

LISTE DES TABLEAUX - FIGURES – SCHEMAS

TABLEAUX

1- Caractéristiques de l'huile essentielle de <i>Schinus térébenthifolius</i>	12
2- Caractéristiques de l'huile essentielle de <i>Isolona humbertiana</i>	12
3- Caractéristiques des huiles essentielles de <i>Coriandrum sativum</i> L.	13
4- Caractéristiques de l'huile essentielle d' <i>Hélychrysum bractéiferum</i>	14
5- Caractéristiques des huiles essentielles d' <i>Hélychrysum gymnocaphalum</i>	14
6- Caractéristiques de l'huile essentielle de l' <i>Artémisia annua</i>	15
7- Caractéristiques de l'huile essentielle de <i>Tagetes bipinata</i>	16
8- Caractéristiques de l'huile essentielle <i>Melanthera madagascariensis</i> Baker	17
9- Caractéristiques de l'huile essentielle de <i>Psiadia Altissima</i>	18
10- Caractéristiques de l'huile essentielle de <i>Elionurus tristis</i> Hack.....	18
11- Caractéristiques de l'huile essentielle de <i>Senecio myricaefolius</i> Bojer	19
12- Caractéristique de l'huile essentielle de <i>Cupressus sp.</i>	19
13- Caractéristique de l'huile essentielle de <i>Pélargonium roseum</i>	20
14- Caractéristiques de l'huile essentielle des parties aériennes et des rhizomes d' <i>hédichium coronaruml</i>	21
15- Caractéristiques de l'huile essentielle et l'oléorésine de <i>Gengiber officinalis</i>	21
16- Caractéristiques de l'huile essentielle et de l'oléorésine de <i>Curcuma</i> <i>Longa</i> Linné	22
17- Caractéristiques de l'huile essentielle de <i>Cybopegon citratus</i>	23
18- Caractéristiques de l'huile essentielle de <i>Hernadia voyroni</i>	23
19- Caractéristiques de l'huile essentielle de <i>Cinnamomum zeylanicum</i>	24
20- Caractéristiques de l'huile essentielle de <i>Cinnamomum camphora</i>	25
21- Caractéristiques de l'huile essentielle de la <i>Ravensara aromatica</i>	25
22- Résultats de l'analyse en clbp de <i>Ravensara aromatica</i> Sonnerat	26
23- Caractéristiques de l'huile essentielle de l' <i>Ocimum basilicum</i> L	26
24- Caractéristiques de l'huile essentielle de <i>Rosmarinus officinalis</i>	27
25- Caractéristiques des huiles essentielles de Menthe	27
26- Caractéristiques des huiles essentielles de <i>Tambourissa rota</i> , de <i>tambourissa thouvenotii</i> de <i>Tambourissa trichophylla</i>	28

27- Rendement en % sur les extractions d'huile essentielle de l' <i>Eugénia caryophyllus</i>	29
28- Caractéristiques des huiles essentielles de l' <i>Eugénia emirnensis</i>	29
29- Fractionnement par clbp des huiles essentielles de l' <i>Eugénia emirnensis</i>	29
30- Caractéristiques des huiles essentielles des espèces d'Eucalyptus	30
31- Caractéristiques de l'huile essentielle de <i>Pinus kesia</i>	31
32- Caractéristiques des huiles essentielles de <i>Piper nigrum</i> , de <i>Piper borbonense</i> et de <i>Piper sp.</i>	32
33- Caractéristiques des huiles essentielles de <i>Pittosporum</i>	33
34- Résultats du fractionnement par clbp des huiles essentielles de <i>pittosporum</i>	33
35- Caractéristiques des huiles essentielles de <i>Citrus simensis</i> , de <i>Citrus réticulata</i> et de <i>Citrus lemon</i>	34
36- Caractéristiques des huiles essentielles de <i>Citrus aurantifolia</i> , de <i>Citrus grandis</i> , et de <i>Citrus hystrix</i>	35
37- Caractéristiques des huiles essentielles de <i>Vepris</i>	36
38- Caractéristiques de l'huile essentielle de <i>Santalum album</i>	37
39- Caractéristiques des huiles essentielles de <i>Rhus taratana</i>	37
40- Caractéristique de l'huile essentielle de <i>Lantana camara</i>	38
41- Données usuelles des colonnes	64
42- Caractéristiques physico-chimiques de l'huile essentielle de <i>Vetiveria zizanioides</i> Stapf	75
43- Constituants majoritaires de l'huile essentielle de <i>Vetiveria zizanioides</i> Stapf....	76
44- Données climatologiques de la zone Moyen Ouest	81
45- Données climatologiques de la zone haut plateau sud	81
46- Type de sol	81
47- Résultats du criblage des alcaloïdes.....	82
48- Résultats du criblage des flavonoïdes et des leucoanthocyanes	82
49- Résultats du criblage des anthraquinones	82
50- Résultats du criblage des saponines	83
51- Résultats criblage des stérols insaturés et des tri terpènes	83
52- Résultats du criblage des polysaccharides	83
53- Résultats du criblage des hétérosides cyanogènes	83
54- Résultat du criblage des tanins et polyphénols	84

55- Résultat du criblage des cardénolides et des bufadiénolides.....	84
56- Récapitulation des résultats du criblage phytochimique	84
57- Résultats des extractions des deux échantillons d'étude.....	89
58- Caractéristiques organoleptiques des huiles essentielles étudiées	89
59- Valeurs des caractéristiques physiques des huiles essentielles étudiées.....	90
60- Valeurs des caractéristiques chimiques des deux huiles essentielles étudiées	90
61- Résultats de l'analyse en ccm de l'huile essentielle de l'échantillon 1 avec le système de solvant Ether de pétrole / acétate d'éthyle (95/5).....	92
62- Résultats de l'analyse en ccm de l'huile essentielle de l'échantillon 2 avec le système de solvant Ether de pétrole / acétate d'éthyle (95/5).....	93
63- Résultats de l'analyse en ccm de l'huile essentielle de l'échantillon 1 avec le système de solvant Hexane / dichlorométhane (6/4)	94
64- Résultats de l'analyse en ccm de l'huile essentielle de l'échantillon 2 avec le système de solvant Hexane / dichlorométhane (6/4)	95
65- Résultats du fractionnement des huiles essentielles totales	98
66- Résultat de l'analyse en ccm des fractions HYM, HYF, POM et POF avec le système de solvant Ether de pétrole / acétate d'éthyle (95/5).....	100
67- Résultat de l'analyse en ccm des fractions HYM, HYF, POM et POF avec le système de solvant Hexane / dichlorométhane (6/4)	102
68- Résultats de l'analyse en cpg de l'huile essentielle totale de l'échantillon 1	108
69- Résultats de l'analyse en cpg de l'huile essentielle totale de l'échantillon 2	110
70- Constituants identifiés de l'huile essentielle des deux échantillons.....	113

FIGURES

1- Chromatographie type	62
2- Schéma très simplifié d'un appareil de cpg.....	65
3-Racines de <i>Vetiveria zizanioides</i> Stapf.....	67
4-Tige de <i>Vetiveria zizanioides</i> Stapf.....	68
5- Feuille de <i>Vetiveria zizanioides</i> Stapf	69
6- Inflorescence de <i>Vetiveria zizanioides</i> Stapf.....	70
7- Photo de <i>Vetiveria zizanioides</i> Stapf	72
8- Souches de <i>Vetiveria zizanioides</i> Stapf	73
9- Pépinière de <i>Vetiveria zizanioides</i> Stapf.....	73
10- Schéma du montage d'hydrodistillation	87
11- Déroulement de l'extraction	88
12- Chromatogramme ccm de l'huile essentielle totale de l'échantillon 1	91
13- Chromatogramme ccm de l'huile essentielle totale de l'échantillon 2	92
14- Chromatogramme ccm de HM, HMF et HF.....	93
15- Chromatogramme ccm de l'huile essentielle totale de l'échantillon 1	94
16- Chromatogramme ccm de l'huile essentielle totale de l'échantillon 2	95
17- Chromatogramme ccm de HM, HMF et HF	96
18- Chromatogramme ccm de HM, HMC, HC, HFC et HF.....	97
19- Chromatogramme ccm de HM, HMC, HC, HFC et HF	97
20- Chromatogramme ccm des fractions HYM, HYF, POM et POF avec le système de solvant Ether de pétrole/ Acétate d'éthyle.....	99
21- Chromatogramme ccm des fractions HYM, HYF, POM et POF avec le système Hexane / dichlorométhane (6/4).....	101
22- Chromatogramme en cpg de l'huile essentielle de l'échantillon 1 sur TR-WAX.....	105
23- Chromatogramme en cpg de l'huile essentielle de l'échantillon 2 sur TR-WAX.....	105
24-Chromatogramme en cpg de la fraction hydrocarbures terpéniques sur TR-WAX.....	106
25-Chromatogramme en cpg de la fraction produits oxygénés sur TR-WAX.....	106
26- Chromatogramme en cpg de l'huile essentielle de l'échantillon 1 avec les produits étalons sur TR-WAX.....	107

SCHEMAS

1- Formation des dihydroxy-1,9-anthraquinones	45
2- Formation des anthraquinones	46
3- Substitution nucléophile sur les quinones	46
4- Mécanisme d'hydrolyse d'un hétéroside cyanogène.....	50

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE-----	1
----------------------------	---

Première partie : Revue de mémoire sur les huiles essentielles à Madagascar

Chapitre I Généralités sur les huiles essentielles

I.1-Historique -----	5
I.2-Quelques définitions -----	5
I.2.1-Huiles essentielles-----	5
I.2.2-Plantes aromatiques -----	5
I.2.3-Hydrolat aromatique -----	5
I.2.4-Huiles végétales -----	6
I.2.5-Complexes -----	6
I.2.6-Lotions -----	6
I.3- Localisation des huiles essentielles-----	6
I.4- Propriétés et caractéristiques des huiles essentielles-----	6
I.4.1- Caractéristiques organoleptiques -----	6
I.4.2- Caractéristiques physiques -----	7
I.4.3- Caractéristiques chimiques -----	8
I.5- Utilisation des huiles essentielles. -----	9
I.6- Organismes travaillant sur les huiles essentielles à Madagascar-----	9

Chapitre II : Revue des mémoires de fin d'études sur les extractions des huiles essentielles

II.1- La famille des Anacardiaceae-----	12
II.2- La famille des Annonaceae-----	13
II.3- La famille des Apiaceae ou ombelliféraceae -----	14
II.4- La famille des Asteraceae-----	14
II.4.1- Le genre <i>Helychrysum</i> -----	14
<i>Helychrysum</i> bractéiferum-----	14
<i>Helychrysum</i> gymnocaphalum -----	15
II.4.2- Le genre <i>Artemisia</i> -----	16
II.4.3- Le genre <i>Tagetes</i> -----	16

II.4.4- Le genre <i>Melanthera</i> -----	17
II.5- La famille des Canellaceae -----	18
II.6- La famille des Composeae -----	18
II.6.1- Le genre <i>Psiadia</i> -----	18
II.6.2- Le genre <i>Elionurus</i> -----	19
II.6.3- Le genre <i>Senecio</i> -----	20
II.7- La famille des Cupressaceae. -----	20
II.8- La famille des Geraniaceae -----	20
II.9- La famille des Gingemberaceae -----	21
II.9.1 Le genre <i>Hedichium</i> -----	21
II.9.2- Le genre <i>Gingiber</i> -----	22
II.9.3- Le genre <i>Curcuma</i> -----	23
II.10- La famille des Gramineae -----	23
II.10.1 Le genre <i>Cybopegon</i> -----	23
II.10.2- Le genre <i>Vetiveria</i> -----	24
II.11- La famille des Hernadiaceae -----	24
II.12- La famille des Lauraceae -----	25
II.12.1- Le genre <i>Cinnamomum</i> -----	25
<i>Cinnamomum zeylanicum</i> -----	25
<i>Cinnamomum camphora</i> -----	25
II.12.2- Le genre <i>Ravensara</i> -----	26
II.13- La famille des Libiaceae -----	27
II.13.1- Le genre <i>Ocimum</i> -----	27
II.13.2- Le genre <i>Rosmarinus</i> -----	27
II.13.3- Le genre <i>Salvia</i> -----	28
II.13.4- Le genre <i>Mentha</i> -----	28
II.14- La famille des Monimiaceae -----	28
II.15- La famille des Myrtaceae -----	29
II.15.1- Le genre <i>Eugenia</i> -----	29
<i>Eugénia caryophyllus</i> -----	29
<i>Eugénia emirnensis</i> -----	30
II.15.2- Le genre <i>Eucalyptus</i> -----	31
II.16- La famille des Pinaceae -----	31
II.17- La famille des Piperaceae -----	32

II.18- La famille des Pittosporaceae -----	33
II.19- La famille des Rutaceae -----	35
II.19.1- Le genre <i>Citrus</i> -----	35
II.19.2- Le genre <i>Vepris</i> -----	36
II.20- La famille des Santhalaceae-----	37
II.21- La famille des Térébinthaceae -----	38
I.22- La famille des Verbénaceae -----	39
Conclusion pour la première partie -----	40

Deuxième partie : Rappel bibliographique

Chapitre III: Méthode d'étude préliminaire d'une plante : Criblage **phytochimique**

III.1- Criblage des Alcaloïdes-----	42
III.2- Criblage des Flavonoïdes et Leucoanthocyanes-----	44
III.3- Criblage des Anthraquinones-----	46
III.4- Criblage des saponines -----	48
III.5- Criblage des Stérols insaturés et des Triterpènes -----	48
III.6- Criblage des Polysaccharides-----	50
III.7- Criblage des Hétérosides cyanogènes -----	50
III.8- Criblage des Tanins et Polyphénols. -----	51
III.9- Criblage des Cardénolides et des Bufadiénolides -----	52

Chapitre IV : Les huiles essentielles

IV.1- Composition chimique des huiles essentielles -----	54
IV.2- Les procédés d'extraction des huiles essentielles -----	56
IV.2.1- Distillation à la vapeur d'eau-----	56
Hydrodistillation -----	56
Hydrodiffusion -----	56
Entraînement à la vapeur-----	56
IV.2.2- Expression à froid-----	56
IV.2.3- L'enfleurage ou macération -----	57
Enfleurage à froid-----	57
Enfleurage à chaud -----	57
IV.2.4- Extraction au solvant volatil -----	58

IV.2.5- Extraction au CO ₂ super critique-----	58
IV.3- Méthodes chromatographiques -----	59
a) Analyse en ccm-----	59
b) Fractionnement par clbp -----	61
c) Analyse en cpg-----	63
<u>Chapitre V : Généralités et travaux antérieurs sur <i>Vetiveria zizanioides</i> Stapf</u>	
V.1- Généralités sur <i>Vetiveria zizanioides</i> Stapf-----	67
V.1.1- Données botaniques-----	67
a)- Systématique botanique-----	67
b)- Description botanique-----	67
V.2- Travaux antérieurs sur huile essentielle de <i>Vetiveria zizanioides</i> Stapf -----	73
V. 2.1- données bibliographiques -----	73
V. 2.1.1 - Culture du <i>Vetiveria zizanioides</i> Stapf-----	73
Culture -----	73
Utilisation -----	76
V.2.1.2- Huile essentielle de <i>Vetiveria zizanioides</i> Stapf -----	77
Extraction -----	77
Caractéristiques -----	77
Composition chimique -----	78
Utilisation de l'huile essentielle -----	79
V.2. 2- Etudes chimiques antérieures des huiles essentielles -----	80
Conclusion pour la deuxième partie -----	82

Troisième partie : Travaux personnels

Chapitre VI : Etude préliminaire

VI.1- Récolte des échantillons étudiés -----	84
a) Origine des échantillons-----	84
b) Caractéristiques des régions d'origine des échantillons-----	84
c) Traitement des racines de vétiver -----	85
VI.2- Criblage phytochimique -----	86
VI.2.1 Criblage des Alcaloïdes-----	86
VI.2.2-Criblage des Flavonoïdes et des Leucoanthocyanes-----	86

VI.2.3-Criblage des Anthraquinones-----	86
VI.2.4- Criblage des Saponines-----	87
VI.2.5-Criblage des Stérols insaturés et des Triterpènes-----	87
VI.2.6-criblage des Polysaccharides -----	87
VI.2.7- Criblage des Hétérosides cyanogènes-----	87
VI.2.8-Criblage des Tanins et Polyphénols -----	88
VI.2.9- Criblage des Cardénolides et des Bufadiénolides -----	88
VI.2.10-Discussion sur les résultats du criblage phytochimique -----	89

Chapitre VII : Etude de l'huile essentielle

VII.1- Extraction de l'huile essentielle -----	90
VII.1.1- Méthode d'extraction-----	90
VII.1.2- Résultats des extractions -----	93
VII.1.3- Discussion -----	93
VII.2- Caractéristiques de l'huile essentielle -----	93
VII.2.1- Caractéristiques organoleptiques-----	93
VII.2.3- Caractéristiques physiques-----	93
VII.2.4- Caractéristiques chimiques-----	93
VII.2.5- Discussion sur les caractéristiques des huiles essentielles -----	94
VII.3- Composition chimique des huiles essentielles -----	95
VII.3.1- Analyse en ccm-----	95
VII.3.2-Fractionnement en clbp -----	101
VII.3.3- Analyse en cpg -----	106
VII.3.4- Interprétation -----	116
Conclusion pour la troisième partie -----	117

CONCLUSION GENERALE -----	118
----------------------------------	------------

Bibliographie

Annexes

INTRODUCTION GENERALE

La situation géographique, les climats, les structures géologiques qui prévalent à Madagascar favorisent l'éclosion d'une flore riche et spécialisée. De plus, carrefour de navigation, Madagascar dispose de nombreuses espèces importées, mais plus nombreuses encore sont les plantes endémiques.

