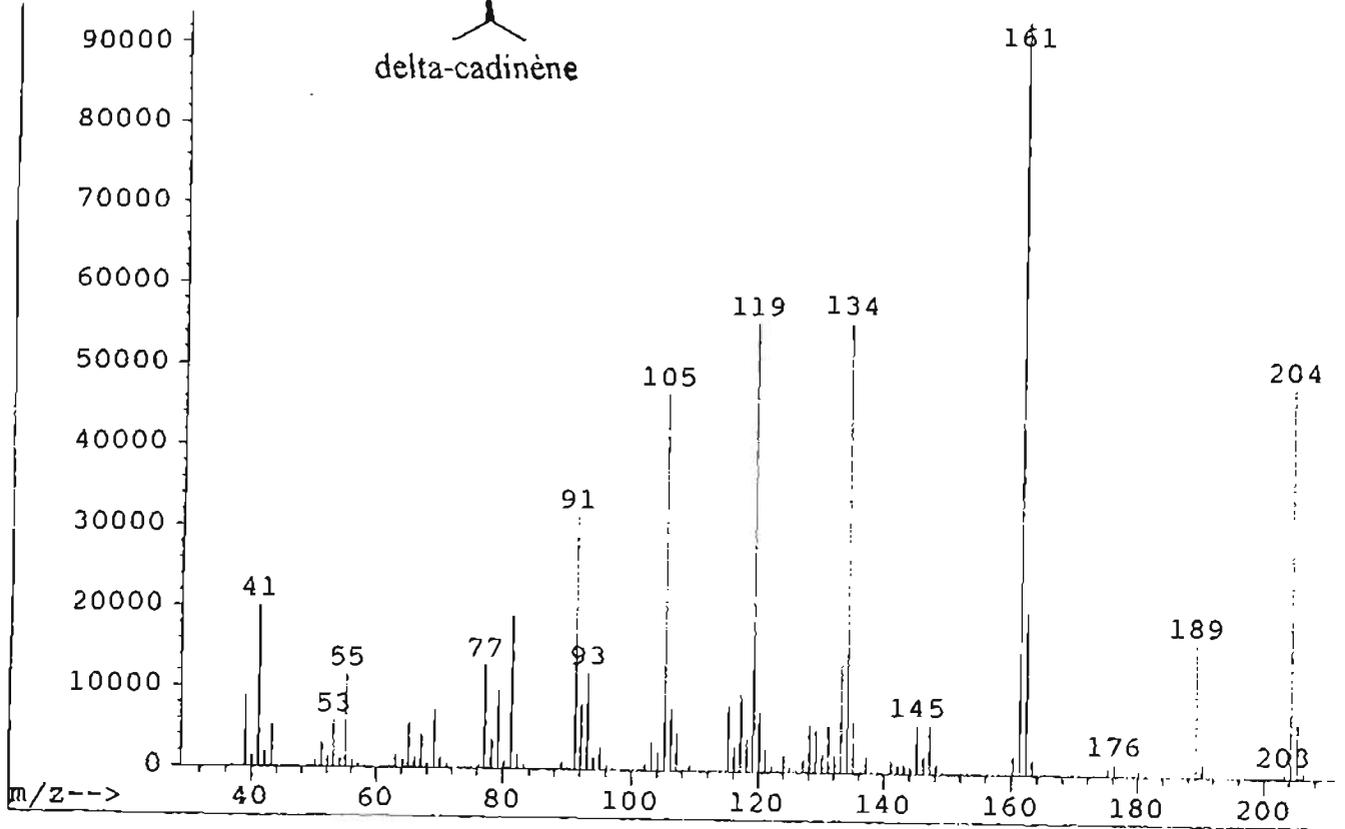
A 20

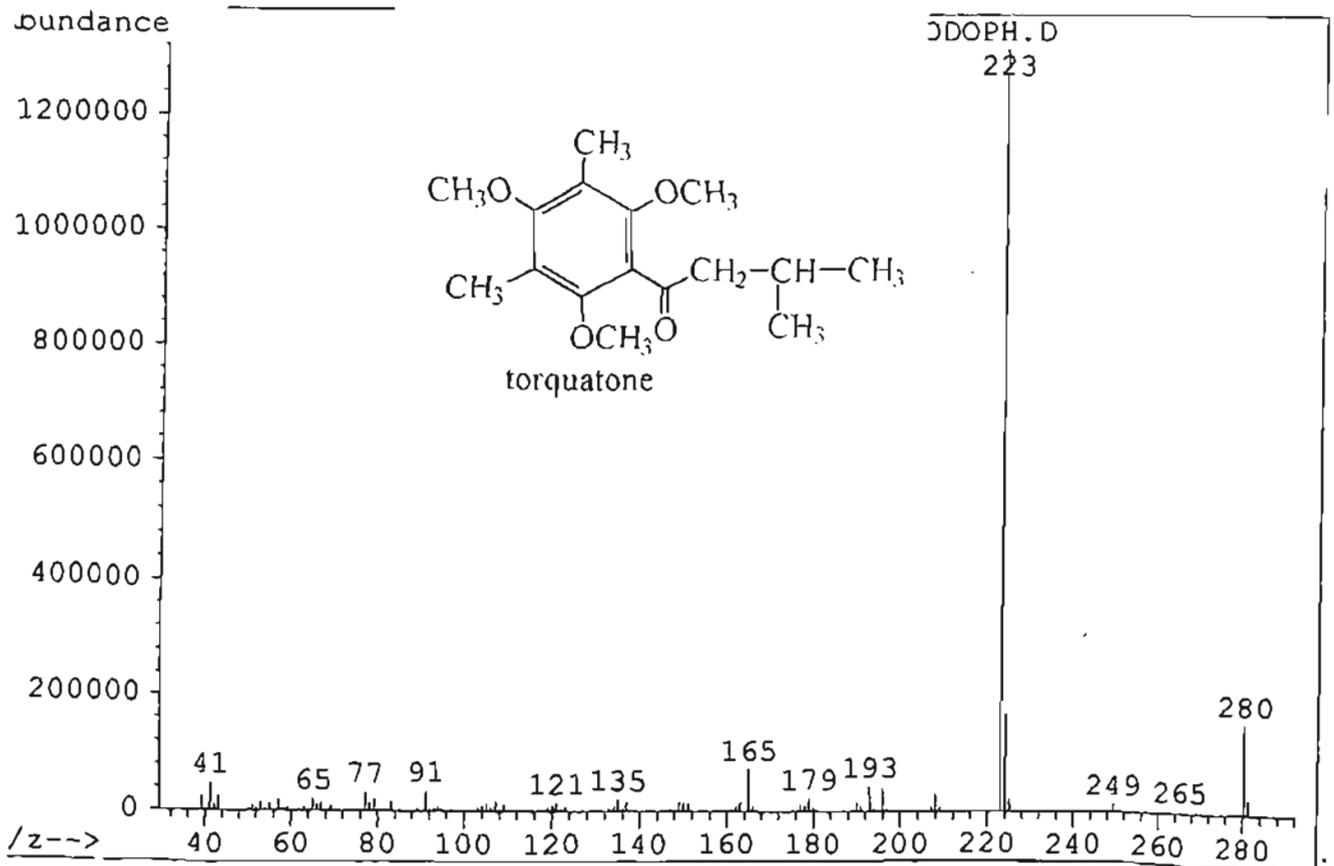
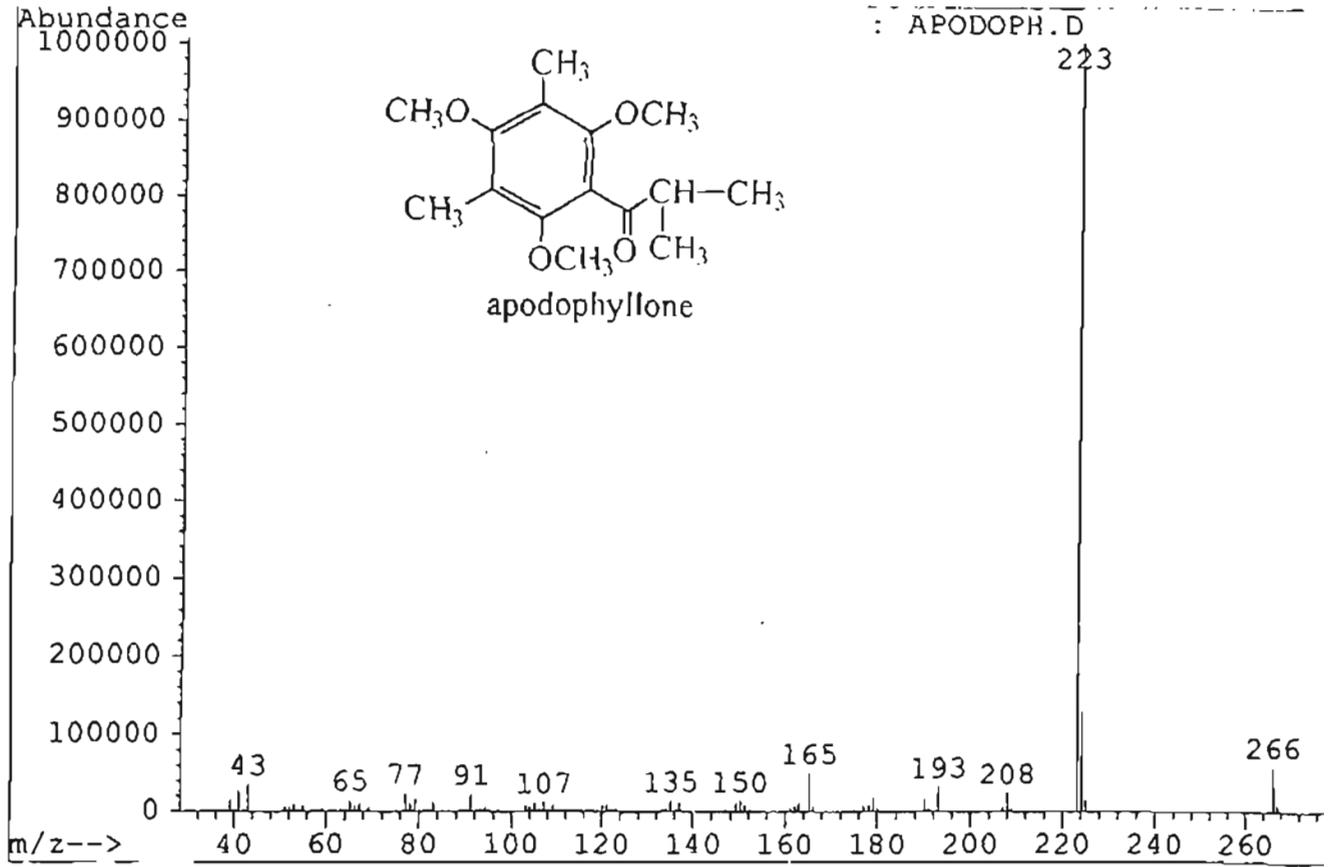


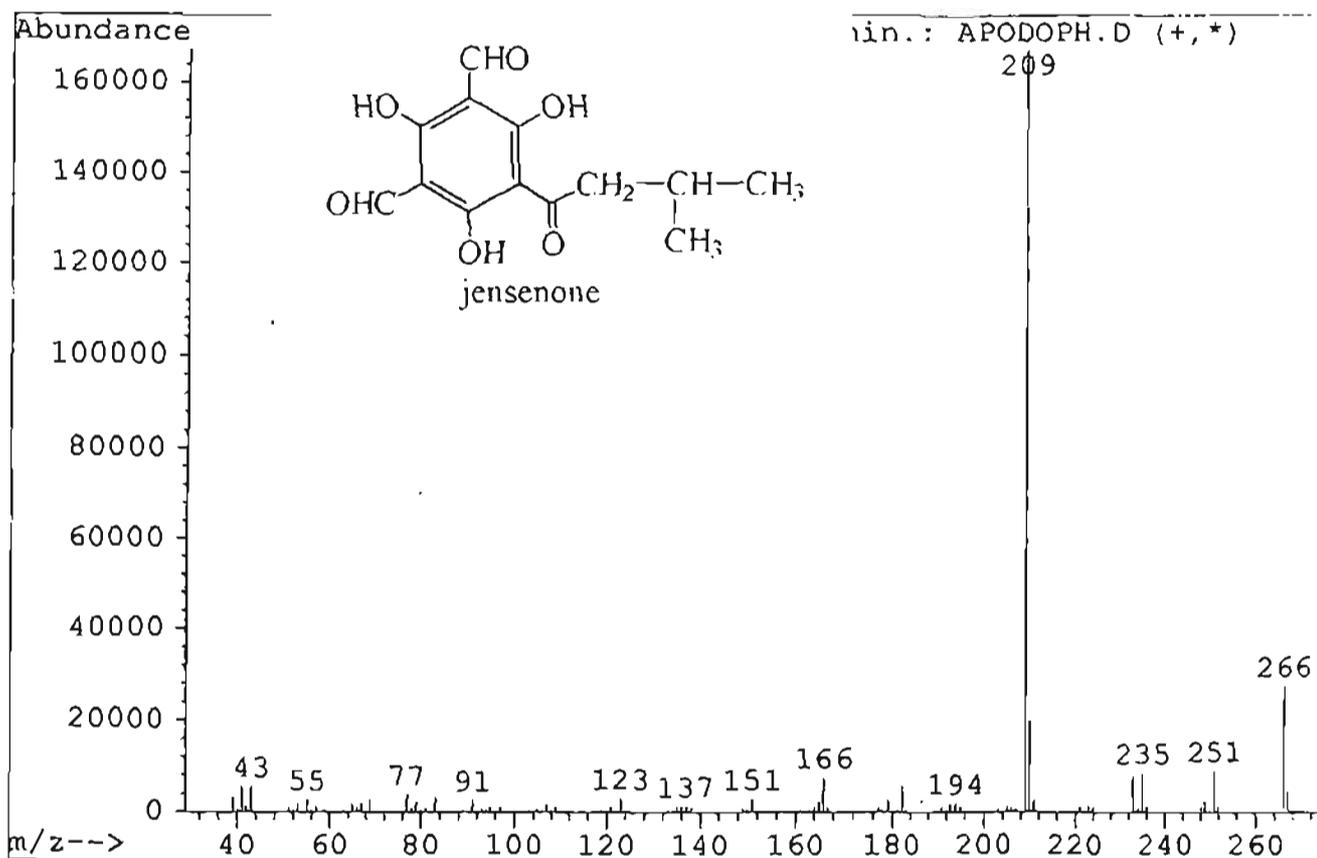
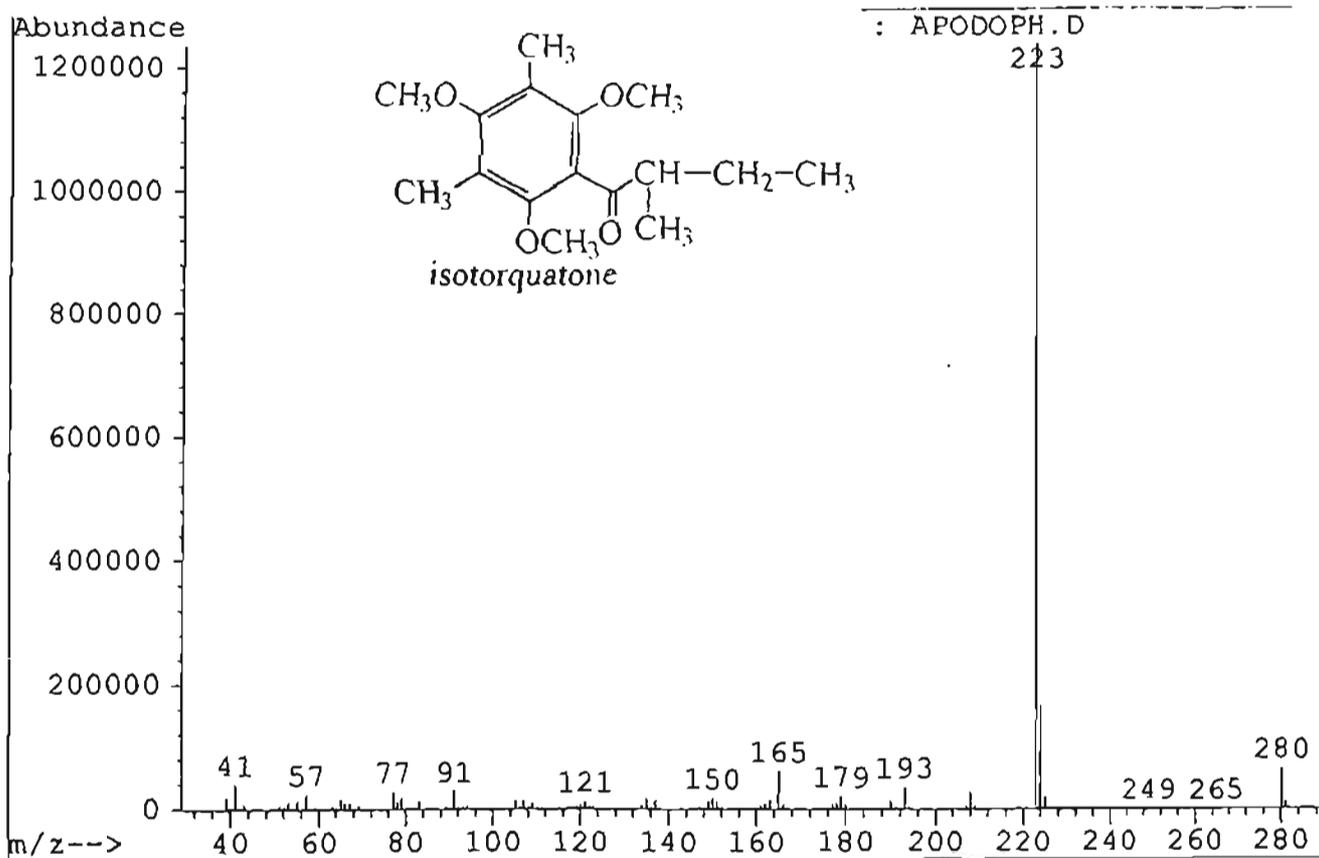




delta-cadinene



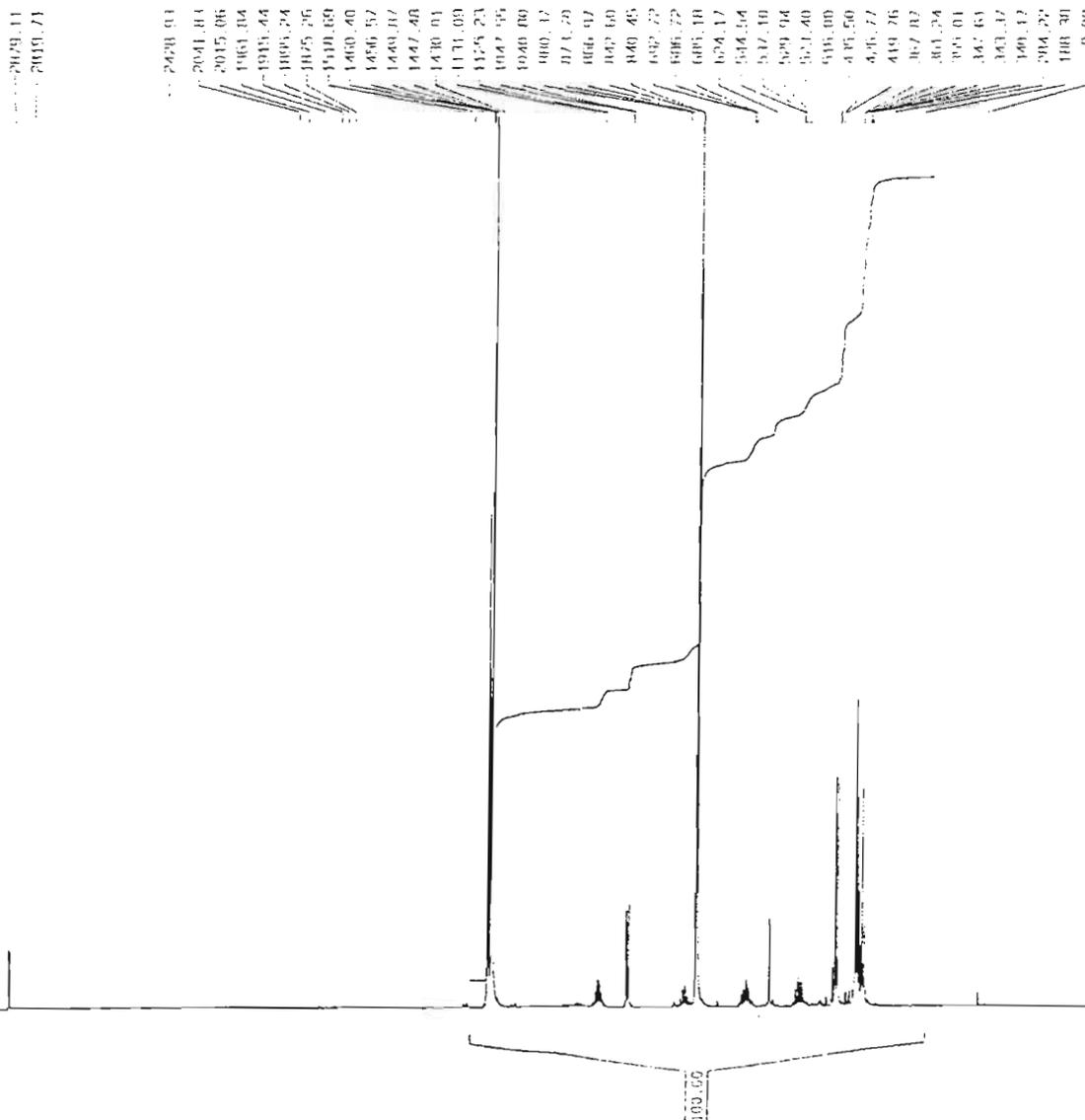




ANNEXE 4 : Spectres de résonance magnétique nucléaire du proton des fractions F_{14} et F_{16} renfermant les composés : apodophyllone, isotorquatone et torquatone.