Les odeurs que dégagent les plantes sont généralement appréciées de tous. L'on a qu'à penser à la rose ! Les huiles essentielles contenues dans les plantes aromatiques sont responsables des différentes senteurs qu'elles dégagent. Les huiles essentielles sont très utilisées dans l'industrie de cosmétique, de la parfumerie et aussi de l'aromathérapie et ces dernières années, elles ont trouvé une place de marque à Madagascar et deviennent une importante source de devise. C'est-à-dire que l'intérêt porté aux huiles essentielles n'est plus uniquement scientifique, mais couvre également d'autres domaines, économiques notamment. Les utilisateurs ne sont plus limités aux institutions supérieures d'enseignement et de recherche à des fins d'isolement, de détermination de structure ou de synthèse mais les industriels de tout genre s'y tournent également.

Il nous semble donc important de faire un état des lieux sur les huiles essentielles à Madagascar.

En raison de notre statut d'élève professeur en fin d'études dans la discipline physique chimie, nous nous sommes donc penchés dans la première partie de notre mémoire sur les travaux relatifs aux huiles essentielles entrepris dans les Institutions de formation supérieure à Madagascar et à propos des huiles essentielles et des plantes de Madagascar.

Afin de mettre en pratique la formation que nous avons reçue à l'ENS d'Antananarivo, surtout en chimie analytique, nous avons choisi de faire une extraction et analyse chromatographique de l'huile essentielle d'une plante, et notre choix s'est porté sur *Vetiveria zizanioides* Stapf (communément appelé vétiver).

En effet, il s'agit d'une plante aromatique importée d'Inde à Madagascar (dont les principes aromatiques se trouvent dans les racines) mais que l'on trouve dans les régions d'Antalaha, d'Ambanja, de Moramanga,

d'Ankazobe, de Fianarantsoa puis elle a été récemment cultivée dans la région de Miarinarivo notre lieu d'origine et d'habitation.

Des données bibliographiques existent sur cette plante mais, à notre connaissance, les études à Madagascar ont été uniquement celles de RASOARIMANANIRINA R. (1986) et de NJARAMALALA (2003). Or il est connu que des facteurs environnementaux ont une influence sur la qualité des huiles essentielles.

Ainsi, nous a paru-t-il intéressant de faire une étude comparée des huiles essentielles de *Vetiveria zizanioides* Stapf à savoir celle de Fandriana Fianarantsoa et de Miarinarivo.

Notre travail est subdivisé en trois parties :

- La première partie est consacrée à la revue des travaux sur l'étude des huiles essentielles dans le cadre d'un mémoire de fin d'études à Madagascar.
- La deuxième partie présente des rappels et des généralités traitant le thème abordé et qui sont donc nécessaires pour la compréhension de notre travail. Elle concerne notamment la méthode d'étude préliminaire d'une plante, les huiles essentielles et *Vetiveria zizanioides* Stapf.
- La troisième partie expose nos travaux personnels qui comportent :
 - Le récolte des échantillons
 - Le criblage phytochimique
 - L'étude de l'huile essentielle

Du fait de la richesse de Madagascar en flore et surtout en plante, le secteur huile essentielle s'avère prospère et florissant ; beaucoup se sont penché sur son étude.

Cette partie de notre travail rapporte les travaux qui ont été effectués dans le cadre des mémoires de fin d'études réalisés à Madagascar sur l'extraction des huiles essentielles.

L'objectif est de faire une mise à jour de toutes les études sur les plantes à huile essentielle mais aussi et surtout de faire connaître la richesse de notre île en plante aromatique.

Cette première partie comporte deux chapitres.

Le premier chapitre comprend quelques généralités sur les huiles essentielles explicitant, entre autres, les différentes terminologies qui seront rencontrées dans la lecture de cette revue et qui concernent l'obtention, le rendement, les caractéristiques organoleptiques et physico-chimiques. Comme nous l'avons spécifié plus haut les huiles essentielles ne sont pas l'apanage des enseignants et chercheurs, d'autres institutions et organismes s'y intéressent également. Ils seront reportés dans ce chapitre.

Dans cette revue de mémoire, nous allons donner les résultats disponibles des normes des huiles essentielles qui sont : l'obtention, le rendement et les caractéristiques organoleptiques et physico-chimiques, pour chaque plante étudiée. Mais les constituants, trouvés dans les huiles essentielles seront donnés en annexe.

Le deuxième chapitre sera sur la revue proprement dite..

Il y a plusieurs possibilités dans l'élaboration de cette revue mais nous avons choisi de classer par « famille » de plantes, elle-même classée par ordre alphabétique, ce qui permettra, de mieux les trouver dans le cas d'une recherche d'informations.

Les travaux sont très disparates mais il existe un noyau commun : l'obtention, le rendement ainsi que les caractéristiques organoleptiques et physico-chimiques ont presque tous été étudiés, c'est ce qui constituera ce deuxième chapitre.

Quant à la composition chimique, très peu ont fait une cpg. Comme de plus, les constituants chimiques étant très nombreux, pour ne pas alourdir le texte, les constituants chimiques disponibles seront donnés en annexe de cette première partie.

La bibliographie pour cette revue de Mémoire et les noms vernaculaires usuels des plantes seront également dans cette première partie.

PREMIÈRE PARTIE

Première partie : Revue de mémoire sur les huiles essentielles à Madagascar

Chapitre I Généralités sur les huiles essentielles

I.1-Historique -----	5
I.2-Quelques définitions -----	5
I.2.1-Huiles essentielles-----	5
I.2.2-Plantes aromatiques -----	5
I.2.3-Hydrolat aromatique -----	5
I.2.4-Huiles végétales -----	6
I.2.5-Complexes -----	6
I.2.6-Lotions -----	6
I.3- Localisation des huiles essentielles-----	6
I.4- Propriétés et caractéristiques des huiles essentielles-----	6
I.4.1- Caractéristiques organoleptiques -----	6
I.4.2- Caractéristiques physiques -----	7
I.4.3- Caractéristiques chimiques -----	8
I.5- Utilisation des huiles essentielles. -----	9
I.6- Organismes travaillant sur les huiles essentielles à Madagascar-----	9

Chapitre II : Revue des mémoires de fin d'études sur les extractions des huiles essentielles

II.1- La famille des Anacardiaceae-----	12
II.2- La famille des Annonaceae-----	13
II.3- La famille des Apiaceae ou ombelliféraceae -----	14
II.4- La famille des Asteraceae-----	14
II.4.1- Le genre <i>Helychrysum</i> -----	14
<i>Helychrysum bractéiferum</i> -----	14
<i>Helychrysum gymnocaphalum</i> -----	15
II.4.2- Le genre <i>Artemisia</i> -----	16
II.4.3- Le genre <i>Tagetes</i> -----	16
II.4.4- Le genre <i>Melanthera</i> -----	17
II.5- La famille des Canellaceae -----	18
II.6- La famille des Composeae-----	18
II.6.1- Le genre <i>Psiadia</i> -----	18
II.6.2- Le genre <i>Elionurus</i> -----	19
II.6.3- Le genre <i>Senecio</i> -----	20
II.7- La famille des Cupressaceae. -----	20

II.8- La famille des Geraniaceae -----	20
II.9- La famille des Gingemberaceae -----	21
II.9.1 Le genre <i>Hedichium</i> -----	21
II.9.2- Le genre <i>Gingiber</i> -----	22
II.9.3- Le genre <i>Curcuma</i> -----	23
II.10- La famille des Gramineae -----	23
II.10.1 Le genre <i>Cybopongon</i> -----	23
II.10.2- Le genre <i>Vetiveria</i> -----	24
II.11- La famille des Hernadiaceae -----	24
II.12- La famille des Lauraceae -----	25
II.12.1- Le genre <i>Cinnamomum</i> -----	25
<i>Cinnamomum zeylanicum</i> -----	25
<i>Cinnamomum camphora</i> -----	25
II.12.2- Le genre <i>Ravensara</i> -----	26
II.13- La famille des Libiaceae -----	27
II.13.1- Le genre <i>Ocimum</i> -----	27
II.13.2- Le genre <i>Rosmarinus</i> -----	27
II.13.3- Le genre <i>Salvia</i> -----	28
II.13.4- Le genre <i>Mentha</i> -----	28
II.14- La famille des Monimiaceae -----	28
II.15- La famille des Myrtaceae -----	29
II.15.1- Le genre <i>Eugenia</i> -----	29
<i>Eugénia caryophyllus</i> -----	29
<i>Eugénia emirnensii</i> -----	30
II.15.2- Le genre <i>Eucalyptus</i> -----	31
II.16- La famille des Pinaceae-----	31
II.17- La famille des Piperaceae -----	32
II.18- La famille des Pittosporaceae -----	33
II.19- La famille des Rutaceae -----	35
II.19.1- Le genre <i>Citrus</i> -----	35
II.19.2- Le genre <i>Vepris</i> -----	36
II.20- La famille des Santhalaceae-----	37
II.21- La famille des Térébinthaceae -----	38
I.22- La famille des Verbénaceae -----	39
Conclusion pour la première partie -----	40

Chapitre I : Généralités sur les huiles essentielles

Pour les plantes aromatiques, les huiles essentielles sont leur forme la plus puissante et la plus concentrée (jusqu'à 100 fois pour certains principes actifs de la plante fraîche). Elles sont obtenues généralement par distillation d'une ou plusieurs parties de la plante et parfois toute la plante entière.

I.1- Historique

Les Egyptiens sont les premiers connus à extraire et à utiliser les huiles essentielles. 4000 ans avant Jésus Christ, ils préparaient déjà l'essence de cèdre par distillation sèche en faisant chauffer du bois de cèdre dans un récipient en argile au-dessus duquel étaient suspendus des brins de laine qui s'imprégnaient de la vapeur dégagée ; L'essence est ensuite obtenue en pressant les brins de laine. Ils faisaient aussi la momification suivant une technique minutieuse à l'aide d'essence aromatique dont ils avaient remarqué les propriétés antiseptiques.

200 ans avant Jésus Christ, les Chinois avaient découvert l'hydrodistillation comme méthode d'extraction des huiles essentielles.

La première utilisation des huiles essentielles signalée dans un traité médical était au XIII^{ème} siècle en utilisant le romarin pour ses propriétés curatives.

I.2- Quelques définitions

I.2.1- Huiles essentielles

Communément et improprement appelées « essences » les huiles essentielles sont des substances odoriférantes volatiles complexes fabriquées par les plantes.

I.2.2- Plante aromatique

Une plante aromatique est une plante qui contient en quantité suffisante des molécules aromatiques dans un ou plusieurs de ses organes producteurs : feuilles, fleurs, fruits, graines, ...

I.2.3 Hydrolat aromatique

C'est la vapeur d'eau recondensée que l'on sépare de l'huile essentielle à la sortie de l'alambic. L'hydrolat aromatique est plus ou moins aromatisé car au cours de la distillation il se charge de molécules aromatiques. Les hydrolats contiennent sous forme naturellement dissoute certains des composés aromatiques de l'huile essentielle (moins de 5%).

I.2.4- Huile végétale

C'est l'huile de graisse obtenue par première pression à froid des graines ou fruits de diverses plantes oléagineuses.

I.2.5 Complexe

C'est un mélange d'huiles essentielles.

I.2.6 Lotion

C'est un mélange d'huiles essentielles sur base d'huile végétale.

III.3- Localisation des huiles essentielles

Les huiles essentielles se retrouvent dans les glandes musculaires situées dans différentes parties de la plante aromatique : dans les feuilles comme pour la citronnelle et le laurier, dans les fleurs chez la rose, dans les fruits comme chez le citron et la badiane, dans les graines comme pour le coriandre et le muscade, dans l'écorce comme pour la cannelle, dans les rhizomes chez le gingembre ou dans les racines comme chez *Vetiveria zizanioides* Stapf.

Généralement, la synthèse et l'accumulation d'une huile essentielle sont associées à la présence de structure histologique spécialisée, localisée en certains points des autres tissus, le plus souvent située sur ou à proximité de la surface de la plante. Ces formations, sont les cellules à essence, les poils sécréteurs, les poches sécrétrices et les canaux sécréteurs.

I.4- Propriétés et caractéristiques des huiles essentielles [6, 20]

Les huiles essentielles sont généralement liquides à la température ordinaire ; elles ne sont que très rarement colorées, de densité inférieure à celle de l'eau, à l'exception de quelques-unes (cannelle, girofle, saffron). Presque toujours douées de pouvoir rotatoire, les huiles essentielles ont un indice de réfraction élevé.

Les huiles essentielles sont solubles dans les alcools et les solvants organiques usuels ; elles sont entraînables à la vapeur d'eau.

Les huiles essentielles se différencient des huiles par leur volatilité et entre elles par leurs propriétés organoleptiques et leurs propriétés physico-chimiques.

I.4.1- Caractéristiques organoleptiques

Les caractéristiques organoleptiques d'une huile essentielle regroupent l'aspect c'est-à-dire la limpidité, la couleur et l'odeur de l'huile essentielle. Ces

caractéristiques permettent de différencier les huiles essentielles les unes des autres.

I.4.2- Caractéristiques physiques

- Densité relative à 20°C

La densité relative à 20° C d'une huile essentielle est le rapport de la masse d'un certain volume d'huile essentielle à 20°C, à la masse d'un égal volume d'eau distillée à 20°C.

Cette grandeur sans dimension est donnée par l'expression suivante :

$$d_{20}^{20} = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0}$$

C'est la densité de l'huile essentielle à 20° C par rapport à l'eau à 20°C

Où m_0 : masse du pycnomètre vide

m_1 : masse du pycnomètre rempli d'eau distillée

m_2 : masse du pycnomètre rempli d'huile essentielle.

- Indice de réfraction à 20°C

L'indice de réfraction à 20°C d'une huile essentielle est le rapport entre le sinus de l'angle d'incidence et le sinus de l'angle de réfraction d'un rayon lumineux de longueur d'onde déterminée, traversant l'huile essentielle maintenue à une température constante.

La longueur d'onde spécifiée est $\lambda = (589,3 \pm 0,3)$ nm correspondant aux radiations D_1 et D_2 du spectre de sodium et la température de référence est 20°C.

L'indice de réfraction est donné par la formule :

$$n_D^t = n_D^{t'} + 0,0004(t' - t)$$

Où n_D^t : Valeur de la lecture.

t' : Température à laquelle on effectue la lecture.

- Pouvoir rotatoire

Le pouvoir rotatoire d'une huile essentielle est l'angle dont tourne le plan de polarisation d'une radiation lumineuse de longueur d'onde $\lambda = (589,3 \pm 0,3)$ nm correspondant aux radiations D_1 et D_2 du spectre de sodium lorsque cette radiation traverse une épaisseur de 100 mm d'huile essentielle dans des conditions déterminées de température.

Le pouvoir rotatoire est exprimé en milliradians et/ou en degré d'angle et est donné par la formule :

$$\alpha_D' = \frac{A}{l} \times 100$$

Où A : la valeur de la rotation exprimée en milliradians et/ou en degré d'angle

l : longueur du tube utilisé exprimée en mm.

Un pouvoir rotatoire est positif quand l'huile essentielle est dextrogyre négatif quand elle est lévogyre.

1.4.3- Caractéristiques chimiques

- Indice d'acide

L'indice d'acide est le nombre de milligrammes d'hydroxyde de potassium nécessaire à la neutralisation des acides libres contenus dans 1 g d'huile essentielle. Il est donné par la formule :

$$\text{I.A.} = \frac{5.61}{m} * V$$

Où V : Volume en millilitre de solution d'hydroxyde de potassium utilisé.

m : masse en gramme de la prise d'essai.

- Indice d'ester

L'indice d'ester est le nombre de milligrammes d'hydroxyde de potassium nécessaire à la neutralisation des acides libérés par hydrolyse des esters contenus dans 1 g d'huile essentielle.

Il est donné par la formule :

$$\text{I.E.} = \frac{28.05}{m} * (V_0 - V_1)$$

Où m : masse de la prise d'essai en gramme.

V₀ : Volume en millilitre de HCl utilisé dans l'essai à blanc.

V₁ : Volume en millilitre de HCl utilisé pour la détermination

I.5- Utilisation des huiles essentielles [20]

Les huiles essentielles offrent de larges utilisations en alimentation, en pharmacie et en parfumerie.

- En alimentation

Pour certaines plantes leurs huiles essentielles sont des condiments et des aromatisants:

La saveur des condiments (poivre, gingembre, ...) et des aromatisants (menthe, thym,...) est donnée par leurs huiles essentielles.

Les huiles essentielles sont aussi utilisées en liquoristerie. Utilisées à faible dose, certaines d'entre elles ont un effet favorable sur la digestion (anis ou badiane).

- En pharmacie

Les huiles essentielles sont utilisées soit pour leurs propriétés aromatisantes pour l'aromatisation des formes médicamenteuses destinées à la voie orale, soit en raison de leurs vertus curatives propres, on parle alors d'aromathérapie.

Exemples :

- Action antiseptique sur les voies respiratoires de l'huile essentielle d'eucalyptus ou de niaouli.
- Action vermifuge de l'huile essentielle de chénopode.

- En parfumerie

Les huiles essentielles sont utilisées comme matières premières dans l'industrie de la parfumerie et de la cosmétique. Elles s'emploient seules ou en dilution et peuvent entrer dans la composition de plusieurs mélanges.

I.6- Organismes travaillant sur les huiles essentielles à

Madagascar

Plusieurs organismes sont aussi intéressés à l'étude des huiles essentielles du fait que les huiles essentielles ont un grand intérêt économique.

On peut diviser en trois (3) ces organismes de leurs fonctions :

- les laboratoires qui font les analyses des huiles essentielles.
- les organismes de certification des huiles essentielles.
- les producteurs et exportateurs des huiles essentielles.

I.6.1- Les laboratoires d'analyse

Ce sont les laboratoires qui ont les appareils et matériels nécessaires pour permettre une étude des huiles essentielles conformément aux normes (ISO ou AFNOR). Ces laboratoires effectuent des travaux soit pour des étudiants qui font des études sur des plantes à huile essentielle soit pour des producteurs qui veulent se lancer dans les marchés des huiles essentielles.

Parmi ces laboratoires, on peut citer :

- IMRA : Institut Malgache de Recherches Appliquées
- CNARP : Centre National d'Application des Recherches Pharmaceutiques
- CNRE : Centre National de Recherches sur l'Environnement

I.6.2- Les organismes de certification

Du fait du progrès dans le domaine de la chimie organique, plusieurs produits peuvent être obtenus synthétiquement. Des organismes de certification sont mis en place pour garantir les produits naturellement purs.

A Madagascar on trouve deux organismes de certification :

- ECOCERT un organisme agréé par la communauté économique Européenne. Cet organisme délivre la certification « BIO » des produits issus de l'agriculture biologique.
- PRONABIO un organisme qui regroupe les producteurs malgaches. Cet organisme est responsable de la certification « NATIORA » des produits 100% purs, sans additifs.

I.6.3- Les producteurs et exportateurs d'huiles essentielles

Madagascar, du fait de sa richesse en plante aromatique, la filière huile essentielle y constitue une source de devise intéressante. Plusieurs groupements entreprennent une production industrielle des huiles essentielles en vue d'une exportation.

Les groupements cités suivants sont considérés comme les plus importants :

- GROUPEHENO : GROUPEment des PROducteurs des Huiles Essentielles de Nosy be.
- GROUPEHEVA : GROUPEment des PROducteurs des Huiles Essentielles de Vakinankaratra.

- GOHET : Groupement des Opérateurs en Huiles essentielles de Toliara.
- CHEF : Centre des Huiles Essentielles de Fianarantsoa.
- PRONABIO/SYPEAM : groupement professionnel des opérateurs en agri-business de produits naturels et biologiques de Madagascar. Il est composé de 28 entreprises comme : AGRICO, LE DAMA, HOMEOPARMA, LABEL CBD, ...

Chapitre II Revue des mémoires de fin d'études sur les extractions des huiles essentielles

Comme nous l'avons mentionné, ce chapitre rapporte les travaux qui ont été effectués dans le cadre des mémoires de fin d'études à Madagascar sur l'extraction des huiles essentielles.

Les Mémoires ont été principalement à l'Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques d'Antananarivo (ESSA), à l'Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo (ESPA), à la faculté des Sciences d'Antananarivo et à l'Ecole Normale Supérieure d'Antananarivo (ENS).

La liste est loin d'être exhaustive car nous sommes heurtés à divers problèmes. Pour ceux qui sont catalogués, seuls les titres sont disponibles. Pour certains, on pouvait avoir la résumé. Très peu nombreux sont ceux où il était possible d'avoir accès à l'ouvrage lui-même (égaré ? par qui ?...).

Dans certaines institutions, la liste n'est pas complète et c'est le hasard des conversations qui a permis de savoir que M^r X a travaillé sur les huiles essentielles.

En plus, l'accès même aux sources de documentation est pratiquement impossible (très fréquentes absences de responsables).

Nous avons répertorié vingt deux (22) familles qui ont été étudiées dont vingt quatre (24) genres et quatre vingt quatorze (94) espèces de plantes.

I.1- La famille des Anacardiaceae [9]

Dans la famille des Anacardiaceae, la plante étudiée est *Schinus térébenthifolius* dont l'huile essentielle est obtenue par hydrodistillation des graines ou baies fraîchement cueillies.

Les caractéristiques de l'huile essentielle de *Schinus térébenthifolius* sont portées dans le tableau 1.

Caractéristiques	<i>Schinus térébenthifolius</i>
Rendement	2,3%
Aspect	Liquide
Couleur	Incolore, tirant légèrement au jaune vert exposé au soleil
Odeur	Odeur franchement poivrée
Densité	0,885
Indice de réfraction	1,4883
Pouvoir rotatoire	-
Indice de saponification	8,4

Tableau 1 : Caractéristiques de l'huile essentielle de *Schinus térébenthifolius*

Treize (13) constituants sont identifiés par analyse en cpg de l'huile essentielle de *Schinus térébenthifolius*.

1.2- La famille des Annonaceae [1]

La plante étudiée dans la famille des Annonaceae est *Isolona humbertiana*. L'hydrodistillation des feuilles fraîches de *Isolona humbertiana* donne une huile essentielle légère de couleur jaune claire.

L'huile essentielle obtenue a les caractéristiques données dans le tableau 2.

Caractéristiques	<i>Isolona humbertiana</i>
Rendement	0,22% à 0,30%
Densité	0,903
Indice de réfraction	1,4976
Pouvoir rotatoire	0
Indice d'acide	6
Indice d'ester	28

Tableau 2 : caractéristiques de l'huile essentielle de *Isolona humbertiana*

Le fractionnement de l'huile essentielle par clbp donne un pourcentage de 58,8% des fractions hydrocarbures terpéniques et 39,6% de produits oxygénés, avec une perte de 1,6%.

L'analyse en cpg a permis d'identifier 27 constituants dans l'huile essentielle de *Isolona humbertiana*.

I.3- La famille des Apiaceae ou ombelliferaeae [13]

Dans cette famille, une seule espèce est étudiée : *Coriandrum sativum* L.

Huit (8) échantillons de cette plante ont fait l'objet d'une étude sur leurs huiles essentielles.

Les huiles essentielles sont obtenues par hydrodistillation des graines sèches de coriandre.

Les caractéristiques des huiles essentielles sont regroupées dans le tableau 3.

Caractéristiques	<i>Coriandrum sativum</i> L.
Rendement	0,03% à 0,33%
Aspect	Liquide limpide
Couleur	Du jaune pâle au jaune foncé
Odeur	Caractéristique, épicée, légèrement citronnée
Indice de réfraction	1,4613

Tableau 3 : Caractéristiques des huiles essentielles de *Coriandrum sativum* L.

L'analyse en cpg de l'huile essentielle de *Coriandrum sativum* L. a permis d'identifier 40 constituants.

I.4- La famille des Asteraceae

Quatre (4) genres ont été étudiés dans cette famille : *Helychrysum*, *Artemisia*, *Tagetes* et *Melanthera*.

I.4.1- Le genre *Helychrysum*.

Dans le genre *Helychrysum*, deux espèces ont été étudiées : *Helychrysum gymnocaphalum* et *Helychrysum bracteiferum*.

a) *Helychrysum bracteiferum* [44]

L'huile essentielle de cette plante a été obtenue par hydrodistillation des feuilles et des sommités.

Les caractéristiques de l'huile sont regroupées dans le tableau 4.

Caractéristiques	<i>Helychrysum bracteiferum</i>
Rendement	0,3%.
Aspect	Liquide mobile et limpide
Couleur	Vert jaune
Odeur	Odeur boisée
Densité	0,9188
Indice de réfraction	1,4645

Tableau 4 : Caractéristiques de l'huile essentielle d'*Helychrysum bracteiferum*.

Vingt-six (26) constituants ont été identifiés par analyse en cpg de l'huile essentielle d'*Helychrysum bracteiferum*.

b) *Helychrysum gymnocaphalum* [28, 40,44]

L'huile essentielle de cette plante est extraite de ces feuilles et de ces sommités par hydrodistillation ou par vapo-distillation.

Les caractéristiques des huiles essentielles sont regroupées dans le tableau 5.

Caractéristiques	Echantillon Ratsimanohatra	Echantillon Razafindrakoto
Rendement	0,48 à 0,75%	0,2 à 0,5%
Aspect	Liquide limpide	Liquide mobile limpide
Couleur	Vert clair et vert jaune	Vert jaune
Odeur	Camphrée	Odeur boisée
Densité	0,913	0 ; 9212
Indice de réfraction	1,467	1,4851
Pouvoir rotatoire	-2°55	-
Indice d'acide	1,342	-
Indice d'ester	12,683	-
Miscibilité à l'éthanol		
Apparition de troubles	0,4 volumes	-
Apparition de la limpidité	6,4 volumes	

Tableau 5 : Caractéristiques des huiles essentielles d'*Helychrysum gymnocaphalum*.

Dix-huit (18) constituants ont été identifiés par l'analyse en cpg de l'huile essentielle d'*Hélychrysum gymnocaphalum*.

I.4.2- Le genre *Artemisia* [38]

Une seule espèce est étudiée dans ce genre, *Artemisia annua* dont l'huile essentielle est obtenue par hydrodistillation des parties aériennes après 2 jours à 6 semaines de récolte.

Les caractéristiques de l'huile essentielle de *Artemisia annua* sont regroupées dans le tableau 6.

Caractéristiques	<i>Artemisia annua</i>
rendement	0,2%.
Aspect	Liquide
Couleur	Jaune rouillé
Odeur	Fruitée, herbacée, légèrement camphrée
Densité	0,8223 à 0,9296
Indice de réfraction	1,4896 à 1,4847
Pouvoir rotatoire	-15,81°
Indice d'acide	1,583

Tableau 6:caractéristiques de l'huile essentielle de *Artemisia annua*

L'analyse en clbp de l'huile essentielle donne 34,4% de fractions hydrocarbures terpéniques, 61,67% de fractions produits oxygénés et 14,188% de perte.

L'analyse en cpg a identifié 18 constituants dans l'huile essentielle de *Artemisia annua*

I.4.3 Le genre *Tagetes* [29, 30, 44]

Tagetes bipinata est l'espèce étudiée dans ce genre. L'huile essentielle de cette plante est obtenue par hydrodistillation et par vapedistillation de la partie aérienne pendant 3 heures et qui donne un rendement :

Pour les fleurs : 0, 555%

Toute la partie aérienne : 0,428%

Pour les feuilles : 0,333%

Les caractéristiques de l'huile essentielle de *Tagetes bipinata* sont consignées dans le tableau 7.

Caractéristiques	Echantillon Ranaivoarison	Echantillon Razafindrakoto
Aspect	Liquide	Liquide mobile et limpide
Couleur	Jaune à jaune foncé, tirant vers le rouge au fur et à mesure du vieillissement par exposition au soleil	Jaune pâle à jaune orangé
Odeur	Herbacée, très verte, rappelant la pomme et l'œillet de l'inde	Très forte caractéristique des feuilles
Densité	0,873	0,8696
Indice de réfraction	1,4996	1,4903
Pouvoir rotatoire	+3,85°	-
Indice d'acide	0,3	-
Indice d'ester	4,1	-
Indice de carbonyle	10,8	-
Miscibilité à l'éthanol 90% V/V	3V/V	-

Tableau 7 : Caractéristiques de l'huile essentielle de *Tagetes bipinata*

Par fractionnement en clbp l'huile essentielle donne de fraction hydrocarbures terpéniques de 27,59% et de fraction produits oxygénés de 57,94%.

15 constituants ont été identifiés par analyse en cpg de l'huile essentielle de *Tagetes bipinata*.

1.4.4- Le genre *Melanthera* [23]

L'espèce étudiée dans ce genre est le *Melanthera madagascariensis* Baker, l'huile essentielle est extraite par hydrodistillation des feuilles fraîches de cette plante.

Les caractéristiques de l'huile essentielle de *Melanthera madagascariensis* Baker sont rapportées dans le tableau 8.

Caractéristiques	<i>Melanthera madagascariensis</i>
rendement	0,08%.
Aspect	Liquide
Couleur	Jaune
Densité	0,95
Indice de réfraction	1,52
Pouvoir rotatoire	-178,23

Tableau 8 : Caractéristiques de l'huile essentielle *Melanthera madagascariensis* Baker

Le fractionnement par clbp de l'huile essentielle donne 49,95% des fractions hydrocarbure terpéniques et 43,10% des fractions produits oxygénés.