Fraction F₁₄

F 14 (Abocopylla) / CDC13



Current Data Parameters

NAME No.28
 EXPNO 50
 PROCNO 1

F2 - Acquisition Parameters

Date_ 971129
 Time 5.11
 INSTRUM spect
 PROBHD E mm Dual 13
 PULPROG zgpg
 TD 32768
 SOLVENT CDC13
 NS 16
 DS 2
 SWH 8223.655 Hz
 FIDRES 0.250957 Hz
 AQ 1.2923444 sec
 RG 128
 DK 60.600 usec
 DE 4.50 usec
 IE 300.0 K
 DI 1.0000000 sec
 P1 10.00 usec
 DE 4.50 usec
 SFO1 400.1324710 MHz
 NU01 1H
 P11 -6.00 dB

F2 - Processing parameters

SF 16384
 SF 400.1300420 MHz
 KDN 5M
 SSB 0
 LB 0.30 Hz
 GB 0
 PC 1.00

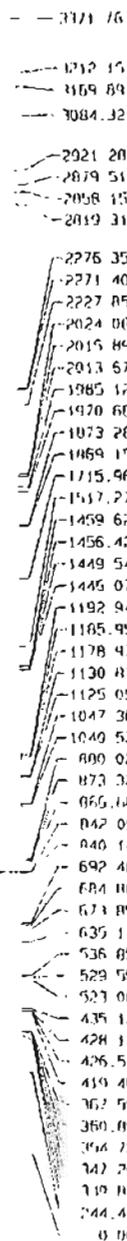
1D NMR plot parameters

DX 30.00 cm
 F1P 11.000 ppm
 F1 4401.43 Hz
 F2P -1.000 ppm
 F2 -400.13 Hz
 PRGM 0.40000 ppm/cm
 HZCM 160.05202 Hz/cm

A 27

Fraction F₁₆

F 16 (Apodophy)]1a]/CDC]3



Current Data Parameters
 NAME NOV28
 EXPNO 70
 PROCNO 1

F2 - Acquisition Parameters
 Date_ 971129
 Time 12.40
 INSTRUM spect
 PDSHD 5 mm QNP1 13
 PULPROG zg30
 TO 32768
 SOLVENT CDC13
 NS 16
 DS 2
 SWH 8223.885 Hz
 F1DRFS 0.250967 Hz
 A0 1.9523444 sec
 RG 90.5
 DW 60.800 usec
 DE 4.50 usec
 TE 300.0 K
 D1 : 0.000000 sec
 D2 10.00 usec
 DE 4.50 usec
 SF01 490.132410 MHz
 NUC1 1H
 P1 14
 P2 -5.00 dB

F2 - Processing Parameters
 S1 16384
 SF 490.1300416 MHz
 WDK EP
 SSS 0
 LB 0.30 Hz
 GB 0
 PC 1.00

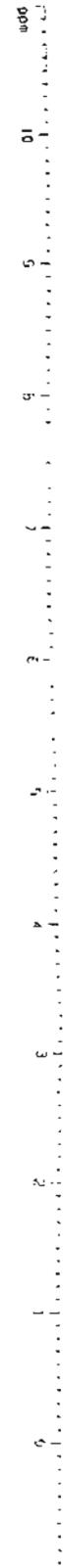
1D FWHM Parameters
 CY 30.00 cm
 FIP 11.000 cm
 F1 4421.43 Hz
 F2 11.000 cm
 F2 4421.43 Hz
 FWHM 0.40000 cm
 F2 11.000 cm
 FWHM 0.40000 cm

Integr4

0.579

0.117

54.240

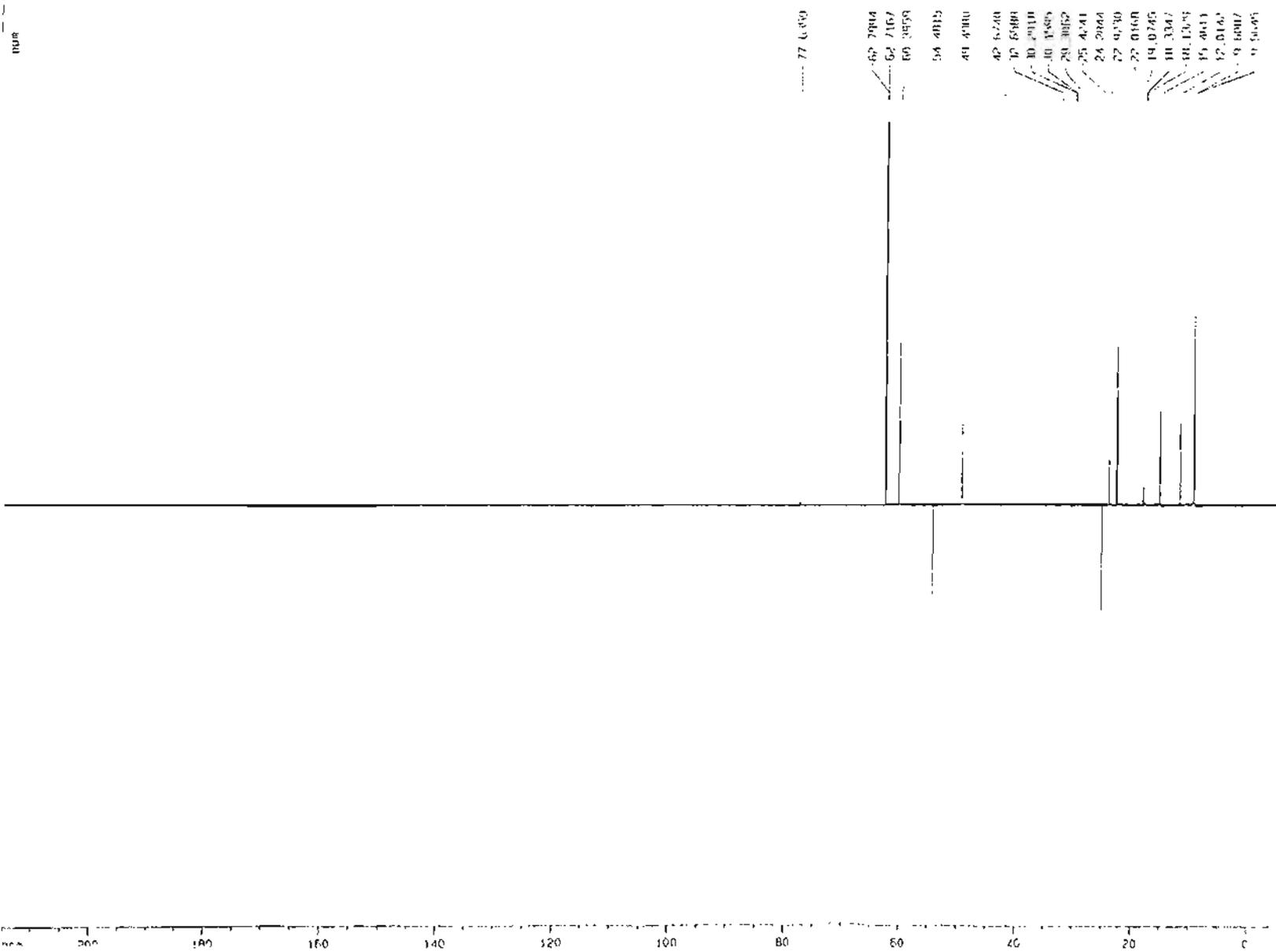


ANNEXE 4 : Spectres de résonance magnétique nucléaire du carbone 13 des fractions F₁₄ et F₁₆ renfermant les composés : apodophyllone, isotorquatone et torquatone.

Fraction F₁₄

5 14 (Apodophy)1a/CDC13

100%



Current Data Parameters
 NAME Nov28
 EXPNO 62
 PROCNO 1

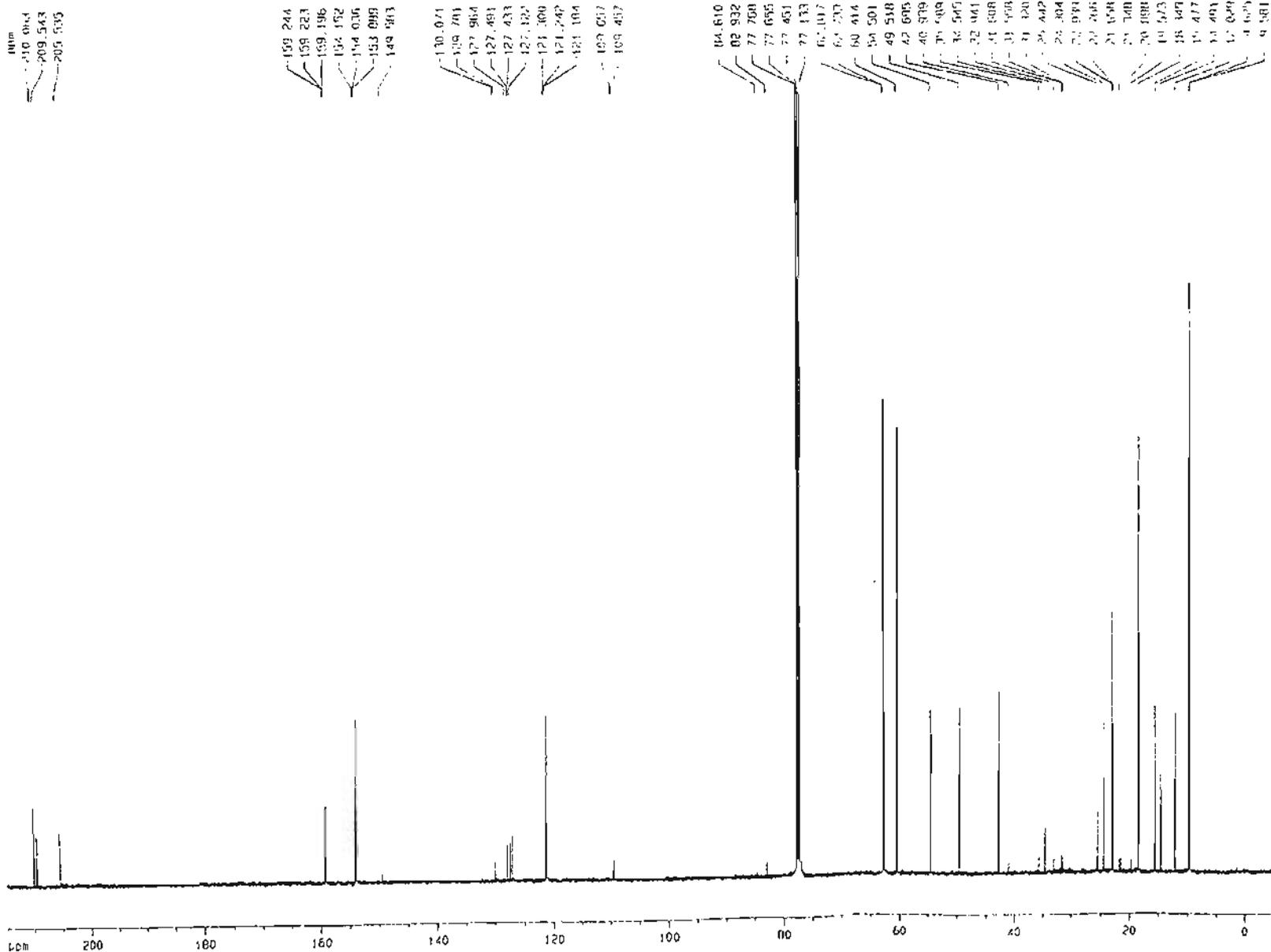
F2 - Acquisition Parameters
 Date_ 971129
 Time 10.02
 INSTRUM spect
 PROBHD 5 mm Dual 13
 PULPROG dept125
 TD 65536
 SOLVENT CDC13
 NS 4096
 DS 4
 SSB 31847.133 Hz
 FIDRES 0.485949 Hz
 AQ 1.0289652 sec
 RG 8192
 DR 15.700 usec
 DE 4.50 usec
 TE 300.0 K
 P1 6.00 usec
 DELTA 0.000076 sec
 Zf 1.00000000 sec
 C12 0.00002000 sec
 PL2 -6.00 dB
 P3 9.00 usec
 SFO2 400.1316005 MHz
 NU02 1H
 D2 0.00357143 sec
 P4 18.00 usec
 SFO1 100.6254358 MHz
 NU01 13C
 PL1 -6.00 dB
 P2 12.00 usec
 PL12 17.00 dB
 DE 4.50 usec
 CPDPRG2 waltz16
 PCP02 100.00 usec

F2 - Processing parameters
 SI 32768
 SF 100.6127290 MHz
 WDK CW
 SSB 0
 LB 1.00 Hz
 SB 0
 PC 1.40

ID (MVA) p10: parameters
 C1 30.00 dB
 F10 215.000 dB
 F1 21531 Hz
 F2F -5.000 dB
 F2 -503.05 Hz
 PPK0M 2.2333 dB
 PPK 70.07672 Hz