L'analyse en cpg a identifié 23 constituants dans l'huile essentielle *Melanthera madagascariensis* Baker.

1.5- Famille des Canellaceae [43]

Dans la famille des Canellaceae, une seule plante est étudiée : *Cinnamosma fragans* qui par hydrodistillation des feuilles fraîches donne une huile essentielle à aspect liquide de couleur jaune claire et à odeur piquante et étouffante à forte dose.

Le rendement de l'extraction est de 1,25% sur une durée de 2 heures.

1.6- La famille des Composeae

Quatre (4) genres sont étudiés dans la famille des Composeae : *Psiadia*, *Branchylaena*, *Elionirus* et *Senecio*.

1.6.1- Le genre Psiadia [3]

La plante étudiée dans ce genre est *Psiadia Altissima* Benth et Hook. L'huile essentielle de cette plante est obtenue par hydrodistillation des feuilles fraîches.

Sur les 42 échantillons étudiés sur la plante, le rendement des extractions vari de 0,05 à 0,54% pour une moyenne de 0,24% pour des durées d'extraction de 4 heures.

Les caractéristiques de l'huile essentielle de *Psiadia Altissima* sont groupées dans le tableau 9.

Caractéristiques	<i>Psiadia Altissima</i>
Densité	0,866 à 0,882
Indice de réfraction	1,4833 à 1,4862
Pouvoir rotatoire	+12,81°
Indice d'acide	1,1 à 1,4
Indice d'ester	5,6 à 8,3

Tableau 9 : Caractéristiques de l'huile essentielle de *Psiadia Altissima*

L'analyse en clbp de l'huile essentielle totale donne 87% de fractions hydrocarbures terpéniques et 13% de fractions produits oxygénés.

40 constituants ont été identifiés par analyse en cpg de l'huile essentielle de *Psiadia Altissima*.

1.6.2- Le genre *Elionurus* [48]

Dans ce genre, la plante étudiée est *Elionurus tristis* Hack. L'huile essentielle est obtenue par hydrodistillation des tiges et des feuilles sèches.

Le rendement varie selon la date de récolte. Les matières végétales récoltées le mois de janvier ont un rendement de 1,28% or que celles récoltées le mois de mai ont un rendement de 0,4 à 0,5%.

Les caractéristiques de l'huile essentielle de *Elionurus tristis* Hack sont portées dans le tableau 10.

Caractéristiques	<i>Elionurus tristis</i>
Aspect	Liquide mobile limpide
Couleur	Jaune ambre
Odeur	Celui d'un mélange de balsamique et d'un parfum mal défini
Densité	0,906
Indice de réfraction	1,502
Pouvoir rotatoire	+12,5° à +20°
Indice d'acide	2,65 à 4,15
Indice d'ester	67,20 à 89,95

Tableau 10: Caractéristiques de l'huile essentielle de *Elionurus tristis* Hack

L'analyse en cpg a identifié 20 constituants dans l'huile essentielle de *Elionurus tristis* Hack

1.6.3- Le genre *Senecio* [24]

La plante étudiée dans ce genre est *Senecio myricaefolius* Bojer. L'huile essentielle est extraite des feuilles fraîches de la plante par hydrodistillation. La durée des extractions vari de 3 à 12 heures pour un rendement de 0,04%. Les caractéristiques de l'huile essentielle de *Senecio myricaefolius* sont portées dans le tableau 11.

Caractéristiques	<i>Senecio myricaefolius</i>
Aspect	Liquide limpide
Couleur	Jaune pâle
Odeur	Foins menthés
Densité	0,8843
Indice de réfraction	1,4884
Pouvoir rotatoire	-17,72°

Tableau 11: Caractéristiques de l'huile essentielle de *Senecio myricaefolius* Bojer.

1.7- La famille des Cupressaceae [44]

Dans la famille des Cupressaceae une seule plante est étudiée : *Cupressus sp.*

La distillation à la vapeur des noix et des branches de *Cupressus sp.* donne une huile essentielle dont le rendement est de 0,5% et les caractéristiques sont données dans le tableau 12.

Caractéristiques	<i>Cupressus sp.</i>
Aspect	Liquide mobile et limpide
Couleur	Presque incolore à jaune pâle
Odeur	Caractéristique boisée et âcre
Densité	0,888
Indice de réfraction	1,4670

Tableau 12 : Caractéristique de l'huile essentielle de *Cupressus sp.*

Vint-quatre (24) constituants ont été identifiés par analyse en cpg de l'huile essentielle de *Cupressus sp.*

1.8- La famille des Geraniaceae [11, 16, 44]

Une seule plante est étudiée dans la famille des Géraniaceae, *Pelargonium roseum*.

L'huile essentielle de cette plante est extraite soit par hydrodistillation à feu nu, soit par entraînement à la vapeur des feuilles fraîches.

Les caractéristiques de l'huile essentielle de *Pelargonium roseum* sont portées dans le tableau13.

Caractéristiques	Echantillon Razafindrakoto	Echantillon Rafidison	Echantillon Rakotoarimanana Ralambomanana
Durée d'extraction	4 heures	-	2 heures 23 min
Rendement	0,5%	1,2 pour mille	0,9 pour mille
Aspect	Liquide mobile et limpide	-	Liquide mobile
Couleur	Vert jaunâtre à vert brunâtre	-	Verte
Odeur	Rosée, plus ou moins menthée	-	Rosée, plus ou moins menthée
Densité	0,8901	-	0,889
Indice de réfraction	1,4643	-	1,464
Pouvoir rotatoire	-	-	-
Indice d'acide	-	-	7,34
Indice d'ester	-	-	71,55

Tableau 13 : Caractéristiques de l'huile essentielle de *Pélargonium roseum*.

L'analyse en cpg a identifié 18 constituants dans l'huile essentielle de *Pélargonium roseum*.

1.9-La famille des Gingeraceae

3 genres sont étudiés dans cette famille : *Hédichium*, *Zingiber* et *Curcuma*.

1.9.1 Le genre *Hedichium* [32,49]

Une seule espèce est étudiée dans ce genre: *hédichium coronarum* dont l'huile essentielle est extraite des parties aériennes et des rhizomes par hydrodistillation.

Les caractéristiques des deux huiles essentielles issues des deux parties de la plante sont rapportées dans le tableau 14.

Caractéristiques	Parties aériennes	Rhizomes
Rendement	0,03 à 0,08 pour mille	0,13 à 0,70 pour mille
Couleur	Vert jaunâtre	-
Densité	0,8504 à 0,89089	0,7956 à 0,8210
Indice de réfraction	1,4845 à 1,4883	1,4711 à 1,4775
Pouvoir rotatoire	+1° 55	-16°5
Indice d'acide	4,02 à 4,7	5 à 5,5
Indice d'ester	5,22 à 6,1	7,5 à 8,4
Miscibilité à l'éthanol 90%	4,8	5,2

Tableau 14 : caractéristiques de l'huile essentielle des parties aériennes et des rhizomes d'*hédichium coronarum*

L'analyse en cpg des deux huiles essentielles a identifié 20 constituants pour l'huile essentielle des parties aériennes et 14 constituants pour l'huile essentielle des rhizomes.

1.9.2- Le genre *Gingiber* [21]

Gengiber officinalis est la plante étudiée dans ce genre. L'huile essentielle est obtenue par hydrodistillation pendant 4 heures 50 min de l'oléorésine qui est extraite par l'éthanol pendant 6 heures 30 min à l'aide d'un extracteur Soxhlet des rhizomes de la plante.

Les caractéristiques de l'huile essentielle et l'oléorésine de *Gengiber officinalis* sont groupées dans le tableau 15.

Caractéristiques	Oléorésine	Huile essentielle
Rendement	10,15 %	10,62%
Aspect	Liquide très visqueux	Liquide mobile
Couleur	brune	incolore
Odeur	Chaude épicée, caractéristique du rhizome de gingembre	-

Tableau 15 : Caractéristiques de l'huile essentielle et l'oléorésine de *Gengiber officinalis*

I.9.3- Le genre *Curcuma* [7,8]

La plante étudiée dans ce genre est *Curcuma longa* Linné.

L'extraction de l'huile essentielle par hydrodistillation des rhizomes de la plante dure 24 heures et l'extraction au solvant de l'oléorésine s'effectue par soxhlet, elle dure 21 heures.

Les caractéristiques de l'huile essentielle et de l'oléorésine de *Curcuma longa* Linné sont portées dans le tableau 16.

Caractéristiques	Huile essentielle			Oléorésine		
	FE	SE	EE	FE	SE	EE
Rendement %	5,82	5,94	5,46	33,47	43,76	35,98
Aspect	Liquide mobile limpide			Pâteux ou huileux avec précipité		
Couleur	Incolore à reflet vert			Rouge orange foncé		
Odeur	Caractéristique de la feuille, légèrement herbacée			Caractéristique de curcuma		
Indice de réfraction	1,5133	1,5123	1, 5111	-		
Pouvoir rotatoire	-13°	-18°	-11°	-		
Densité	0,9502	0,3468	0,9361	-		

Tableau16 : caractéristiques de l'huile essentielle et de l'oléorésine de *Curcuma longa* Linné

FE : Echantillon frais

SE : Echantillon séché au soleil

EE : Echantillon séché à l'étuve

Le fractionnement par clbp de l'huile essentielle donne 35,93% de fraction hydrocarbures terpéniques et 54,83% de fraction produits oxygénés.

I.10- La famille des Gramineae

Dans cette famille, 2 genres ont été étudiés : *Cybopongon* et *Vetiveria*.

I.10.1 Le genre *Cybopongon* [14, 18,44]

La plante étudiée dans ce genre est *Cybopongon citratus* ou *Cybopongon flexiosus*.

L'huile essentielle de cette plante est extraite par hydrodistillation des feuilles et des parties aériennes sur une durée de 3 heures.

Les caractéristiques de l'huile essentielle de *Cybopongon citratus* sont données dans le tableau 17.

Caractéristiques	Echantillon Raharitsiadiana	Echantillon Razafindrakoto	Echantillon Rakotonandrasana
Rendement %	0,69	0,2	0,12 à 1,15
Aspect	Limpide mobile	Liquide mobile et limpide	-
Couleur	Jaune	Jaune pâle à jaune orangé	-
Odeur	Fraîche, agréable, citronnée	Caractéristique rappelant le citral	--
Densité	0,902	0,9496	-
Indice de réfraction	1,4840	1,4858	-
Pouvoir rotatoire	-3°01	-	-

Tableau 17 : Caractéristiques de l'huile essentielle de *Cybopongon citratus*I.10.2- Le genre *Vetiveria*

Vetiveria zizanioides est la plante étudiée dans ce genre dont les informations concernant son huile essentielle sont données dans la deuxième partie de ce travail.

I.11- La famille des Hernadiaceae [27]

Dans la famille des Hernadiaceae, la plante étudiée est *Hernadia voyroni* dont l'huile essentielle est extraite des écorces broyées séchées par hydrodistillation à vapeur direct pendant 6 heures.

Les caractéristiques de l'huile essentielle de *Hernadia voyroni* sont données dans le tableau 18.

Caractéristiques	<i>Hernadia voyroni</i>
Rendement %	2,52
Odeur	Forte
Densité	0,982
Indice de réfraction	1,508
Pouvoir rotatoire	-62,47°

Tableau 18 : Caractéristiques de l'huile essentielle de *Hernadia voyroni*

I.12- La famille des Lauraceae

Deux genres ont été étudiés dans la famille des Lauraceae : *Cinnamomum* et *Ravensara*.

I.12.1- Le genre Cinnamomum

Dans le genre *Cinnamomum* deux espèces ont été étudiées : *Cinnamomum zeylanicum* et *Cinnamomum camphora*.

a) *Cinnamomum zeylanicum* [31, 47,49]

L'huile essentielle de cette plante est obtenue par hydrodistillation des écorces et des feuilles.

Les caractéristiques de l'huile essentielle de *Cinnamomum zeylanicum* sont portées dans le tableau 19.

Caractéristiques	Feuilles	Ecorces
Rendement %	0,41 à 2,7	1,07765 à 1,4851
Couleur	Vert clair	Jaune à jaune pâle
Densité	0,8738	0,9315 à 1,0764
Indice de réfraction	1,5680	1,545 à 1,5953
Pouvoir rotatoire	0°	-1° à -2°

Tableau 19 : Caractéristiques de l'huile essentielle de *Cinnamomum zeylanicum*

L'analyse en clbp des deux huiles essentielles donne 10,9% pour l'huile essentielle des écorces et 23,7% pour celle des feuilles de fraction hydrocarbures terpéniques et 87,6% pour l'huile essentielle des écorces et 63,3% pour celle des feuilles de fractions produits oxygénés.

b) *Cinnamomum camphora* [12, 25, 44]

L'huile essentielle de *Cinnamomum camphora* est extraite de ces feuilles fraîches par hydrodistillation.

Les caractéristiques de l'huile essentielle de *Cinnamomum camphora* sont consignées dans le tableau 20.

Caractéristiques	<i>Cinnamomum camphora</i>
Rendement %	0,7 à 1,1616
Aspect	Liquide mobile et limpide
Couleur	Blanchâtre presque incolore
Odeur	Caractéristique camphrée
Densité	0,906 à 0,9083
Indice de réfraction	1,4635 à 1,4645
Pouvoir rotatoire	-16°19
Indice d'acide	1,963
Indice d'ester	22,44

Tableau 20 : Caractéristiques de l'huile essentielle de *Cinnamomum camphora*I.12.2- Le genre *Ravensara* [22, 35]

Ravensara aromatica Sonnerat est l'espèce étudiée dans le genre *Ravensara*. On obtient l'huile essentielle de cette plante de ces feuilles ou ces écorces par hydrodistillation ou par entraînement à la vapeur d'eau.

Les caractéristiques de l'huile essentielle de *Ravensara aromatica* sont groupées dans le tableau 21.

Caractéristiques	Ecorces	Feuilles	
		Fraîche	Séchées
Rendement %	0,98	0,44 à 0,98	0,44
Aspect	Liquide limpide	Liquide mobile	-
Couleur	Jaune clair	Jaune verdâtre	-
Odeur	Anisée, douce	Epicée	-
Densité	0,980	0,967	-
Indice de réfraction	1,5211	1,5124	-
Pouvoir rotatoire	+0,30°	+0,60°	-
Indice d'acide	1,1	2,0	-
Indice d'ester	0	0	-
Indice de carbonyle	1,5	0	-

Tableau 21 : Caractéristiques de l'huile essentielle de la *Ravensara aromatica*

L'analyse en clbp des deux huiles essentielles des feuilles et des écorces de *Ravensara aromatica* Sonnerat donne les résultats qui sont portés dans le tableau 22.

Désignations	Feuilles	Ecorces
Hydrocarbures terpéniques	30,67%	0,93%
Produits oxygénés	63,87%	98,47%

Tableau 22 : Résultats de l'analyse en clbp de *Ravensara aromatica* Sonnerat

I.13- La famille des Libiateae

Dans la famille des Libiateae 4 genres ont été étudiés : *Ocimum*, *Rosmarus*, *Salva* et *Mentha*.

I.13.1- Le genre *Ocimum* [20]

Dans ce genre, *Ocimum basilicum* L. a été l'espèce étudiée. L'huile essentielle est extraite de la partie aérienne de la plante dont les caractéristiques sont consignées dans le tableau 23.

Caractéristiques	<i>Ocimum basilicum</i> L.
Rendement %	0,1 à 0,2
Densité	0,961
Indice de réfraction	1,5176
Pouvoir rotatoire	+0,37°
Indice d'acide	0,71
Indice d'ester	6,34

Tableau 23 : Caractéristiques de l'huile essentielle de l'*Ocimum basilicum* L

L'analyse en cpg de l'huile essentielle permet d'identifier 32 constituants.