Fraction F_{16}

F 1E/CDC13



Current Data Parameters
 NAME Jun25
 EXPNO 20
 PROCNO 1

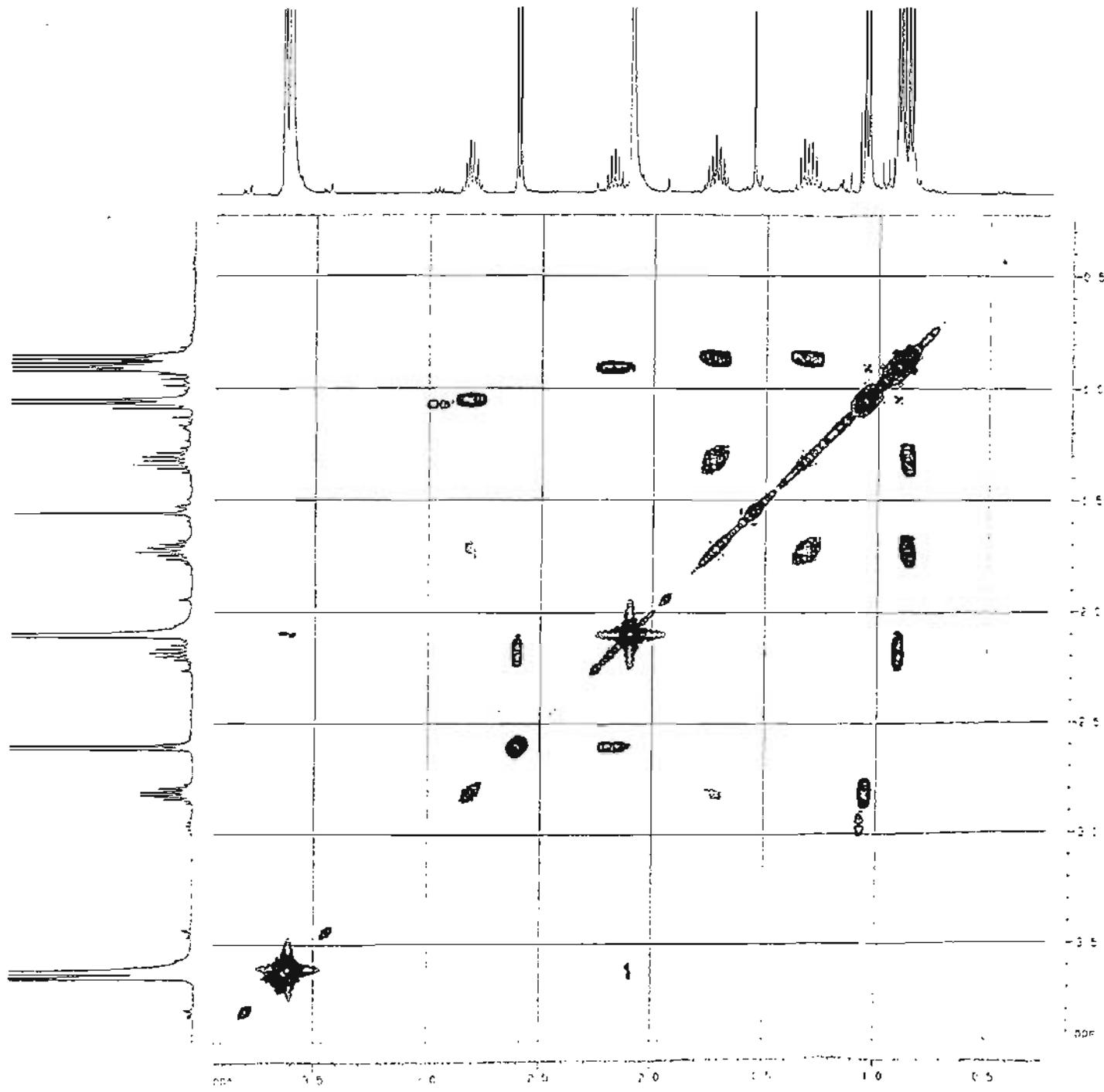
F2 - Acquisition Parameters
 Date_ 970625
 Time 16.51
 INSTRUM spect
 PROBHD 5 mm Dual 13
 PULPROG zgpg30
 TD 65536
 SOLVENT CDC13
 NS 6144
 DS 2
 SWH 31847.133 Hz
 FIDRES 0.485949 Hz
 AQ 1.0289652 sec
 RG 8192
 DM 15.700 usec
 DE 4.50 usec
 TE 300.0 K
 CJ2 0.00002000 sec
 PL13 20.00 dB
 CJ 1.00000000 sec
 CPOPRG2 waltz16
 PCPD2 100.00 usec
 SFO2 400.1316005 MHz
 NUC2 1H
 PL2 -6.00 dB
 PL12 17.00 dB
 P1 8.00 usec
 DE 4.50 usec
 SFO1 100.6254358 MHz
 NUC1 13C
 PL1 -6.00 dB
 CJ1 0.03000000 sec

F2 - Processing parameters
 SI 32768
 SF 100.6127290 MHz
 WDM EM
 SSB 0
 LB 1.00 Hz
 GB 0
 PC 1.40

1D NMR plot parameters
 CX 30.00 cm
 F1P 215.000 ppm
 F1 21631.74 Hz
 F2P -5.000 ppm
 F2 -503.06 Hz
 FWHM 7.33333 ppm/cm
 HZCM 737.82672 Hz/cm

ANNEXE 4 : Spectres de résonance magnétique nucléaire du proton à deux dimensions (H/H) des fractions F₁₄ et F₁₆ renfermant les composés : apodophyllone, isotorquatone et torquatone.

Fraction F₁₄



Current Data Parameters
 NAME NOV28
 EXPNO 61
 PROCNO 1

F2 - Acquisition Parameters
 Date_ 971129
 Time 5.34
 INSTRUM spect
 PROBHD 5 mm Dual 1H
 PULPROG cosy45
 TO 1024
 SOLVENT COC13
 NS 32
 DS 4
 SWH 1488.085 MHz
 FIDRES 1.453218 MHz
 AQ 0.344140 sec
 RG 256
 SW 336.000 usec
 DE 231.43 usec
 TE 300.0 K
 D1 1.78147805 sec
 P1 10.00 usec
 DO 0.00000300 sec
 DE 231.43 usec
 SFO1 400.1300768 MHz
 NUC1 1H
 P1 10.00 usec
 SFO 400.1300768 MHz
 INO 0.00057200 sec

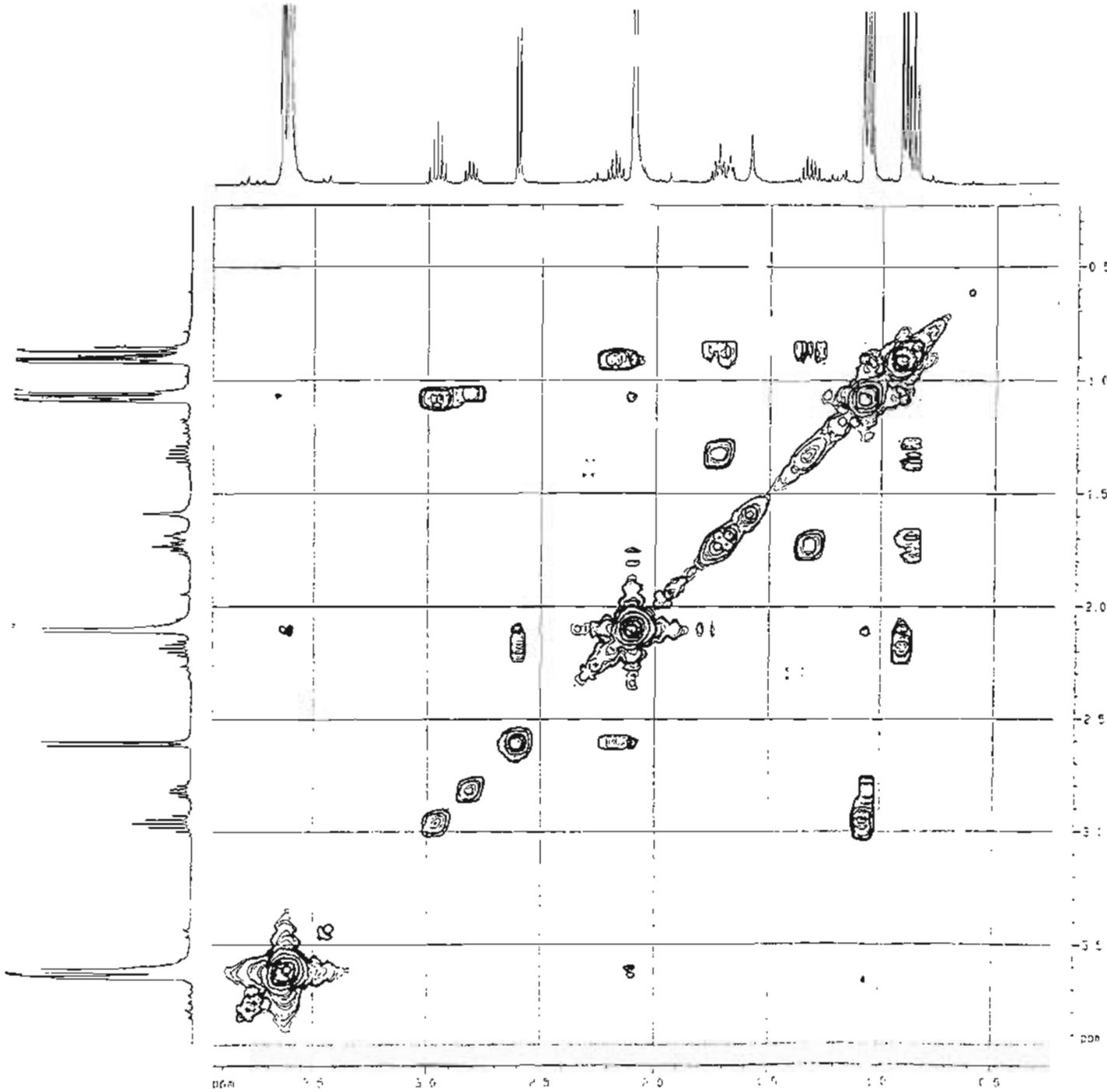
F1 - Acquisition Parameters
 NSC 1
 ID 128
 SFO1 400.1300768 MHz
 FIDRES 11.625744 MHz
 SW 3.719 ppm

F2 - Processing parameters
 SI 512
 SF 400.1300420 MHz
 WDM SINE
 SSB 0
 LB 0.00 Hz
 GB 0
 PC 1.40

F1 - Processing parameters
 SI 512
 SF 400.1300420 MHz
 WDM SINE
 SSB 0
 LB 0.00 Hz
 GB 0

2D NMR plot parameters
 CX2 20.00 cm
 CY1 20.00 cm
 F2P/C 2.546 ppm
 F2/O 1576.78 Hz
 F2PH 0.227 ppm
 F2M1 90.69 Hz
 F1P/C 2.546 ppm
 F1/O 1576.78 Hz
 F1PH 0.227 ppm
 F1M1 90.69 Hz
 F2P/PC 1.18500 ppm
 F2P/OC 43476 Hz cm
 F1P/PC 0.18596 ppm

Fraction F₁₆



Current Data Parameters
 NAME Nov28
 EXPNO 11
 PROCNO 1

F2 - Acquisition Parameters
 Date_ 971128
 Time 12 42
 INSTRUM spect
 PROBNM 5 ms Guel 13
 PULPROG zgpg30
 TO 1024
 SOLVENT CDC12
 NS 8
 DS 4
 SWH 3140.704 Hz
 FIDRES 3.067053 Hz
 AQ 0.1620768 sec
 RG 128
 DA 156.200 usec
 DE 231.43 usec
 TE 300.2 K
 D1 1.5007195 sec
 P1 10.00 usec
 D0 1.00000304 sec
 DE 231.43 usec
 SFO: 400.1315516 MHz
 NUC1 1H
 PC1 -6.00 dB
 INO 0.00031520 sec

F1 - Acquisition Parameters
 NDD 1
 TO 128
 SFO: 400.1315516 MHz
 FIDRES 24.475250 Hz
 SW 7.830 dB

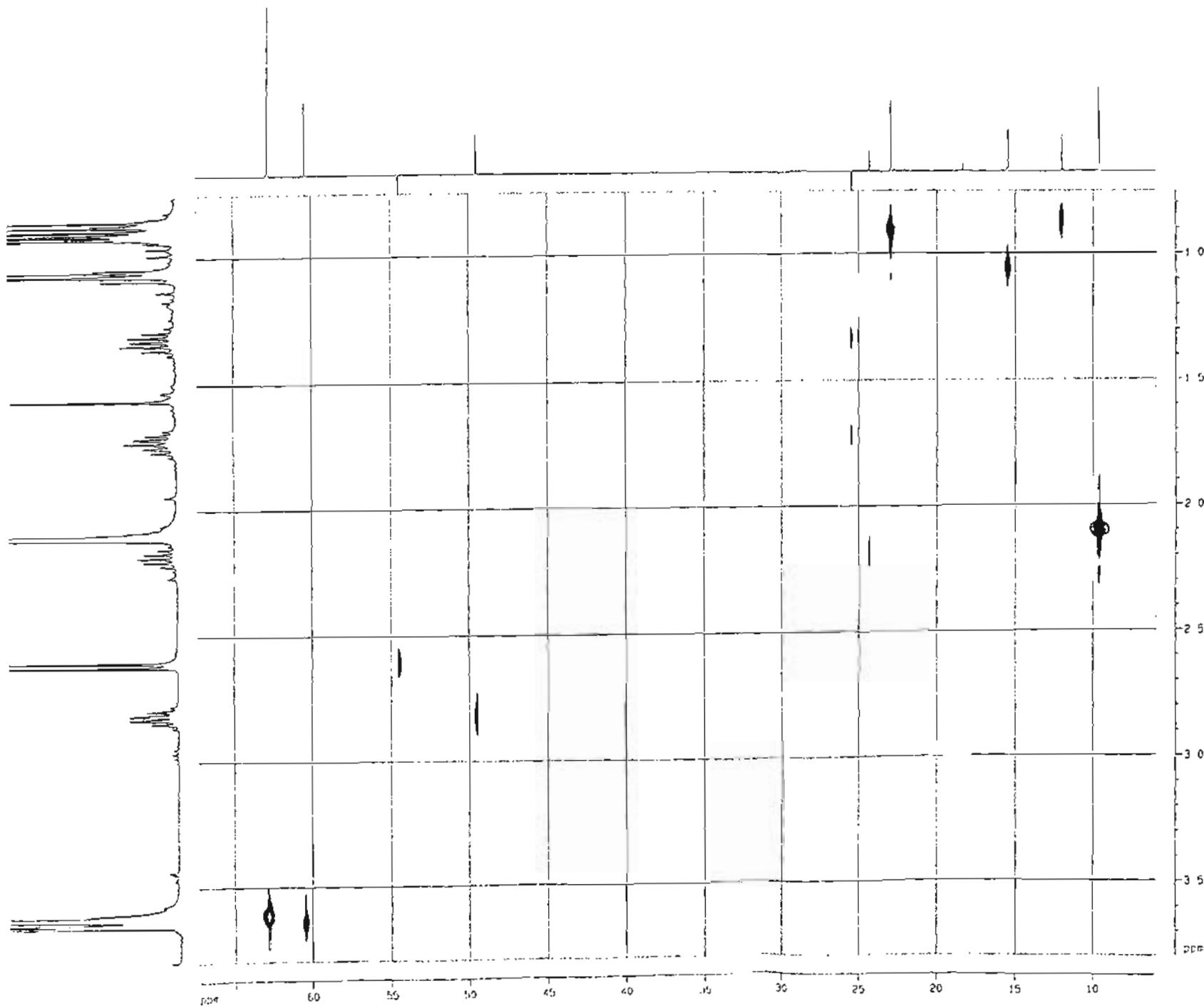
F2 - Processing Parameters
 SI 512
 SF 400.1300416 MHz
 WDW SINE
 SSB 0
 LB 0.00 Hz
 GB 0
 PC 1.40

F1 - Processing Parameters
 SI 512
 NCF 0
 SF 400.1300416 MHz
 WDW SINE
 SSB 0
 LB 0.00 Hz
 GB 0

F2 - 2D Data Parameters
 C1X 87.00 Hz
 C2X 20.00 Hz
 F2P_C 1.940 Hz
 F2_C 1578.91 Hz
 F2M1 1.227 Hz
 F2M2 95.63 Hz
 F2P_C 1.940 Hz
 C1_D 1578.91 Hz
 F1PH1 0.227 Hz
 F1M1 95.63 Hz
 F2PHM1 1.18555 Hz
 F2M1M 14.45428 Hz
 F2PHM2 1.18555 Hz
 F2M2M 14.45428 Hz

ANNEXE 4 : Spectres de résonance magnétique nucléaire à deux dimensions H/C des fractions F₁₄ et F₁₆ renfermant les composés : apodophyllone, isotorquatone et torquatone.

Fraction F_{14}



Current Data Parameters
NAME HQ-28
EXPNO 63
PROCNO 1

F2 - Acquisition Parameters
Date_ 071129
Time 10.04
INSTRUM spect
PROBHD 5 mm DAI 13
PULPROG zgpg30
TD 4096
SOLVENT CDCl3
NS 32
DS 4
SWH 19960.060 Hz
FIDRES 4.873066 Hz
AQ 0.1026548 sec
RG 8192
DW 25.050 usec
DE 4.50 usec
TE 300.0 K
D11 0.0300000 sec
D1 2.02775007 sec
d12 0.00000000 sec
AL2 -6.00 dB
P3 9.00 usec
SFO2 400.1308768 MHz
NUC2 1H
D0 0.00000000 sec
P2 12.00 usec
D2 0.00345000 sec
P1 8.00 usec
D3 0.00230000 sec
PL12 17.00 dB
DE 4.50 usec
SFO1 100.622897 MHz
NUC1 13C
PL2 -6.00 dB
CPDPRG2 waltz16
PCPD2 100.00 usec
IND 0.00053600 sec

F1 - Acquisition Parameters
IND 2
TD 128
SFO1 400.1309 MHz
FIDRES 11.629744 Hz
SR 3.719 ppm

F2 - Processing Parameters
SI 3248
SF 100.6127290 MHz
WDW 0.51MC
SSB 2
LB 0.00 Hz
GB 0
PC 1.40

F1 - Processing Parameters
SI 256
MC2 0F
SF 400.1300420 MHz
WDW 0.51MC
SSB 2
LB 0.00 Hz
GB 0

20 MHz 9101 parameters
CA2 25.00 dB
CA1 20.00 dB
F2P_0 67.320 ppm
F2L_0 6773.30 Hz
F2PH1 5.900 ppm
F2P_1 594.20 Hz
F2L_1 3.800 ppm
F1L_0 1526.65 Hz
F1PH1 0.750 ppm
F1L_1 299.95 Hz
F2PAC1 2.45657 ppm/Hz
F2PCC1 247.16193 Hz/Hz
F1PAC1 0.15254 ppm/Hz

Fraction F_{16}

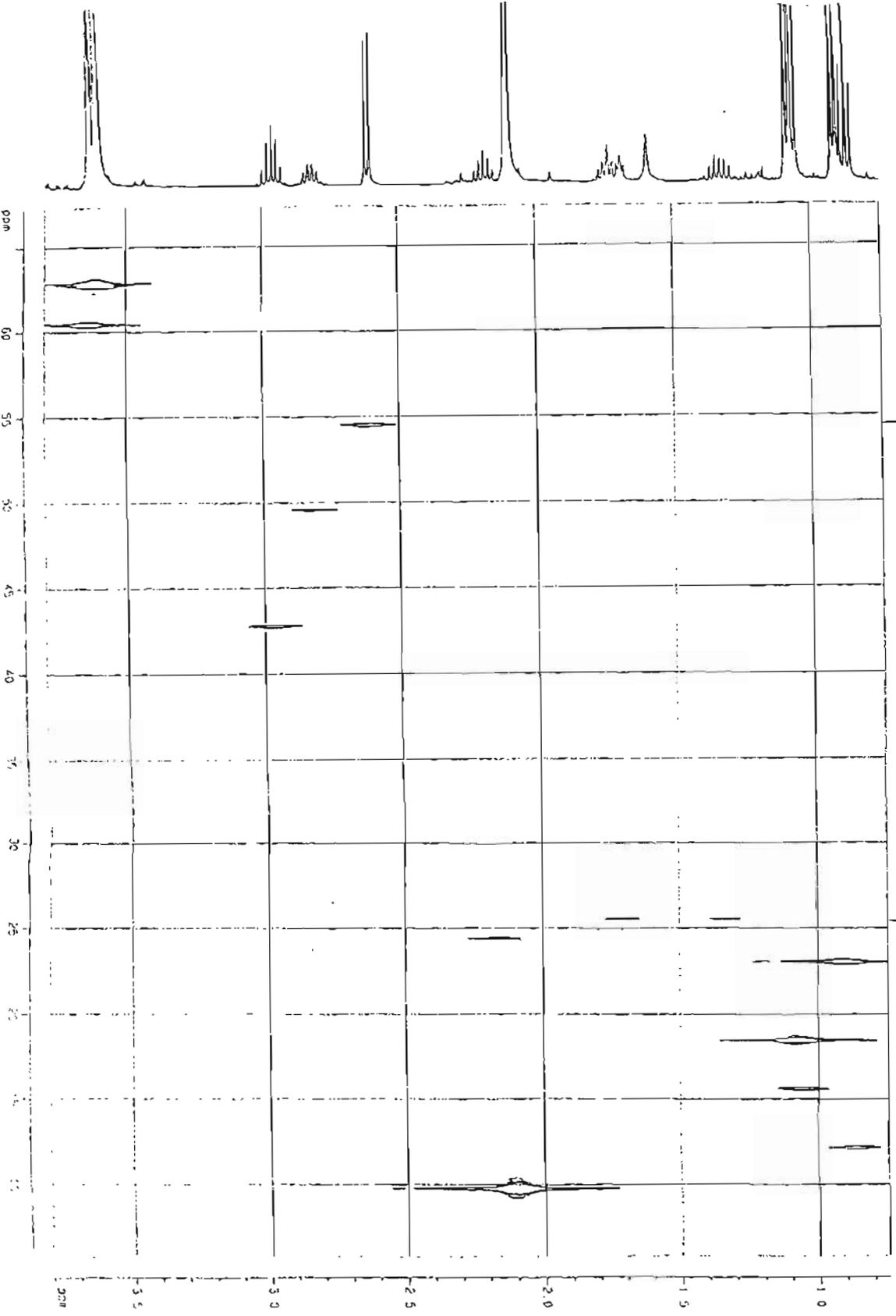
Original Date: 08/20/2011
 Date: 08/20/2011
 Time: 15:41
 Run: 15.41
 Method: 9
 Name: 016113
 Analyst: nico
 ID: 498
 SOLVENT: CDCl3
 NS: 12
 US: 4
 SMC: 12800.000 Hz
 PULSES: 327128
 AQ: 0.162800 sec
 RG: 40.000 sec
 DE: 4.000 sec
 TE: 300.2 K
 TR: 0.000000 sec
 D1: 1.000000 sec
 D12: 0.000000 sec
 P2: -4.00 sec
 P3: 9.00 sec
 P4: 400.131516 sec
 SFO2: 11
 SFO3: 0.000000 sec
 SFO4: 12.00 sec
 SFO5: 0.000000 sec
 SFO6: 5.00 sec
 SFO7: 0.17 sec
 SFO8: 4.50 sec
 SFO9: 100.619113 sec
 SFO10: 132
 SFO11: -6.00 sec
 SFO12: 4.000000 sec
 SFO13: 0.000000 sec
 SFO14: 0.000000 sec

F1 - Acquisition Parameters
 NO: 2
 TD: 128
 FID: 49.216 sec
 F1P001: 21.4325 sec
 SP: 7.820 sec

F2 - Processing Parameters
 SI: 646
 SF: 100.617280 MHz
 NS: 4096
 DSF: 2
 LB: 5.00 Hz
 GB: 0
 PC: 1.40