I.13.2- Le genre *Rosmarinus* [14]

Rosmarinus officinalis est l'espèce étudiée dans ce genre. L'huile essentielle est obtenue de la plante par hydrodistillation des feuilles et de la partie aérienne.

Les caractéristiques de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* sont consignées dans le tableau 24.

Caractéristiques	<i>Rosmarinus officinalis</i>
Rendement %	0,65
Aspect	Limpide
Couleur	Jaune pâle
Odeur	Forte indéfinissable
Densité	0,881
Indice de réfraction	1,4695
Pouvoir rotatoire	+28,70°

Tableau 24 : Caractéristiques de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis*

Vint-cinq (25) constituants ont été identifiés par analyse en cpg de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis*.

I.13.3- Le genre *Salvia* [15]

La plante étudiée dans ce genre est *Salvia leucodermis*. L'huile essentielle de cette plante est extraite de la partie aérienne par hydrodistillation.

I.13.4- Le genre *Mentha* [42]

Deux (2) espèces ont été étudiées dans ce genre : *Mentha spicata* L. et *Mentha pulégium* L.

L'huile essentielle de ces deux plantes ont été extraites par hydrodistillation des feuilles après 24 heures de récolte.

Les caractéristiques des huiles essentielles des deux plantes sont groupées dans le tableau 25.

Caractéristiques	<i>Mentha spicata</i> L	<i>Mentha pulégium</i> L
Aspect	Liquide mobile	Liquide mobile
Couleur	Jaune verdâtre	Jaunâtre
Odeur	Caractéristique	Menthée moins caractéristique

Tableau 25 : Caractéristiques des huiles essentielles de Menthe

I.14-La famille des Monimiaceae [6]

Dans la famille des Monimiaceae, le genre qui a été étudié est *Tambourissa* dont 3 espèces : *Tambourissa rota*, *Tambourissa thouvenotii* et *Tambourissa trichophylla* ont portées l'objet d'une étude sur leurs huiles essentielles.

Les huiles essentielles de ces 3 plantes ont été obtenues par hydrodistillation des feuilles. Leurs caractéristiques sont groupées dans le tableau 26.

Caractéristiques	<i>Tambourissa rota</i>	<i>Tambourissa thouvenotii</i>	<i>Tambourissa trichophylla</i>
Rendement %	0,32	0,09	0,91
Aspect	Huileux	Huileux	Huileux
Couleur	Vert pomme	Jaune vert	Vert pâle
Odeur	Agréable	Fraîche boisée	Agréable
Densité	0,9354	0,8659	-
Indice de réfraction	1,493	1,503	1,4985
Pouvoir rotatoire	-42,78°	-	-
Indice d'acide	3,6	-	-
Indice d'ester	129,337	-	-

Tableau 26 : caractéristiques des huiles essentielles de *Tambourissa rota*, de *Tambourissa thouvenotii* et de *Tambourissa trichophylla*

Le fractionnement par clbp de l'huile essentielle de *Tambourissa rota* donne 42,59% de fraction hydrocarbures terpéniques et 56,39% de fraction produits oxygénés.

L'analyse en cpg des 3 huiles essentielles permet d'identifier 24 constituant pour *Tambourissa rota*, 19 constituants pour *Tambourissa thouvenotii* et 18 constituants pour le *Tambourissa trichophylla*.

I.15- La famille des Myrtaceae

Deux genres ont été étudiés dans la famille des Myrtacées : *Eugénia* et *Eucalyptus*.

I.15.1- Le genre *Eugenia* [10]

Deux espèces ont été étudiées dans ce genre : *Eugénia caryophyllus* et *Eugénia emirnensis*.

a) *Eugénia caryophyllus*

L'huile essentielle de *Eugénia caryophyllus* est obtenue soit par hydrodistillation et hydrodiffusion, soit par entraînement par solvant des clous de girofle frais.

Les différents rendements selon chaque type d'extractions sont consignés dans le tableau 27.

Hydrodistillation		Hydrodiffusion		Extraction par solvant	
Avec cohobation	Sans cohobation	Avec cohobation	Sans cohobation	Dichlorométhane	Méthanol
6,5 à 7,2	2,36 à 7,3	7,4 à 12,5	7,5 à 13,9	12,1	10

Tableau 27 : Rendement en % sur les extractions d'huile essentielle de *Eugénia caryophyllus*

L'analyse en cpg de l'huile essentielle de clous de girofle frais a permis d'identifier 8 constituants.

b) *Eugénia emirnenensis* [34]

L'huile essentielle de *Eugénia emirnenensis* est extraite des feuilles de la plante par hydrodistillation. Deux sous espèces d'*Eugénia emirnenensis*: *Eugénia emirnenensis* « Ratrosalalavaravina » et *Eugénia emirnenensis* « Ratromadinindravina » ont fait l'objet d'une étude sur leurs huiles essentielles dont les caractéristiques sont groupées dans le tableau 28.

Caractéristiques	<i>Eugénia emirnenensis</i> « Ratrosalalavaravina »	<i>Eugénia emirnenensis</i> « Ratromadinindravina »
Rendement %	0,45	0,59
Densité	0,9773	0,9742
Indice de réfraction	1,5033	1,5171
Pouvoir rotatoire	-0,67°	-0,70°
Indice d'acide	5,65	23,22
Indice d'ester	84,77	58,07

Tableau 28 : Caractéristiques des huiles essentielles de *Eugénia emirnenensis*

Le fractionnement en clbp des deux huiles essentielles donne les résultats qui sont groupés dans le tableau 29.

	Fraction HY	Fraction PO
<i>Eugénia emirnenensis</i> « Ratrosalalavaravina »	18,65%	81,06%
<i>Eugénia emirnenensis</i> « Ratromadinindravina »	15,46%	82,22%

Tableau 29 : Fractionnement par clbp des huiles essentielles de *Eugénia emirnenensis*

1.15.2- Le genre *Eucalyptus* [2, 12, 14, 26, 40,45]

Le genre *Eucalyptus* est le genre le plus étudié puisqu'il y a 33 espèces étudiées dans ce genre. Leurs huiles essentielles sont extraites de leurs feuilles soit par hydrodistillation soit par entraînement à la vapeur.

Les caractéristiques des huiles essentielles obtenues sont groupées dans le tableau 30.

Eucalyptus	Rendement %	Densité	Indice de réfraction	Pouvoir rotatoire	Indice d'acide	Indice d'ester
<i>E. globulus globulus</i>	2,31	0,9742	1,5171	-0,70°	23,22	58,07
<i>E. globulus maidenl</i>	2,47	0,9111	1,4662	-	4,48	0
<i>E. robusta</i>	0,095	0,9252	1,4664	-	2,33	0
<i>E. viminalis</i>	0,10	0,8386	1,47	-	-	-
<i>E. grandis</i>	0,17	0,8243	1,416	-	--	-
<i>E. punctata</i>	0,62	0,8451	1,468	-	-	-
<i>E. dives</i>	0,72	0,8863	1,462	-	-	-
<i>E. eugénoides</i>	0,92	0,8703	1,4857	-	-	-
<i>E. ginérea</i>	1,1	0,8224	1,4728	-	--	-
<i>E. obusiflora</i>	1,3	0,8805	1,4641	-	-	-
<i>E. citriodora</i>	1,5	0,8561	1,4760	-	-	-
<i>E. lendleyana</i>	1,10	0,8131	1,4541	-1,06°	3,927	47,625
<i>E. leucoxydon</i>	0,25	-	1,469	-	-	-
<i>E. cinérea</i>	1,16	-	1,462	-	-	-
<i>E. creba</i>	0,06	-	1,465	-	-	-
<i>E. hémiphylora</i>	0,14	-	1,46	--	-	-
<i>E. macarthurii</i>	0,14	-	1,473	-	-	-
<i>E. phélandra</i>	2,5	0,893	1,470	-	-	-
<i>E. adnata</i>	2,50	-	-	-	-	-
<i>E. albens</i>	0,11	0,905	1,468	-	-	-
<i>E. capitellata</i>	1,63	-	1,472	-	-	-
<i>E. longifolia</i>	0,15	-	1,47	-	-	-
<i>E. propinqua</i>	0,54	-	1,47	-	-	-
<i>E. resinifera</i>	0,39	-	1,45	-	-	-
<i>E. obtusiflora</i>	1,3	-	-	-	-	-
<i>E. eugenoides</i>	0,92	0,8561	1,4760	-	-	-
<i>E. marorrhyncha</i>	0,46	0,8224	1,4728	-	-	-
<i>E. globulus</i>	1,32	0,893	1,478	-	-	-

Tableau 30 : Caractéristiques des huiles essentielles des espèces d'Eucalyptus

1.16- La famille des Pinaceae [12]

La plante étudiée dans cette famille est *Pinus kesia*. L'huile essentielle de cette plante est extraite par hydrodistillation des feuilles fraîches.

Les caractéristiques de l'huile essentielle de *Pinus kesia* sont consignées dans le tableau 31.

Caractéristiques	<i>Pinus kesia</i>
Rendement %	0,1062
Aspect	Liquide mobile
Couleur	Jaune très claire
Odeur	Fraîche de forêt de sève de pin
Densité	0,893
Indice de réfraction	1,4860
Pouvoir rotatoire	- 25,33°
Indice d'acide	2,244
Indice d'ester	64,400

Tableau 31 : Caractéristiques de l'huile essentielle de *Pinus kesia*

L'analyse en cpg permet d'identifier 19 constituants dans l'huile essentielle.

I.17- La famille des Piperaceae [6,45]

Le genre étudié dans cette famille est le genre *Piper* dont 3 espèces sont étudiées : *Piper nigrum*, *Piper borbonense* et *Piper sp.*

Les huiles essentielles de ces plantes sont obtenues par hydrodistillation des feuilles fraîches pour *Piper sp.* et hydrodistillation des graines fraîches pour *Piper nigrum* et *Piper borbonense*.

Les caractéristiques des huiles essentielles de ces trois plantes sont groupées dans le tableau 32.

Caractéristiques	<i>Piper nigrum</i>	<i>Piper borbonense</i>	<i>Piper sp.</i>
Rendement %	1,6 à 2,48	11,2	0,187
Aspect	Liquide	Liquide	Liquide limpide très fluide
Couleur	Incolore tirant au vert sous l'effet de la lumière	Incolore tirant au jaune à la lumière	Vert très clair
Odeur	Peu sapide et possède une odeur douce	Rapproche beaucoup de celle de <i>Piper nigrum</i>	Peu acre
Densité	0,895	0,915	1,021
Indice de réfraction	1,4928	1,4878	1,5086
Pouvoir rotatoire	+0°70	+7°70	-2°05
Indice d'acide	-	-	0,9
Indice d'ester	-	-	65,9

Tableau 32 : caractéristiques des huiles essentielles de *Piper nigrum*, de *Piper borbonense* et de *Piper sp.*

Le fractionnement par clbp de l'huile essentielle totale de *Piper sp.* donne 14,62% de fraction hydrocarbures terpéniques et 79,44% de produits oxygénés.

L'analyse en cpg des trois huiles essentielles permet d'identifier 27 constituants pour l'huile essentielle de *Piper sp.*, 15 constituants pour l'huile essentielle de *Piper nigrum* et 14 constituants pour l'huile essentielle de *Piper borbonense*.

I.18- La famille des Pittosporaceae [5, 25,33]

Trois (3) espèces de plantes ont été étudiées dans la famille des Pittosporacées : *Pittosporum verticillatum verticillatum*, *Pittosporum viridiflorum viridiflorum* et *Pittosporum sénacia coursii*.

Les huiles essentielles de ces trois plantes ont été obtenues par hydrodistillation soit des feuilles, soit des fruits ou soit des feuilles et des fruits.

Les caractéristiques des huiles essentielles de ces trois plantes sont groupées dans le tableau 33.

	<i>Pittosporum viridiflorum</i>		<i>Pittosporum verticillatum</i>	<i>Pittosporum sénacia coursii</i>
Obtention	Fruits	Feuilles	Feuilles	Fruits
Rendement %	-	-	0,14	0,87 à 0,93
Aspect	Limpide transparent	Liquide très visqueux	Liquide visqueux	Liquide huileux
Couleur	Incolore	Jaune vert	Jaune vert clair	Jaune pâle
Odeur	Fraîche d'hespéridée	Herbacée, de foin coupé	-	Poivrée, légèrement citronnée
Densité	0,8738	0,9525	0,9190	0,8962
Indice de réfraction	-	1,5075	1,5011	1,4844
Pouvoir rotatoire	-18,70°	+19,14°	+33,16°	-14,77°
Indice d'acide	11,21	8,36	0,95	1,90
Indice d'ester	-	9,75	24,29	33,95

Tableau 33 : Caractéristiques des huiles essentielles de *Pittosporum*

Le fractionnement par clbp des huiles essentielles ont donné les résultats qui sont portés dans le tableau 34.

	<i>Pittosporum viridiflorum</i>		<i>Pittosporum verticillatum</i>	<i>Pittosporum sénacia coursii</i>
	HE des fruits	HE des feuilles		
Fraction HY (%)	47,7	46,91	47,02	50,2
Fraction PO (%)	50,61	56,39	50,89	48,3

Tableau 34 : Résultats du fractionnement par clbp des huiles essentielles de *Pittosporum*.

L'analyse en cpg des huiles essentielles de *Pittosporum* a identifié :

Vingt-neuf (29) constituants pour l'huile essentielle des fruits et 22 constituants pour celle des fruits de *Pittosporum viridiflorum viridiflorum*.

Trente un (31) constituants pour l'huile essentielle des feuilles de *Pittosporum verticillatum verticillatum*.

Trente trois (33) constituant pour l'huile essentielle des fruits de *Pittosporum sénacia cours*l.

I.19- La famille des Rutaceae

Trois (3) genres ont été étudiés dans la famille des Rutaceae : *Citrus*, *Vepris* et *Evodia*.

I.19.1- Le genre *Citrus* [39, 43, 49]

Dans le genre *Citrus*, 6 espèces ont été étudiées : *Citrus simensis*, *Citrus réticulata*, *Citrus lemon*, *Citrus aurantifolia*, *Citrus grandis*, et *Citrus hystrix*.

L'huiles essentielles de ces plantes sont extraites des feuilles et jeunes fruits (PG) et des écorces de fruit (FR) par hydrodistillation.

Les caractéristiques des huiles essentielles sont groupées dans le tableau 35 et 36.

Caractéristiques	<i>Citrus simensis</i>		<i>Citrus réticulata</i>		<i>Citrus lemon</i>	
	PG	FR	PG	FR	FR	FR
Rendement (%)	0.27	0.460	0.3	0.065	0.111	0.072
Couleur	Jaune vert	Jaune pâle	Jaune vert	Jaune pâle	Jaune pâle	Jaune pâle
Etat	fluide	fluide	fluide	fluide	fluide	fluide
Odeur	caractéristique	Peu caractéristique	Assez caractéristique	Peu caractéristique	Peu caractéristique	caractéristique
Densité	0.868	0.837	0.886	0.864	0.845	0.844
Indice de réfraction	1.4720	1.47	1.4748	1.472	1.472	1.4693
Pouvoir rotatoire	+63.30	+71.65	+75	+108.5	+111.65	+106.7

Tableau 35 : Caractéristiques des huiles essentielles de *Citrus simensis*, de *Citrus réticulata* et de *Citrus lemon*

Caractéristiques	<i>Citrus aurantifolia</i>		<i>Citrus grandis</i>		<i>Citrus hystrix</i>	
	PG	PG	PG	FR	FR	FR
Rendement (%)	0.4	0.05	0.75	0.33	0.038	0.098
Couleur						
Etat	fluide	fluide	fluide	huileux	fluide	fluide
Odeur	Assez caractéristique	Caractéristique de la feuille	Caractéristique de la feuille	Rappelant le zeste de combava	Rappelant le zeste de pamplemousse	Fruitée puissante
Densité	0.868	0,875	0.885	0.888	0.846	0.875
Indice de réfraction	1.476	1,8781	1.451	1.4775	1.4731	1.474
Pouvoir rotatoire	+75	+55°	-11.85	+40.25	+5	+55

Tableau 36 : Caractéristiques des huiles essentielles de *Citrus aurantifolia*, de *Citrus grandis*, et de *Citrus hystrix*.

L'analyse en cpg des huiles essentielles permet d'identifier :

Quarante trois (43) constituants pour l'huile essentielle de *Citrus simensis*

Trente huit (38) constituants pour l'huile essentielle de *Citrus réticulata*

Vingt huit (28) constituants pour l'huile essentielle de *Citrus lemon*

Quarante six (46) constituants pour l'huile essentielle de *Citrus aurantifolia*

Quarante six (46) constituants pour l'huile essentielle de *Citrus grandis*

Trente un (31) constituants pour l'huile essentielle de *Citrus hystrix*

I.19.2- Le genre *Vepris* [4,19, 27]

4 espèces sont étudiées dans le genre *Vepris* : *Vepris ellioti*, *Vepris sp.*, *Vepris leandriana* et *Vepris nitida*.

Les huiles essentielles de ces plantes sont obtenues par hydrodistillation des feuilles dont les caractéristiques sont consignées dans le tableau 37.

Caractéristiques	<i>V. ellioti</i>	<i>V. sp.</i>	<i>V. leandriana</i>	<i>V. nitida</i>
Obtention	Feuilles et branchettes sèches	Feuilles fraîches	Feuilles fraîches	Feuilles fraîches
Rendement %	1,12	0,1	0,61	0,60
Aspect	Liquide visqueux	Liquide mobile	Huileuse	huileuse
Couleur	Jaune paille	Jaune verdâtre	Jaune pâle	Jaune pâle
Odeur	-	Note linalé en tête puissante	-	-
Densité	-	0,9811	0,8920	0,9266
Indice de réfraction	-	1,4653	1,4744	1,522
Pouvoir rotatoire	-	-1,6°	-	-

Tableau 37 : Caractéristiques des huiles essentielles de *Vepris*

Le fractionnement par clbp de l'huile essentielle de *Vepris* sp. Donne une fraction hydrocarbures terpéniques de 7,05% et une fraction produits oxygénés de 44,35%.

L'analyse en cpg des 3 huiles essentielles de *Vepris* permet d'identifier :

Seize (16) constituants pour l'huile essentielle de *V. ellioti*

Onze (11) constituants pour l'huile essentielle de *V. sp.*

Neuf (9) constituants pour l'huile essentielle de *V. leandriana*

Dix huit (18) constituants pour l'huile essentielle de *V. nitida*

I.20- La famille des Santalaceae [36]

L'espèce étudiée dans la famille des Santalaceae est *Santalum album*.

L'huile essentielle est extraite par hydrodistillation du Santal en copeau et en poudre.

Les caractéristiques de l'huile essentielle de *Santalum album* sont rapportées dans le tableau 38.

Caractéristiques	<i>Santalum album</i>	
Obtention	En copeau	En poudre
Rendement %	1,6	0,5
Aspect	Liquide limpide un peu visqueux	
Couleur	Jaune	
Odeur	Caractéristique rappelant le bois	
Indice d'acide	99	
Indice d'ester	28,27	

Tableau 38 : Caractéristiques de l'huile essentielle de *Santalum album*

I.21- La famille des Térébinthaceae [37]

Rhus taratana est l'espèce étudiée dans la famille des Térébinthaceae. L'huile essentielle de cette plante est obtenue par hydrodistillation de diverse parties de la plante fraîche : feuilles, tiges, écorces et graines.

Les caractéristiques des huiles essentielles de *Rhus taratana* sont groupées dans le tableau 39.

Caractéristiques	<i>Rhus taratana</i>			
Obtention	Feuilles	Tiges	Ecorces	Fruits
Rendement %	0,02 à 0,48	0,01 à 0,1	0,01 à 0,23	0,07 à 0,67
Densité	0,8467 à 0,8822			
Indice de réfraction	1,4414 à 1,4764			
Indice d'acide	2,5			
Indice d'ester	4,2			

Tableau 39 : caractéristiques des huiles essentielles de *Rhus taratana*

L'analyse en cpg des 4 huiles essentielles a identifié :

Onze (11) constituants pour l'huile essentielle des fruits

Dix (10) constituants pour l'huile essentielle des écorces

Seize (16) constituants pour l'huile essentielle des tiges

Vingt cinq (25) constituants pour l'huile essentielle des feuilles

I.22- La famille des Verbenaceae [17]

La plante étudiée dans la famille des Verbenaceae est *Lantana camara*.
L'huile essentielle de la plante est obtenue par hydrodistillation des fleurs fraîches dont les caractéristiques sont rapportées dans le tableau 40.

Caractéristiques	<i>Lantana camara</i>
Rendement %	0,046 à 0,059
Aspect	Pâteux
Couleur	verdâtre
Odeur	Caractéristique de <i>Lantana camara</i>
Densité	0,8890 à 0,9019
Indice de réfraction	1,4824 à 1,4912
Indice d'acide	1,39 à 2,7
Indice d'ester	36,4

Tableau 40 : Caractéristique de l'huile essentielle de *Lantana camara*

Quarante et un (41) constituants ont été identifiés en analyse par cpg de l'huile essentielle de *Lantana camara*.

Conclusion de la première partie

Les travaux de mémoire sur les huiles essentielles à Madagascar ont été essentiellement basés sur :

- étude d'une ou plusieurs plantes endémiques pour déterminer leurs caractéristiques organoleptiques et physico-chimiques et leur composition chimique.
- étude des huiles essentielles de plusieurs espèces appartenant à un seul genre.
- étude des huiles essentielles extraites de différentes parties d'une plante.

BIBLIOGRAPHIE POUR LA REVUE DE MEMOIRE

- 1- Andriamahenina, R.V. (1991). *Composition à l'étude de la composition chimique d'une plante endémique malgache Isolona humbertiana* (Annonacées). Mémoire de DEA, Chimie Organique « Produits Naturels », Facultés des sciences, Université d'Antananarivo.
- 2- Andriamboavonjy, F.R. Randriamiarisoa, S. (1986). *Etude de quelques espèces d'eucalyptus. Analyse chromatographique en phase vapeur*. Mémoire de fin d'études, Département Génie Chimique, ESPA, Université d'Antananarivo.
- 3- Andrianasolo, M.S. (1994). *Contribution à l'étude de la variabilité de la composition chimique de l'huile essentielle de Psiadia altissima Benth. et Hook. Mise en évidence de chimotype par analyse multidimensionnelle*. Mémoire de fin d'études, Département IAA, ESSA, Université d'Antananarivo.
- 4- Andrianavalonirina, M.A. (2003). *Contribution à l'étude de l'huile essentielle de Vepris sp. (Rutaceae)*. Mémoire de fin d'études, CER physique Chimie, ENS, Université d'Antananarivo.
- 5- Bikiny, C. (1999). *Analyse de l'huile essentielle de Pittosporum sénacia coursii (Pittosporaceae). Chalcone, type structural dans le Vepris leandriana (Rutaceae)*. Mémoire de DEA, Chimie Organique « Produits Naturels », Facultés des sciences, Université d'Antananarivo.
- 6- Hantamalala, E. (1995). *Contribution à l'étude chimique des huiles essentielles des feuilles de Tambourissa rota, dr Tambourissa thouvenotii et de Tambourissa trichophylla (Monimiaceae) espèces endémiques de Madagascar. Les composés flavonoïdiques des feuilles de Tambourissa thouvenotii*. Mémoire de DEA, Chimie Organique « Produits Naturels », Facultés des sciences, Université d'Antananarivo.
- 7- Lahatsaravita, B. A. (2003). *Etude comparative des compositions chimiques des huiles essentielles de curcuma longa L. Approche biogénétique, synthèse biomimétique de certains composant. Contrôle de qualité. Espèces à potentialité économique de la région de Fianarantsoa*. Mémoire de DEA, Chimie Organique « Produits Naturels », Facultés des sciences, Université d'Antananarivo.

- 8- Rabefarihy, V.R. (1985). *Contribution à l'étude de Curcuma longa : huile essentielle et oléorésine*. Mémoire de fin d'études, Département IAA, ESSA, Université d'Antananarivo.
- 9- Rabemanantsoa, R. Y. A. (1982). *Contribution à l'étude des huiles essentielles de Piper nigrum, piper borbonense et Schinus térébenthifolius*. Mémoire de fin d'études, Département IAA, ESSA, Université d'Antananarivo.
- 10- Rafanomezantsoa, R.M. Tsaramody, A.S. (1986). *Etude de l'extraction de l'essence de girofle à Madagascar*. Mémoire de fin d'études, Département Génie Chimique, ESPA, Université d'Antananarivo.
- 11- Rafidison, R. (1988). *Contribution à l'étude du lancement de géranium dans les hauts plateaux*. Mémoire de fin d'études, Département Génie Chimique, ESPA, Université d'Antananarivo.
- 12- Raharijaona, O.T. (2004). *Situation et perspective de l'huile essentielle à Madagascar. Etudes phytochimique de trois espèces aromatiques*. Mémoire de fin d'études, CER physique Chimie, ENS, Université d'Antananarivo.
- 13- Raharison, M. L. R. (1998). *Contribution à l'étude des huiles essentielles et oléorésines de coriandre de Madagascar*. Mémoire de fin d'études, Département IAA, ESSA, Université d'Antananarivo.
- 14- Raharitsiadiana, H. M. (2004). *Caractérisation de trios espèces aromatiques et adaptation pédagogique*. Mémoire de fin d'études, CER physique Chimie, ENS, Université d'Antananarivo.
- 15- Rainikotoarimanana, M.P.J. (2002). *Etude biochimique, chimique et biologique des extraits de l'huile essentielle d'une plante médicinale endémique malgache : Salvia leucodermis*. Mémoire de DEA, Biologie appliquée aux sciences médicales, Facultés des sciences, Université d'Antananarivo.
- 16- Rakotoarimanana, B. Ralambomanana, (1999). *Contribution à l'optimisation d'une unite de production d'huile essentielle*. Mémoire de fin d'études, Département Génie Chimique, ESPA, Université d'Antananarivo.
- 17-Rakotonaivo, R. H. (2002). *Caractérisation de l'huile essentielle de Lantana camara (Radriaka), comparaison avec l'huile essentielle de la partie aérienne*. Mémoire de fin d'études, Département IAA, ESSA, Université d'Antananarivo.
- 18- Rakotonandrasana, L.O. (1997). *Etude qualitative de la variabilité géographique de la composition de l'huile essentielle de Lemon grass*. Mémoire de fin d'études, Département IAA, ESSA, Université d'Antananarivo.

- 19- Rakotondraibe, L.R.H. (1998). *Contribution à l'étude des huiles essentielle de 2 Rutacées de Mananara Nord : Vepris leandriana et Vepris nitida. Analyse préliminaire d'un glycoside flavonoïdiques isolé des feuilles de Vepris leandriana*. Mémoire de DEA, Chimie Organique « Produits Naturels », Facultés des sciences, Université d'Antananarivo.
- 20- Rakotondrasoamialimangavelo, A. (1984). *Les huiles essentielles de basilic de Madagascar : étude de la composition chimique et application de l'analyse factoielle*. Mémoire de fin d'études, Département IAA, ESSA, Université d'Antananarivo.
- 21- Ralahamanana, B.A. (2003). *Contribution à la réalisation d'un extracteur Soxhlet. Extraction de l'huile essentielle de l'oléorésine de gingembre*. Mémoire de fin d'études, Département Génie Chimique, ESPA, Université d'Antananarivo.
- 22- Ralaivao, B.Z. (1995). *Contribution à l'étude des huiles essentielles des feuilles et des écorces de Ravensara aromatica Sonnerat (Lauraceae), Espèce endémique de Madagascar*. Mémoire de fin d'études, CER physique Chimie, ENS, Université d'Antananarivo.
- 23- Ralaivonimanga, R.J.R. (1999). *Analyse de l'huile essentielle de Melanthera madagascariensis Baker (Asteracées). Structure chimique d'un isolat*. Mémoire de DEA, Chimie Organique « Produits Naturels », Facultés des sciences, Université d'Antananarivo.
- 24- Ralambomanana, D.A. (2001). *Contribution à l'étude chimique de Senacio myricaefolius Bojer (Compositae). Composition chimique de l'huile essentielle. Insaponifiable et alcaloïdes totaux*. Mémoire de DEA, Chimie Organique « Produits Naturels », Facultés des sciences, Université d'Antananarivo.
- 25- Ramanandraibe, V. (1995). *Contribution à l'étude des huiles essentielles des fruits et des feuilles de Pittosporum viridiflorum viridiflorum (Pittosporaceae)*. Mémoire de DEA, Chimie Organique « Produits Naturels », Facultés des sciences, Université d'Antananarivo.
- 26- Ramaninjafy, R. (1982). *Etude de quelques espèces d'eucalyptus et leurs huiles essentielles, application du graphite*. Mémoire de fin d'études, Département Génie Chimique, ESPA, Université d'Antananarivo.

- 27- Ramaroson, J.D. Ravoavy, J.N. (1988). *Etude des huiles essentielles des deux arbres des côtes malgaches : Hernadia voyroni e Vepris elliotii*. Mémoire de fin d'études, Département Génie Chimique, ESPA, Université d'Antananarivo.
- 28- Ramiarantsoa, H., Rafaramalalanirina, V.J. (1987). *Contribution à l'étude de quelques huiles essentielles des hauts plateaux*. Mémoire de fin d'études, Département Génie Chimique, ESPA, Université d'Antananarivo.
- 29- Ramilijaona, A.N.H. (1996). *Production industrielle de l'huile essentielle de tagetes bipinata L de Madagascar, campagne 1996. Analyse des données industrielles. Contribution à l'étude chimique de l'huile essentielle de Erigeron naoudinii Bonnier de Madagascar*. Mémoire de DEA, Chimie Organique « Produits Naturels », Facultés des sciences, Université d'Antananarivo.
- 30- Ranaivoson, V.V. (1995). *Contribution à l'étude de l'huile essentielle de Tagetes bipinata (Compositées) de Madagascar : intérêt industriel*. Mémoire de DEA, Chimie Organique « Produits Naturels », Facultés des sciences, Université d'Antananarivo.
- 31- Randraïamanantena, A.A.I. (1992). *Approche technico-économique de l'extraction industrielle de cannele écorce : Cinnamomum zeylanicum (Lauraceae)*. Mémoire de fin d'études, Département Génie Chimique, ESPA, Université d'Antananarivo.
- 32- Randrianalison, J.V. (1995). *Contribution à l'étude de l'huile essentielle de longoza (Hedichium coronarium) de Madagascar : variabilité de la composition chimique selon les zones de récolte*. Mémoire de fin d'études, Département IAA, ESSA, Université d'Antananarivo.
- 33- Randrianambinintsoa, S. (1995). *Contribution à l'étude chimique de l'huile essentielle d'une plante de Madagascar. Pittosporum verticillatum verticillatum (Pittosporaceae)*. Mémoire de DEA, Chimie Organique « Produits Naturels », Facultés des sciences, Université d'Antananarivo.
- 34- Ranivoarisata, L.E. (1998). *Contribution à l'étude de la composition chimique de trois plantes de Mananara Nord : Melaleuca viridiflora, deux Eugenia emirnensis (Myrtaceae). Isolement du 1,8-cinéol à partir de l'huile essentielle de M. viridiflora*. Mémoire de DEA, Chimie Organique « Produits Naturels », Facultés des sciences, Université d'Antananarivo.