F3 - Acquisition Parameters
 SI: 626
 SF: 400.131516 MHz
 NS: 65536
 DSF: 2
 LB: 2.00 Hz
 GB: 0

F4 - Processing Parameters
 SI: 252
 SF: 100.617280 MHz
 NS: 65536
 DSF: 2
 LB: 2.00 Hz
 GB: 0

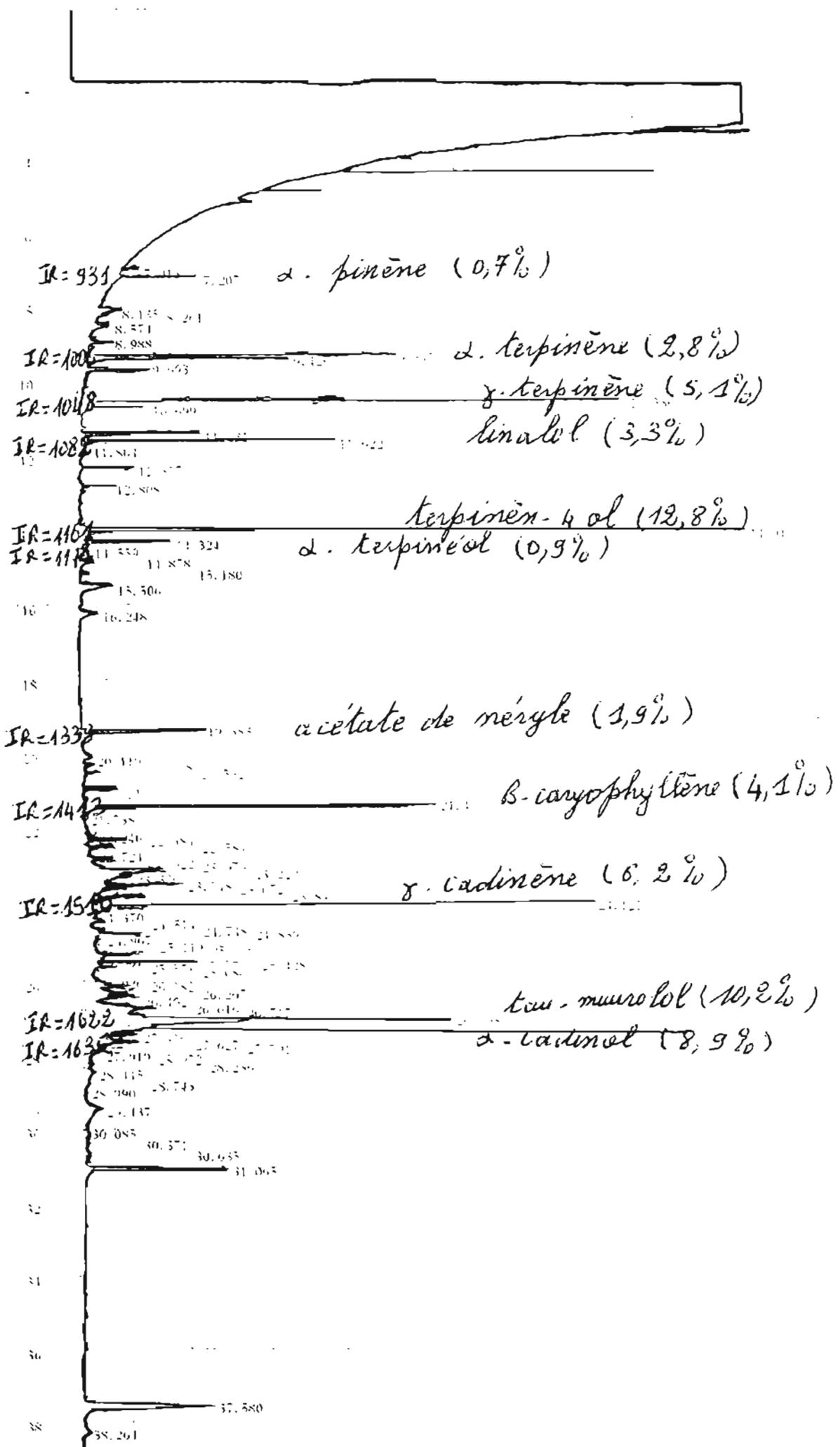


20 MHz 216.180 MHz
 100.617280 MHz
 400.131516 MHz
 12800.000 Hz

ANNEXE 5 : Chromatogrammes de quelques échantillons analysés.

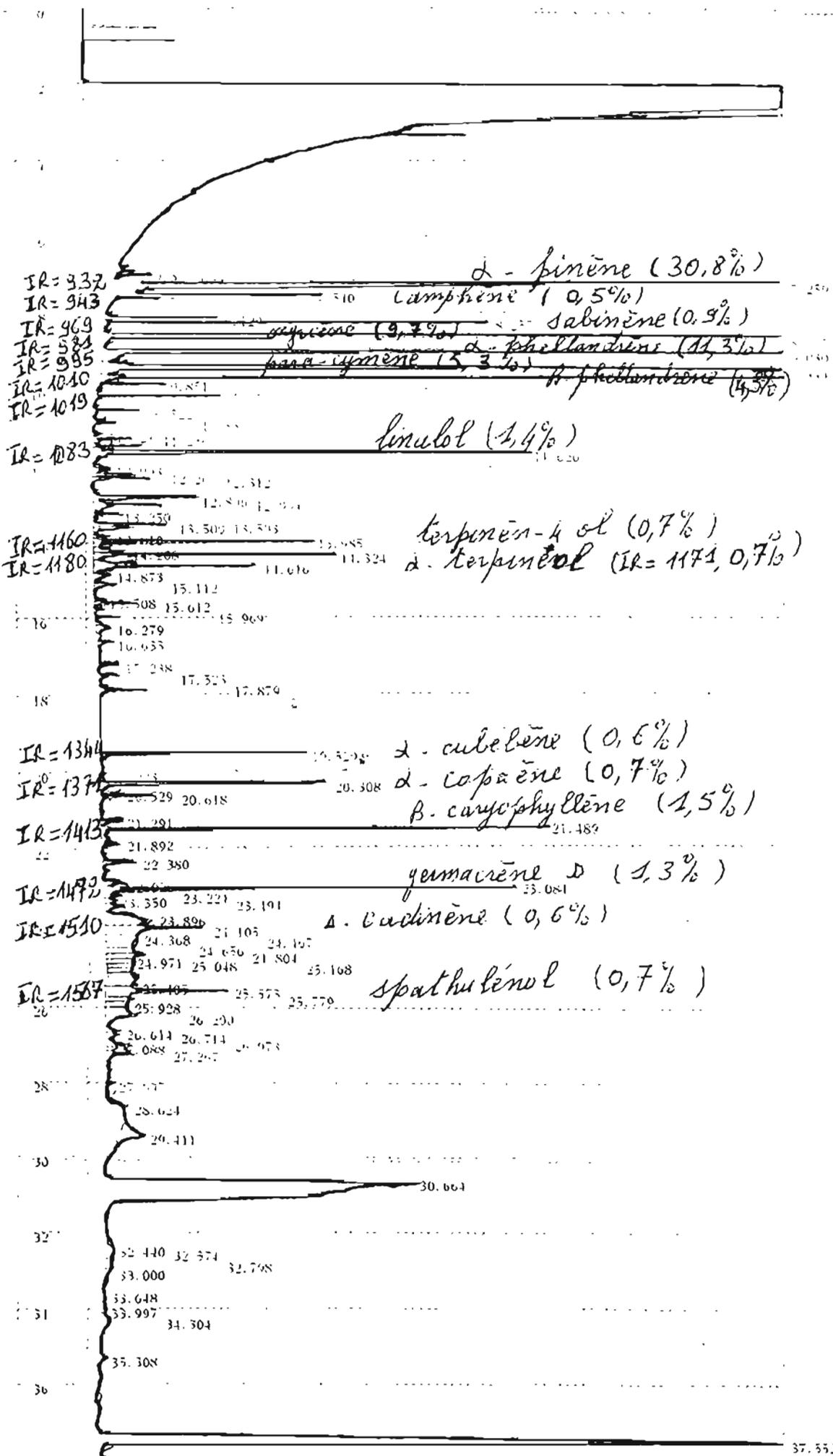
Blumea aurita

TOUZART ET LANGNON & rue Eugène Maréchal B.P. 24 9440 VITRY-SUR-SEINE TEL (1) 46 00 35 21 Fax (1) 46 00 45 18 Téléc 262 088 F



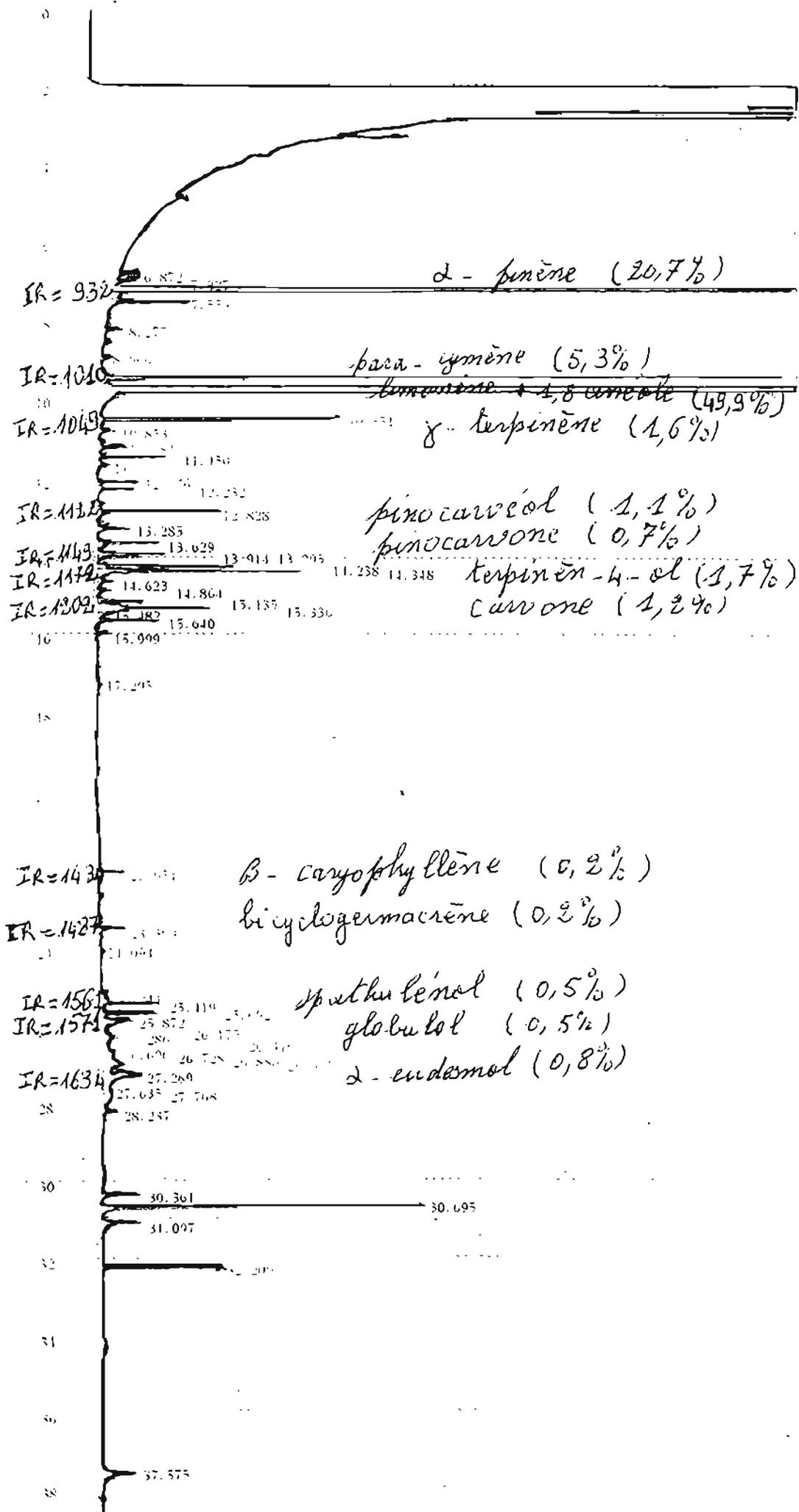
Boswellia dalzielii

Leuils



Elionurus elegans

Elonurus elegans (Poaaceae)



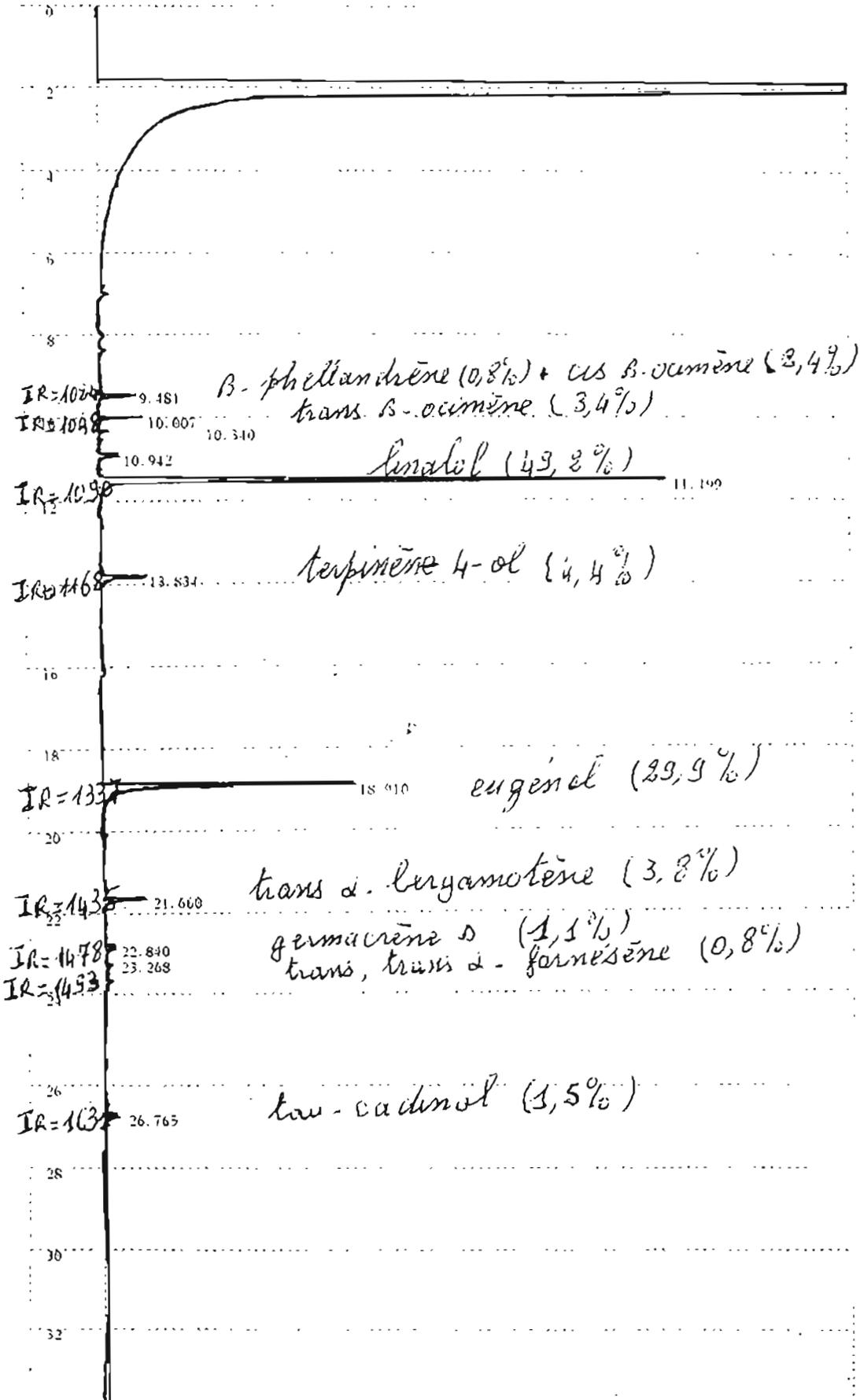
Eucalyptus apodophylla

Ocimum basilicum

Analysis File : 2:OV101.

ESSECE DU BURKINA FASO
OV101

Ocimum basilicum
Echantillon B



**ANNEXE 6 : Planches de quelques espèces botaniques étudiées
(par ordre alphabétique).**

A 44



Blumea carina



Daniella oliveri

A 45



Eucalyptus alba



Eucalyptus ardioophylla

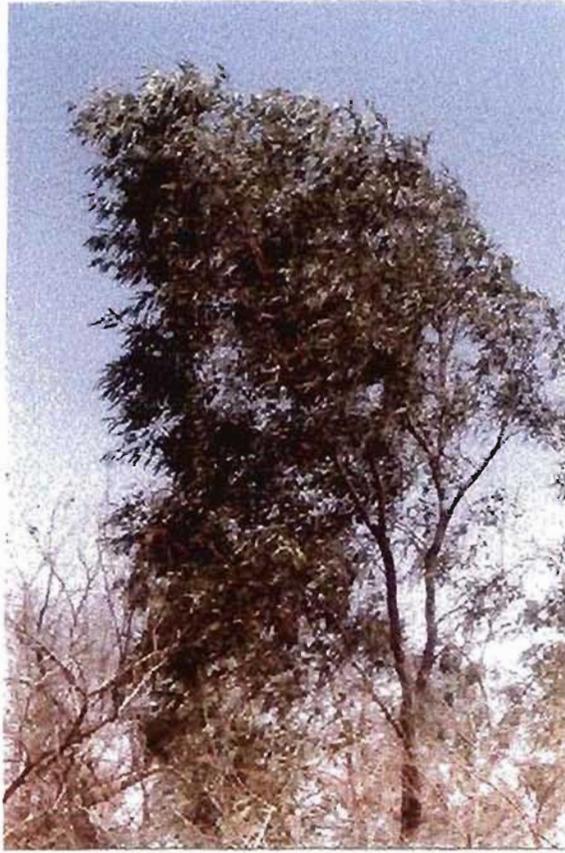


Eucalyptus camaldulensis



Eucalyptus citriodora

A 47



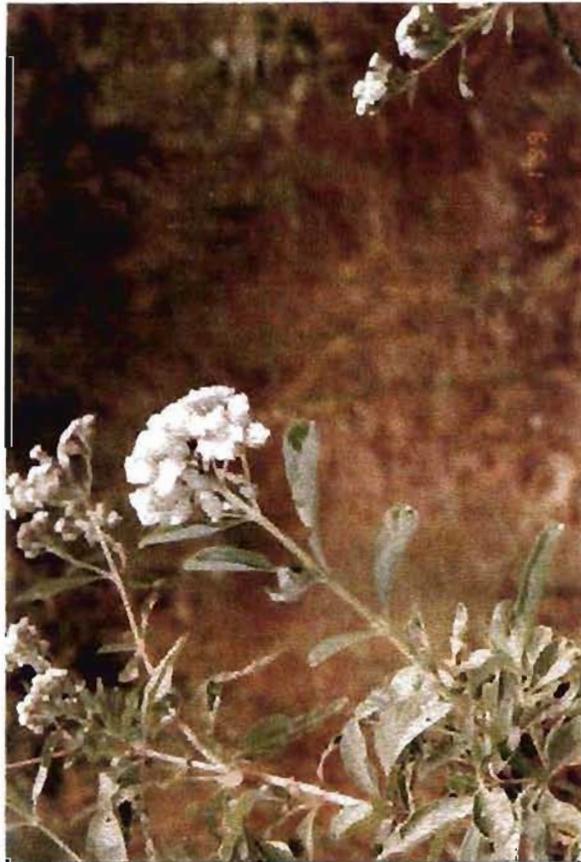
Eucalyptus crebra



Ocimum basilicum



Lantana camara



Lippia multiflora

ANNEXE 7 : Lexique des termes médicaux ^[54, 195].

Analeptique : apporte des substances nutritives, rétablit les forces et stimule les fonctions de l'organisme.

Antidiarrhéique : ralentit l'élimination du contenu intestinal.

Antihypertensif : substance qui provoque une baisse de tension.

Anthelminthique (= antihelminthique) : provoque de manière générale l'élimination des helminthes intestinaux.

Antifongique : substance qui empêche le développement ou la multiplication des champignons.

Anti-inflammatoire : substance qui réduit les inflammations et les douleurs en résultant.

Antiseptique : substance qui empêche la prolifération des germes pathogènes à l'intérieur de l'organisme ou à la surface.

Astringent : resserre, raffermi et contracte les tissus et les muqueuses.

Antibactérien : substance qui empêche la multiplication ou le développement des bactéries.

Bactéricide : substance qui détruit les bactéries.

Bactériostatique : substance qui neutralise une colonie bactérienne, en stoppant la prolifération sans les tuer.

Cardiotonique : substance qui tonifie le cœur.

Carminatif : substance qui résorbe ou facilite l'expulsion des gaz d'une fermentation digestive aérophagique.

Cholagogue : substance qui favorise l'évacuation de la bile par la vésicule biliaire.

Cholérétique : substance qui augmente la sécrétion biliaire.

Dépuratif : substance ayant la propriété d'éliminer les impuretés de l'organisme.

Diurétique : substance qui augmente la sécrétion urinaire.

Emménagogue : substance qui régularise et facilite l'apparition des règles (en cas de règles tardives ou insuffisantes).

Eupeptique : substance qui excite les fonctions digestives et améliore la digestion.

Eupnéique : substance qui facilite la respiration.

Galactogène (= galactagogue) : substance qui augmente la sécrétion de lait.

Inhibition : phénomène d'arrêt, de blocage ou de ralentissement d'un processus chimique, psychologique ou physiologique.

Insecticide : substance qui tue les insectes.

A 50

Insectifuge répulsif : substance qui fait fuir les insectes.

In situ : dans son milieu naturel.

In vitro : qui se fait en dehors de l'organisme (dans des tubes, des éprouvettes, etc.).