- 35- Raobelison, F.J.L. (2004). *Contribution à l'étude de la variabilité qualitative et quantitative de l'huile essentielle de Ravensara aromatica Sonnerat dans la région de Betanimainty*. Mémoire de fin d'études, Département IAA, ESSA, Université d'Antananarivo.
- 36- Rasendrasoa, H. Rakotomavo, L.P. (1986). *Détermination du bilan d'un extracteur Quart de grand, Etude de l'extraction de l'huile essentielle de santal de Madagascar*. Mémoire de fin d'études, Département Génie Chimique, ESPA, Université d'Antananarivo. (49)
- 37- Rasoamanoro, F. (1996). *Contribution à la caractérisation des huiles essentielles de Rhus taratana (Daker) dans la réserve spéciale d'Ambohitantely-Ankazobe. Etude de la variabilité de la composition chimique*. Mémoire de fin d'études, Département IAA, ESSA, Université d'Antananarivo.
- 38- Rasoanaivo, R.A. (1995). *Contribution à l'étude chimique de l'Artémisia annua Linné (Asteracées) de Madagascar : composition chimique des huiles essentielles des parties aériennes et des fleurs. Dosage et isolement de l'Artémisinine*. Mémoire de DEA, Chimie Organique « Produits Naturels », Facultés des sciences, Université d'Antananarivo.
- 39- Ratovoarivelo, L.T. (1998). *Contribution à l'étude analytique des huiles essentielles d'agrumes*. Mémoire de fin d'études, Département IAA, ESSA, Université d'Antananarivo.
- 40- Ratsimanohatra, B. (2001). *Contribution à l'étude de la variabilité de la composition chimique de l'huile essentielle de 'Hélychrysum gymnocaphalum : Analyse des résultats statistiques*. Mémoire de fin d'études, Département IAA, ESSA, Université d'Antananarivo.
- 41- Raveloson, (1995). *Méthodologie d'analyse et la formulation d'arômes, valorisation de quelques huiles essentielles malgache en tant que matières aromatisante pectorales*. Mémoire de fin d'études, Département IAA, ESSA, Université d'Antananarivo.
- 42- Ravokatra, S. (1996). *Etude des deux espèces de menthe : Mentha spicata L. de Madagascar et Mentha pulégium L. du Maroc en vue de la détermination des compositions des huiles essentielles de capsicum de Madagascar*. Mémoire de DEA, Chimie Organique « Produits Naturels », Facultés des sciences, Université d'Antananarivo.

- 43- Razafindrabe, M.A.A. (2004). *Contribution à l'étude de l'activité antimicrobienne de l'huile essentielle de clous d'Eugénia aromatica*. Mémoire de DEA « Biotechnologie-Microbiologie », Facultés des sciences, Université d'Antananarivo.
- 44- Razafindrakoto, (1994). *Contribution à l'inventaire des plantes aromatiques et médicinales à valeurs économique et à l'étude de quelques huiles essentielles de Vakinankaratra*. Mémoire de fin d'études, Département IAA, ESSA, Université d'Antananarivo.
- 45- Razafindrakoto, H. Randrianasolo, C. P. (1989). *Etude des constituants organiques de l'huile essentielle de poivre par couplage CPG/SM*. Mémoire de fin d'études, Département Génie Chimique, ESPA, Université d'Antananarivo.
- 46- Razafindralaha, D.J.C. (1982). *Etude de quelques eucalyptus et composition de leurs huiles essentielles*. Mémoire de fin d'études, Département Génie Chimique, ESPA, Université d'Antananarivo.
- 47-Razafindramiarana, H. (1985). *Contribution à l'étude de l'huile essentielle de la cannelle*. Mémoire de fin d'études, Département IAA, ESSA, Université d'Antananarivo.
- 48- Roger, M. A. (1992). *Contribution à l'étude chimique, bromatologique et aux propriétés médicinales d'Elionurus tristis Hack*. Mémoire de fin d'études, Département AGRI, ESSA, Université d'Antananarivo.
- 49- Vognono, F. Ranivoarisoa, H. (1987). *Contribution à l'étude de l'huile essentielle : concrètes et absolues des plantes aromatiques de Madagascar*. Mémoire de fin d'études, Département Génie Chimique, ESPA, Université d'Antananarivo.

ANNEXE

Constituants chimiques de *Lantana camara*

Constituants	Concentration (%)
α -pinène	1,74
camphène	0,58
β -pirène + sabunène	5,17
A ₃ -carène	0,88
myrcène	1,77
limonène	1,88
1,8-cinéol	2,31
β -ocumène	3,97
pymène	1,36
terpinolène	0,56
camphène	0,51
acétate de bornyle	1,36
linalol	4,45
β -caryophyllène	16,27
α -lumlène	14
germacrène D	0,33
calamenène	4,88
β -ionone	2,44
δ -cadinène	3,41
alcadiénal	1,26
δ -cadinol	0,93
α -cadinol	0,85
spatulénol	1,07
davanone	10,54
eugénol	3,83

Constituants chimiques de *Citrus limonum* risso

Constituants	Concentration (%)
α -copaène	0,29
linalol	2,28
β -caryophyllène	9,75
germacrène D	0,05
nérol	0,23
géoraniol	0,20
eugénol	0,12
α -cadénol	0,31
δ -endésmol	0,20
EE farnésol	1,39

Constituants chimiques de *Hedychium coronarum*

Constituants	Concentration (%)
1,8-cinéol	0,44
α -copaène	1,46
linalol	21,94
β -caryophyllène, α -terperéol,	0,27
germacrène D	13,19
δ -cadinène	0,30
nérol	0,40
géraniol	
alcool benzylique	1,39
alcool phényléthyllique	1,44
eugénol	0,66
α -cadénol	0,32
EE farnésol	0,44

Constituants chimiques de *Cinnamomum zeylarium*

	Constituants	Concentration (%)
Feuilles sèches	α -pinènes	0,76
	camphène	2,12
	phénylpropanol	0,94
	linalol	2,41
	β -caryophyllène	0,91
	aldéhyde cirramique	0,78
	eugénol	37,39
	benzoate de benzyle	53,38
Feuilles vertes	α -pinènes	0,77
	phénylpropanol	1,04
	linalol	0,69
	β -caryophyllène	0,73
	aldéhyde cirramique	1,43
	eugénol	89,23
	acétate d'eugényle	0,54
	benzoate de benzyle	5,5
Ecorce blanche	camphène	0,23
	β -pinène	0,19
	Limonène	0,16
	β -phéllandrène	0,36
	γ -terpinène	0,57
	p-cimène	2,19
	Térpirolène	3,76
	Nonylaldéhyde	0,32
	Linalol	4,16
	β -Caryophyllène	1,71
	safrole	0,23

	α -terpinèol Alcool benzilyque Alcool phényléthanylique Aldéhyde cirramique Acétate de cirranyle Eugénol Acétate d'eugényle Muurolol Acétate de EE farnésyle EE farnésol Benzoate de benzyle	0,60 0,20 0,55 34,27 10,16 14,78 0,28 0,21 0,16 0,30 20,11
Ecorce oxydée	α -pinène Camphène β -pinène α -phéllandrène A ₃ -carène Limonène δ -torpirène p-cimène Nonylaldéhyde Linalol β -Caryophyllène α -terpinèol Alcool benzilyque Alcool phényléthanylique Aldéhyde cirramique Acétate de cirranyle Eugénol Acétate d'eugényle Muurolol EE farnésol Benzoate de benzyle	0,56 0,41 0,36 0,80 1,10 5,17 0,33 5,00 0,16 5,39 1,68 0,80 0,17 0,22 45,49 7,18 17,52 0,21 0,18 0,39 4,15
Cannelle Fénériver	α -phéllandrène Limonène p-cimène Nonylaldéhyde Linalol β -Caryophyllène Aldéhyde cinnamique Acétate de cinnamyle Eugénol Benzoate de benzyle	2,37 2,06 5,70 3,62 2,45 13,82 22,40 2,54 25,40 7,70

Constituants chimiques d'*Eucalyptus longifolia*

Constituants	Concentration (%)
α -pinènes	5,53
Camphène	10,22
β -pinène/sabinène	20,21
Myrcène	1,62
1,8-cinèol	50,67
α -terpinèol	2,80

Constituants chimiques d'*Eucalyptus crebra*

Constituants	Concentration (%)
Trycyclène	26,56
α -pinènes	39,22
Camphène	3,73
β -pinène	7,30
Myrène	14,72
1-8 cirèoles	8,45

Constituants chimiques d'*Eucalyptus properqua*

Constituants	Concentration (%)
α -phellandrène	2,26
1,8-cinèol	59,06
β - phellandrène	6,38
p-cimène	22,43
α -terperéol	1,20
bornéol	0,90

Constituants chimiques d'*Eucalyptus hemiphloia*

Constituants	Concentration (%)
Trycyclène	8,40
α -pinènes	4,14
β -pinènes, Myrcène	0,86
α -phellandrène	2,31
1,8-cinèol	75,33
β - phellandrène	4,23
α -terpenèol	1,12

Constituants chimiques d'*Eucalyptus resinifera*

Constituants	Concentration (%)
Trycyclène	14,63
Sabinène	0,40
α -phellandrène	0,75
1,8-cinèol	68,39
p-cymène	8,12
Hydrocarburesabirène cis	1,14
Terpinéol	3,28
Bornéol	2,09

Constituants chimiques d'*Eucalyptus radiata*

Constituants	Concentration (%)
Trycyclène	1,92
α -pinènes	0,62
β -pinènes	7,75
Myrène	0,64
1,8-cinèol	60,57
δ -torpirène- p-cymène	4,47
Hydrocarburesabirène cis	1,23
Torpenéol-4	5,57
α -terpenéol	3,82
Acétate de terpenyle	2,03
Bornèd	5,73
Elémène	0,45

Constituants chimiques d'*Eucalyptus lindleyana*

Constituants	Concentration (%)
Trycyclène	4,33
α -pinènes	0,41
β -pinènes	16,88
Sabirène	1,43
Myrène	5,10
α -phellandrène	1,55
1,8-cinèol	11,41
linalol	1,45
Hydrocarburesabirène cis	1,81
Torpenéol-4	3,98
Acétate de terpényle	0,68
α -terpenéol	0,17
Bornéol	7,53
Elémène	19,24
Pipéritone	23,90

Constituants chimiques d'*Eucalyptus albens*

Constituants	Concentration (%)
Trycyclène	8,44
α -pinènes	14,27
β -pinènes	0,97
Limonène, 1,8-cinéol, α -phellandrène	31,93
p-cymène	3,58
Hydrocarburesabirène cis	0,48
Acétate de terpényle	1,09
Bornéol	7,65
Géranial	2,30
Géraniol	0,27

Constituants chimiques d'*Eucalyptus capitullata*

Constituants	Concentration (%)
Trycyclène	2,71
α -pinènes	1,00
Camphène	2,13
β -pinènes	2,79
α -phellandrène	4,21
1,8-cinéol, phellandrène	79,47
γ -terpinène	2,09
Linalol	2,71
Acétate de terpenyle	1,22
Piperitone	1,62

Constituants chimiques d'*Eucalyptus leucoxylon*

Constituants	Concentration (%)
α -pinènes	17,02
β -pinènes	1,42
Sabirène	1,85
Myrène	4,7
α -phellandrène	2,05
1,8-cinéol, β -phellandrène	49,07
p-cymène	3,31
linalol	0,87
Hydrocarburesabirène cis	0,79
Terpinéol-4	0,91

Constituants chimiques d'*Eucaliptus cinerea*

Constituants	Concentration (%)
α -phellandrène	9,08
1,8-cinèol	73,55
δ -terpinène	2,66
Bornéol	4,62

Constituants chimiques d'*Eucaliptus globulus*

Constituants	Concentration (%)
α -pirène	16,03
β -pirène	1,45
Myrlène	0,92
1,8-cinèol	73,05
δ -terpinène	5,12
Globulol	1,39

Constituants chimiques de *Eucalyptus macarthurii*

Constituants	Concentration (%)
α -pinène	1.47
Limonène	2.47
1-8 cinéole	7.74
p-cymène	6.29
Acétate de géranyle	78.92

Constituants chimiques de *Eucalyptus Globulus*

Constituants	Concentration (%)
α -pinène	10.20
Limonène	0.63
1-8 cinéole	84.64
p-cymène	0.78

Constituants chimiques de *Eucalyptus marcorrhynca*

Constituants	Concentration (%)
α -pinène	5.22
Limonène	14.96
1-8 cinéole	36.49
p-cymène	32.71

Constituants chimiques de *Eucalyptus lyndleyana*

Constituants	Concentration (%)
α -pinène	4.04
Limonène	21.79
1-8 cinéole	7.12
p-cymène	11.76
Piperitone	48.48

Constituants chimiques de *Eucalyptus Radiata Sieber*

Constituants	Concentration (%)
α -pinène	3.15
Limonène	21.79
1-8 cinéole	9.15
p-cymène	9.15

Constituants chimiques de *Eucalyptus Robusta Angavokely*

Constituants	Concentration (%)
α -pinène	76.48
β -pinène	7.8
Limonène	-
cinéol 1-8	2.69
p-cimène	1.43
Carvone	-
Citronellale	20.40

Constituants chimiques de *Eucalyptus grandis*

Constituants	Concentration (%)
α -pinène	36.29
β -pinène	4.7
Limonène	-
Cinéol 1-8	26.38
p-cimène	9.32
Carvone	-
Citronellale	23.36

Constituants chimiques de *Eucalyptus viminalis*

Constituants	Concentration (%)
α -pinène	6.06
β -pinène	0.8
Limonène	0.84
Cinéol 1-8	29.32
p-cimène	59.78
Carvone	-
Citronellale	3.2

Constituants chimiques de *Eucalyptus robusta*

Constituants	Concentration (%)
α -pinène	37.28
β -pinène	3.66
Limonène	3.07
Cinéol 1-8	48.44
p-cimène	1.96
Carvone	-
Citronellale	5.59

Constituants chimiques de *Eucalyptus punctata*

Constituants	Concentration (%)
α -pinène	11.57
β -pinène	0.16
Limonène	0.77
Cinéol 1-8	80.02
p-cimène	1.95
Carvone	-
Citronellale	5.53

Constituants chimiques de *Eucalyptus dives*

Constituants	Concentration (%)
α -pinène	9.57
β -pinène	1.00
Limonène	5.46
Cinéol 1-8	58.91
p-cimène	9.87
Carvone	-
Citronellale	15.19

Constituants chimiques de *Eucalyptus eugenoides*

Constituants	Concentration (%)
α -pinène	1.87
β -pinène	2.62
Limonène	2.78
Cinéol 1-8	62.10
p-cimène	1.81
Carvone	-
Citronellale	28.82

Constituants chimiques de *Eucalyptus obtusiflora*

Constituants	Concentration (%)
α -pinène	2.06
β -pinène	0.3
Limonène	5.26
Cinéol 1-8	75.20
p-cimène	7.62
Carvone	1.4
Citronellale	8.16

Constituants chimiques de *Eucalyptus citriodora*

Constituants	Concentration (%)
α -pinène	0.13
β -pinène	0.15
Limonène	-
Cinéol 1-8	0.76
p-cimène	0.0
Carvone	11
Citronellale	12.03

Constituants chimiques de *Hernandia voyroni*

Constituants	Concentration (%)
Cinéol	
Limonène	5.7
Linalol	0.7
Bornéol	0.5
Myrtonal	1.6
α -terpinéol	0.6
Aldéhyde périllique	78.60
Alcool péryllique	1.10
Eugenol	1.70

Constituants chimiques de *Vepris elliotii*

Constituants	Concentration (%)
α -thujène	0.4
α -pinène	0.7
Sabinène	2.1
β -pinène	1.4
Myrcène	1.0
p-cymène	1.3
Hydrate de sabinène	0.2
Linalol	1.4
Terpinéol	1.0
Méthylchavicol	42.6
Méthyleugenol	0.3
β -caryophyllène	56.3
Oxyde de caryophyllène	1.8
β -eudesmol	4.8

Constituants chimiques de *Helichrysum gymnocephalum*

Constituants	Concentration (%)
α -pinène	8.84
Camphène	12.15
β -pinène	1.30
Myrcène	0.63
Limonène	4.02
Cineole	25.55
α -terpinène	2.06
p-cymène	4.12
Linalol	1.29
β -caryophyllène	8.93
Isopulégol	1.19
α -humulène	13.20
Terpinéol	41.16
Germacrène D	0.93
α -terpinéole	2.83
α -murolène	0.59
δ -cadinène	

Constituants chimiques de *Cinnamomum camphora*

Constituants	Concentration (%)
α -pinène	5.5
Camphène	15.9
β -pinène	1.6
Myrcène	0.9
β -phellandrène	59.9
δ -terpinène	3.8
p-cymène	0.4
Terpinolène	0.9
Linalol	0.5
β -caryophyllène	1.8
Terpinéol	0.3
Acétate de terpényle	0.7

Constituants chimiques de *Piper nigrum* L.