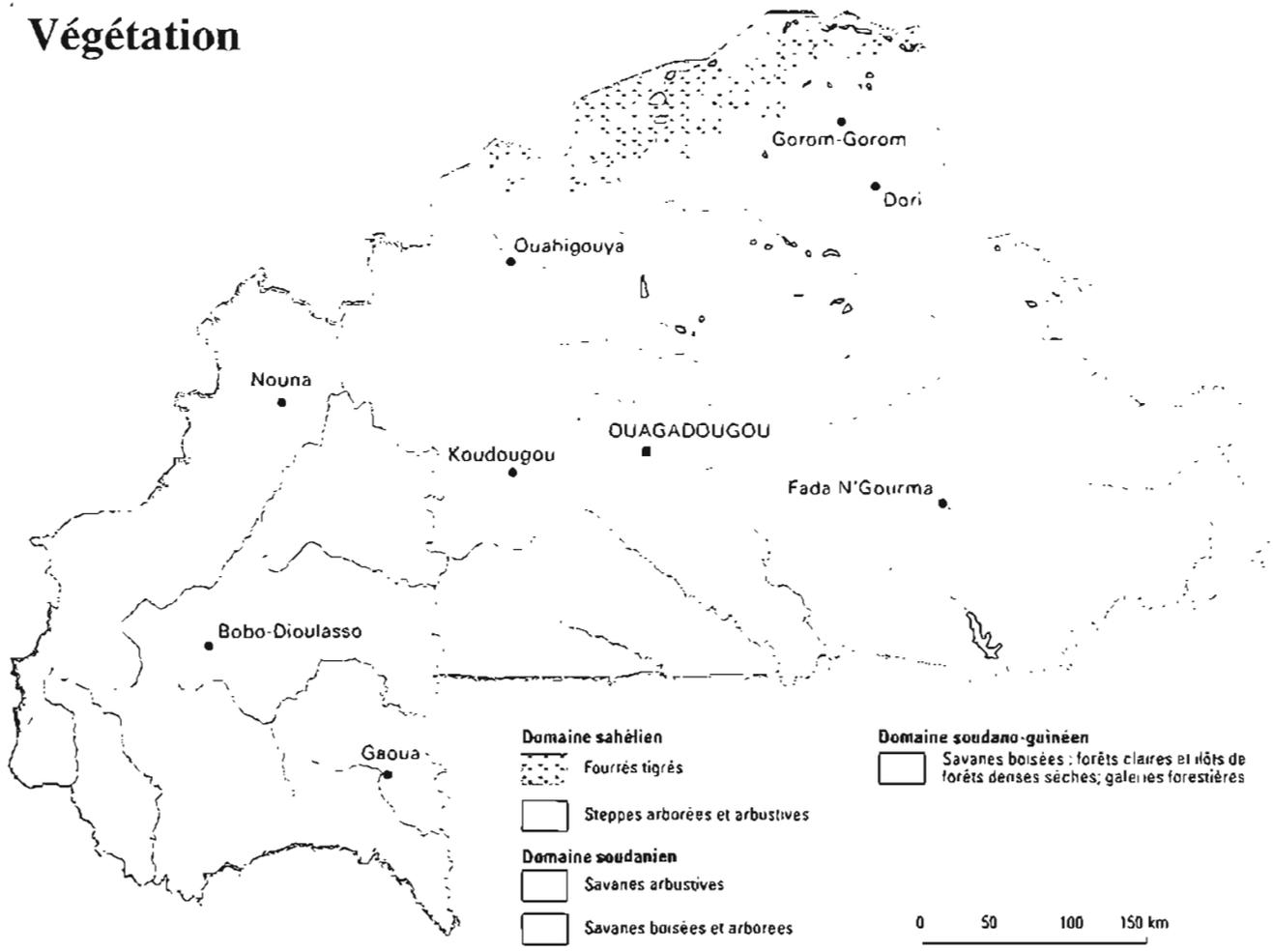
In vivo : qui se fait dans l'organisme en parlant d'une réaction physiologique, biochimique.

Stomachique : substance qui stimule l'activité de l'estomac.

Vermifuge : substance qui provoque l'expulsion par voie naturelle des vers de l'organisme.

ANNEXE 8 : Carte climatique du Burkina Faso.

Végétation



Domaine sahélien

- Fourrés tigrés
- Steppes arborées et arbustives

Domaine soudanien

- Savanes arbusives
- Savanes boisées et arbores

Domaine soudano-guinéen

- Savanes boisées : forêts claires et îlots de forêts denses sèches; galeries forestières

0 50 100 150 km

ANNEXE 9 : Liste des figures et tableaux. PAGES

1 Figures

Figure 1 : Principales voies biosynthétiques des composés volatils naturels	5
Figure 2 : Formation des motifs isopréniques	7
Figure 3 : Mécanisme de l'addition du DMAPP sur l'IPP	8
Figure 4 : Condensation des motifs isopréniques	9
Figure 5 : Voies biosynthétiques des principaux monoterpènes acycliques	11
Figure 6 : Voies biosynthétiques des principaux monoterpènes cycliques	12
Figure 7 : Biosynthèse des sesquiterpènes acycliques	13
Figure 8 : Biosynthèse des sesquiterpènes cycliques	15
Figure 9 : Biosynthèse des dérivés du phénylpropane	16
Figure 10 : Biosynthèse des acides gras	18
Figure 11 : Répartition de la production mondiale des huiles essentielles selon les espèces (en valeur)	42
Figure 12 : Répartition de la production mondiale des huiles essentielles par systèmes économiques (en valeur)	44
Figure 13 : Formation d'oxétane à partir du benzaldéhyde	52
Figure 14 : Photo-cyclisation du myrcène	52
Figure 15 : Photo-addition du propanal	52
Figure 16 : Transformation de la thuyone en biradical	53
Figure 17 : Transformation de l'isopulégone-1 et de la l-menthone	53
Figure 18 : Photo-isomérisation de la trans-alpha-ionone	54
Figure 19 : Réarrangement de la carvone	54
Figure 20 : Réarrangement du safrole	54
Figure 21 : Photo-oxydation de l'alpha-terpinène	54
Figure 22 : Photo-oxydation de l'acétate de géranyle	56
Figure 23 : Photo-oxydation de l'iso-eugénol	56
Figure 24 : Oxydo-réduction de la benzophénone	56
Figure 25 : Oxydation de (Z)-Ocimène	57
Figure 26 : Oxydation de l'aldéhyde benzoïque	57
Figure 27 : Formules des constituants de l'huile essentielle de <i>Blumea aurita</i>	80

ANNEXE 9 : Liste des figures et tableaux (suite).	PAGES
1 Figures (suite)	
Figure 28 : Formules des constituants de l'huile essentielle de <i>Boswellia dalzielii</i>	84
Figure 29 : Formules des constituants de l'huile essentielle de <i>Daniellia oliveri</i>	88
Figure 30 : Filiation biogénétique des monoterpènes de la menthe poivrée	94
Figure 31 : Formules des constituants de l'huile essentielle de <i>Mentha piperita</i>	96
Figure 32 : Formules des constituants de l'huile essentielle d' <i>Ocimum basilicum</i>	102
Figure 33 : Formules de constituants de l'essence de <i>Eucalyptus apodophylla</i>	112
Figure 34 : Sélection des principales structures terpéniques rencontrées dans les huiles essentielles d'Eucalyptus	115
Figure 35 : Formules des constituants majoritaires des huiles essentielles de <i>E. alba</i> et <i>E. camaldulensis</i>	117
Figure 36 : Formules des constituants majoritaires des huiles essentielles de <i>E. citriodora</i> , <i>E. crebra</i> et <i>E. torelliana</i>	123
Figure 37 : Formules des constituants de l'huile essentielle de <i>Eliomurus elegans</i>	125
Figure 38 : Formules des constituants de l'huile essentielle de <i>Lantana camara</i>	131
Figure 39 : Formules des constituants majoritaires des huiles essentielles de <i>L. chevalieri</i> , <i>L. rugosa</i> et <i>L. savoryi</i>	135
Figure 40 : Formules des constituants de l'huile essentielle de <i>L. multiflora</i>	138
2 Tableaux	
Tableau 1 : Liste des plantes étudiées et localités de recolte	3
Tableau 2 : Propriétés physico-chimiques de quelques solvants	28
Tableau 3 : Estimation de la production mondiale des huiles essentielles les plus représentatives (en milliers de dollars)	43
Tableau 4 : Estimation de la production totale de quelques pays	45
Tableau 5 : Echantillon de plantes ayant fait l'objet de screening chimique	69
Tableau 6 : Criblage chimique de <i>Sclerocarya birrea</i>	70
Tableau 7 : Criblage chimique de <i>Diospiros mespiliformis</i>	71
Tableau 8 : Criblage chimique de <i>Lantana camara</i>	71
Tableau 9 : Liste de quelques plantes aromatiques inventoriées au Burkina Faso	74
Tableau 10 : Composition chimique de l'huile essentielle de <i>Blumea aurita</i>	78

ANNEXE 9: Liste des figures et tableaux (suite). PAGES

Tableau 11 : Composition chimique de l'huile essentielle de *Boswellia dalzielii* 83Tableau 12 : Composition chimique de l'huile essentielle de *Daniellia oliveri* 87Tableau 13 : Composition chimique de l'essence de *Mentha piperita* Huds. 93

2 Tableaux (suite)

Tableau 13 bis : Caractéristiques physiques et chimiques de *Mentha piperita* de diverses origines 95Tableau 14 : Rendements en huiles essentielles d'*Ocimum basilicum* 100Tableau 15 : Composition chimique des essences d'*Ocimum basilicum* 101Tableau 16 : Composition chimique de deux échantillons d'huile essentielle d'*Eucalyptus apodophylla* du Burkina Faso 108Tableau 17a : Spectres de Résonance Magnétique Nucléaire du proton (CDCl_3 ; δ , ppm) de apodophyllone (27), isotorquatone (29) et torquatone (30) 111Tableau 17b : Spectres de Résonance Magnétique Nucléaire du carbone 13 (CDCl_3 ; δ , ppm) de apodophyllone (27), isotorquatone (29) et torquatone (30) 111Tableau 18 : Rendements en huiles essentielles de différentes espèces d'*Eucalyptus* 116Tableau 19 : Etude comparative des compositions chimiques des huiles essentielles de *E. alba* et *E. camaldulensis* acclimatées au Burkina-Faso 116Tableau 20 : Composition chimique de l'huile essentielle de *E. citriodora* 119Tableau 21 : Composition chimique de l'huile essentielle de *E. crebra* 121Tableau 22 : Composition chimique de l'huile essentielle de *E. torellicma* 122Tableau 23 : Composition chimique de l'huile essentielle de *Eliomurus elegans* 125Tableau 24 : Composition chimique de l'huile essentielle de *Lantana camara* 130Tableau 25 : Rendements en huiles essentielles de quatre espèces de *Lippia* rencontrées au Burkina Faso 133Tableau 26 : Analyse comparative des huiles essentielles obtenues par hydrodistillation des sommités fleuries de *L. chevalieri*, *L. rugosa* et *L. savoryi* du Burkina Faso 134Tableau 27 : Composition chimique de l'huile essentielle de *Lippia multiflora* 137

Tableau 28 : Rendements en huiles essentielles des espèces aromatiques étudiées 138

Résumé

Dans la perspective de valorisation des ressources végétales de la zone soudanienne du Burkina Faso, nous nous sommes intéressés plus particulièrement aux plantes aromatiques. Parmi celles utilisées en pharmacopée traditionnelle, nous avons choisi certaines appartenant aux familles suivantes : Asteraceae (*Blumea aurita*), Burseraceae (*Boswellia dalzielii*), Caesalpiniaceae (*Daniellia oliveri*), Lamiaceae (*Mentha piperita* et *Ocimum basilicum*), Myrtaceae (*Eucalyptus alba*, *E. apodophylla*, *E. camaldulensis*, *E. citriodora*, *E. crebra* et *E. torelliana*), Poaceae (*Elionurus elegans*) et Verbenaceae (*Lantana camara*, *Lippia chevalieri*, *Lippia multiflora*, *Lippia rugosa* et *Lippia savoryi*).

L'essentiel du travail combine de façon judicieuse des objectifs académiques et des objectifs de développement. Les résultats confrontés à la littérature font ressortir certaines conformités et des particularités intéressantes. *Elionurus elegans*, une Poaceae aromatique très répandue au Burkina Faso et encore jamais examinée auparavant, donne, avec un rendement intéressant, une huile essentielle monoterpénique présentant un profil aromatique. *Lippia multiflora*, riche en thymol et son acétate, devrait trouver des applications en phytothérapie pour les propriétés antiseptiques et antiradicalaires de ses constituants. *Mentha piperita*, *Ocimum basilicum*, *Eucalyptus citriodora* et *Eucalyptus crebra* sont des espèces aromatiques susceptibles de trouver un débouché commercial, de par la qualité ou l'originalité de leurs huiles essentielles. Enfin nous avons isolé et caractérisé pour la première fois des constituants : Apodophyllone et Isotorquatone de l'huile essentielle de *Eucalyptus apodophylla*. Toutefois, la diversité des espèces aromatiques rencontrées dont un certain nombre d'entre elles restent mal connu, fait que les recherches, dans ce domaine, sont prometteuses.

Mots clés : Plantes aromatiques, huiles essentielles, valorisation, cosmétique, parfumerie, phytothérapie, menthol, citronellal, thymol, linalol, eugénol, eudesmols, caryophyllène, apodophyllone, propriétés antioxydantes et antiradicalaires.