Constituants	Concentration (%)
α -pinène	16.3
Camphène	1.0
β -pinène	15.7
Myrcène	2.8
α -phellandrène	0.60
δ -carène	12.7
p-cymène	3.0
Limonène	25.9
β -caryophyllène	4.3
α -humulène	1.8
α -muurolène	1.2
Linalol	0.7
Terpinéol	1.1
Eugenol	4.2
Caryophyllène oxyde	2.4

Constituants chimiques de *Géranium Pelargonium*

Constituants	Concentration (%)
Cis-roseoxyde	1.046
Trans-roseoxyde	0.410
Isomenthone	6.26
Linalol	4.34
β -caryophyllène	1.596
Curaiadiène-6,9	7.016
Formiate de citronellyle	10.375
α -terpinéol	1.936
Formiate de géranyle	7.07
Citronnellol	23.361
Géraninol	16.993

Constituants chimiques de *Clous de girofle*

Constituants	Concentration (%)
Heptanone -2	0.06
Nonanone	0.06
β -caryophyllène	2.3
Salicylate de méthyle	0.45
Oxyde de caryophyllène	0.006
Eugenol	81.1
Acétate d'eugényle	15.3
Acétate d'isoeugényle	0.2

Constituants chimiques de Cinnamomum zeylanicum

constituants	Ecorce non gratté lourde(%)	Ecorce non gratté légère(%°	Ecorce gratté (%)	Ecorce proche pied (%)
α -pinène	3.1	2.0	1.1	2.5
Camphène	1.2	0.7	0.5	1.3
β -pinène	0.9	0.6	0.5	1.3
α -phéllandrène	1.2	0.2	0.1	0.3
β - phéllandrène	1.2	1.5	0.4	1.6
α -terpinène	1.9	0.7	0.4	0.7
1-8 cinéole	2.2	0.9	1.3	3.1
linalol benzaldéhyde	0.8	0.4	0.7	2.0
camphre	6.6	1.3	7.3	37.5
β -caryophyllène	6.0	2.0	1.3	1.5
α -humulène	8.6	2.3	6.4	
cinnamaldéhyde	26.1	60.7	33.7	24.8
acétate de cinnamyle	4.0	12.6	29.4	24.8
eugénol	0.9	2.0	2.6	1.9
acetate d'eugényle	0.6	0.6	0.6	1.9

Constituants chimiques d' *Eugenia caryophyllus*

constituants	%
Héptanone-2	0.06
Nonanone	0.06
β -caryophyllène	2.3
Salicilate de méthyle	0.45
Oxyde de caryophyllène	0.006
Eugénole	81.1
Acétate d'eugényle	15.3
Acétate d'iso eugényle	0.2

Constituants chimiques de *Citrus sinensis*, de *Citrus reticulata*, de *Citrus lemon*, de *citrus aurantifolia*, de *Citrus grandis* et de *Citrus hystrix*.

<u>Composition</u>	<u><i>Citrus sinensis</i></u>	<u><i>Citrus reticulata</i></u>	<u><i>Citrus lemon</i></u>	<u><i>citrus aurantifolia</i></u>	<u><i>Citrus grandis</i></u>	<u><i>Citrus hystrix</i></u>
Camphène	+	+	-	-	+	+
p-cimène	+	+	+	+	+	+
limonène	+92%	+88.89%	+92.84%	+79.37%	+78.62%	+
myrcène	+	+	+	+	+	+
α -phellandrene	+	-	+	+	+	+
β -phellandrène	+	+	+	+	+	+
α -pinène	+	+	+	+	+	+
β -pinène	+	+	+	+	+	+
sabinène	+	+	-	+	+	+
α -terpinène	+	+	-	+	+	+
γ - terpinène	+	-	-	+	+	+
terpinolène	+	+	+	+	+	+
α -humulène	+	+	-	+	+	+
valencène	+	-	-	-	-	-
cis-carvéol	+	+	-	+	-	+
citronellol	+	+	+	+	-	+
géraniol	+	-	+	+	-	+
isopulégol	+	-	-	+	-	-
linalol	+	+	+	+		+
nérol	+	+	+	+		-
alpha-terpinèol	+	+	-	+		+
bornéol	+	+	-	-		+
terpinène-4-ol	+	+	+	+	+	1-ol et 4-ol
farnésol	+	+	cis-cis	-	-	-
β -nérolidol	+	+	-	+	+	+
octanol	+	+	+	+	+	-
1-8-cinéol	+	-	-	-	+	-
décanol	-	+	+	-	-	-
citronellal	+	-	-	+	-	+
décanal	+	+	+	+	+	+
dodécanal	+	-	-	+	+	-
n- dodécanal	+	-	-	-	-	-
furfural	+	+	-	+	+	+
géraniol	+	+	+	+	-	+
heptanal	+	-	-	+	+	-
néral	+	+	-	+	-	+
nonanal	+	-	-	+	-	-
octanal	+	-	+	+	-	-
carvone	+	+	-	+	+	+
pipéritone	+	+	-	+	-	+
acétate de linalyle	+	+	+	+	+	+
acétate de néryle	+	-	-	+	+	-
acétate de géranyle	-	+	-	+	+	-
cis-ocimène	-	+	+	-	-	-
trans- carvéol	-	+	+	+	-	-
thymol	-	+	+	-	-	-
n-nonan-2-ol	-	+	-	-	-	-
β -caryophyllène	-	+	+	+	+	+
n-héptanol	-	-	+	-	-	+
α -cadinène	-	-	-	+	+	-
γ -cadinène	-	-	-	+	-	-
α -élémente	-	-	-	+	-	-
undécanol	-	-	-	+	-	-
n-nonanal	-	-	-	+	-	-
acétate de citronellyle	-	-	-	+	-	-
acétate de t.c.farnésyle	-	-	-	+	+	-
trans-trans-farnésol	-	-	-	-	+	-
acétate de t.t. farnésyle	-	-	-	-	+	-

Constituants chimiques de : *Malaleuca viridiflora*, *Emirnensis Ratrosalalavaravina* et *Emirnensis Ratromadinindravina*

Constituants	Malaleuca viridiflora	emirnensis Ratrosalalavaravina	emirnensis Ratromadinindravina
α -pinène	7.72	6.86	0.23
β -pinène	2.59	5.42	0.18
Sabinène		0.55	
α -phellandrène		0.44	
Limonène	6.26	3.10	
1,8-cinéol	55.40	0.58	
p-cymène	0.10	1.19	
α - cubabène		0.21	
linalol		1.59	0.70
β -caryophyllène	1.03	0.52	0.80
β -copaène		0.34	0.23
benzoate de méthyle		2.1	1.55
alpha_humulène	0.32	t	t
sabinol		5.07	2.80
gama-murolène		1.00	0.65
bornéol		0.53	0.30
germacrène D		t	0.39
α - terpinéol	12.30	1.45	0.25
t-verbénone		1.14	0.44
acétate de benzyle		4.16	2.14
acétate de geranyle		1.24	t
calaménène		0.26	t
myrténol		4.65	1.89
géraniol		0.29	0.08
ledol		2.24	4.93
oxyde de caryophyllène		4.50	5.35
eugénol		1.35	1.13
acétate de farnésyle		2.86	5.12
acétate d'eugénule		1.64	13.78
viridiflorol	8.69		
trans nérolidol	0.29		
gama-terpinène	0.76		

Constituants chimiques de *Vepris : Leandriana, Nitida*

Constituants	leandriana	nitida
α -pinène	T	0.62
α -thujène		t
Sabinène	0.10	0.07
α -terpinène	4.69	2.37
Limonène + beta- caryophyllène		1.34
1,8-cineol		1.55
cis-ocimène		0.36
p-cymène		0.12
Terpinolène		2.01
Linalol	1.49	2.26
β -caryophyllène	0.13	0.12
Estragol		58.48
Cotral B	21.71	0.19
α -terpinéol	0.09	0.19
Citral A	33.01	0.17
Citronéol	33.23	
t-anéthol		19.38
méthyleugénol		3.44
viridiflorol		2.46

Constituants chimiques de *Pittosporum*

Constituants	HE fruits	HE feuilles
α -pinène	17.55	0.70
Camphène	0.06	
β -pinène	15.87	0.06
Sabinène	18.78	0.59
Myrcène	2.63	0.10
α -terpinène	0.06	
Limonène	0.69	
α -phellandrène	2.04	0.06
Cis-ocimène	0.10	
γ -terpinène	0.68	
Trans-ocimène	0.30	
p-cimène	0.91	0.12
Tepinolène	0.21	
α -copaène	0.72	0.30
α -cubébène	0.29	0.14
α -bergamotène	0.47	3.44
β -caryophyllène	0.87	2.16
α -humulène	0.33	1.43
E-cadinène	t	0.20
Germacène D	1.23	2.38
Gama-cadinène	5.83	11.42
Linalol	t	0.10
Terpinèn-4-ol	4.45	0.30
α -terpinéol	0.42	1.26
t-nerolidol	0.25	0.72
δ -cadinol	0.63	6.71
α -cadinol	0.06	1.26
γ -cadinol	4.08	17.3
t-muurolol	0.29	1.24

Constituants chimiques de : *Rota, Thouvenotii, Trichaphylla*

Constituants	rota	thouvenotii	trichaphylla
α -pinène	2.63	0.34	
Camphène	0.38	0.14	
β -pinène	0.48		
Myrcène	1.43	0.37	
α -phellandrène	0.53		0.13
α -terpinène	1.16		
Limonène	4.45	0.14	
β -phellandrène	1.16	0.20	
Meta-cymène	1.49	0.15	
α -cubébène	0.61	5.71	1.16
Aristolène			0.19
α -copaène	4.32	4.16	0.76
Linalol	0.14	0.62	0.70
Gérmacrène D			1.12
α -cendrène	1.00		
Beta-caryophyllène	5.05	11.02	6.83
α _humulène	4.57	7.14	2.84
α -muurolène	0.60	10.53	0.53
Acétate de géranyle		3031	0.11
Cadinène	delta 3.29	gama 7.71	gama 1.46
Oxyde de caryophyllène	0.39	1.78	1.69
Elémol	23.16	0.85	20.86
α -eudesmol	4.18	1.33	8.86
α -cadinol	0.78	0.55	0.73
Thymol	0.68		2.44
Stéréoisomère de Alphaeudesmol	6.29		5.73
Eudésmol	4.95	2.29	11.23

Constituants chimiques de *Artémisia*

Constituants	Concentration
α -pinène	0.59
Camphène	1.59
β -pinène	1.18
Sabinène	1.89
Myrcène	3.14
α -terpinène	0.96
Limonène	0.57
1,8-cinéol	14.82
gama-terpinène	2.40.
p-cymène	2.21
Terpinolène	0.48
Camphre	18.07
Linalol	1.43
β -caryophyllène	2.82
Terpinèn-4-ol	0.72
Benzoate de méthyle	0.47
α -humylène	0.47
Bornéol	3.67

Constituants chimiques de *Pittosporum*

Constituants	Concentration
α -pinène	26.35
β -pinène	2.48
Myrcène	0.55
D-Limonène	0.25
para-cymène	0.26
δ -élémente	3.58
α -copaène	0.82
Linalol	0.11
β -élémente	0.37
Trans-pinocarvéol	0.14
Patchoulène	4.78
α -humulène	0.55
Trans-verbénol	0.13
α -amorphène	10.95
Géranial	0.09
Gérmacrène d	3.16
α -muurolène	1.34
Méthylsalicylate	1.25
γ -cadinène	0.64
δ -cadinène	1.35
Calaménène	0.20
Spathuléol	1.53
Oxyde de caryophyllène	0.36
Oxyde d'humulène	0.23
Elémol	1.24
Globulol	0.25
Trans-cadinol	0.76
α -cadinol	0.44
δ -cadinol	0.43
Eudésmol	5.27
Longifolénaldéhyde	1.27

Constituants chimiques de *Tagetes bipinata*

Constituants	Concentration
α -pinène	0.17
Sabinène	0.59
Limonène	5.21
1,8-cinéol	0.09
Cis-ocimène	31.54
Trans-ocimène	0.42
Terpinolène	0.08
Myrcénone	11.07
Cis-tagétone	1.53
Trans-tagétone	6.08
Beta-caryophyllène	1.08
α -humulène	0.47
Cis-tagéténone	6.64
α -terpinéol	0.68
Trans-tagéténone	7.41

Constituants chimiques de *Piper nigrum*

Constituants	Concentration
α -thujène	0.55
α -pinène	0.89
Camphène	1.28
Sabinène	7.38
β -pinène	0.16
Myrcène	1.29
α -terpinène	1.83
Para-cymène	0.38
1,8-cinéol	2.56
Limonène	
Gama-terpinène	2.27
Trans-ocimène	
β -phellandrène	
Terpinolène	
Linalol	
Terpinène-4-ol	
Neral	
Géranial	
Safrol	
Eugénol	
α -copaène	
β -caryophyllène	
α -humulène	
Germacrène D	
β -cétinène	
γ -cadinène	
δ -cadinène	

Constituants chimiques de *Isolona*

α -pinène, β -pinène, Myrcène, α -phellandrène, Limonène, γ -terpinène, p-cymène, α -ylangène, α -copaène, α -cendène, β -caryophyllène, α -humulène, lédène, germacrène D, γ -cadinène, calaménène, Fenchol, alpha-terpinéol, piperitone, Epoxyde de caryophyllène, β -nérolidol, Globulol, Viridiflorol, Acétate de trans unnamyle, Thymol, α -eudesmol, β -eudesmol

Constituants chimiques de *Pittosporumviridiflorum*

Constituants	Concentration
α -pinène	11.24
Camphène	t
β -pinène	10.63
Sabinène	16.45
Myrcène	2.81
α -terpinène	0.41
Limonène	1.51
β -phellandrène	1.94
Cis-ocimène	t
Terpinolène	0.25
γ -Terpinène	0.76
Trans-ocimène	0.44
α -cubébène	t
α -copaène	1.10
β -élémente	1.04
β -caryophyllène	1.38
α -humulène	0.44
γ -muurolène	0.42
Germacrène D	8.40
α -muurolène	2.89
δ -cadinène	9.93
γ -cadinène	0.30
Linalol	t
Terpinèn-4-ol	2.61
α -terpinéol	0.19
t-nérolidol	1.79
δ -cadinol	1.26
α -cadinol	2.93
γ -cadinol	0.61
t-muurolol	8.15
n-octanal	t
n-nonanal	0.28
n-décanal	8.15

Constituants chimiques d' *Cinnamum camphora*

α –pinène, Camphène, β –pinène, Sabinène 14.056%, Myrcène, α –terpinène, β –cadinène, Terpinène, β -ocimène, p-cimène, terpinolène, α –humulène, β -cadinène, 1-8 cinéole 57.59%, terpinèn-4-ol, α -terpinéol 10.76%.

Constituants chimiques d' *Eucalyptus citriodora*

Citronellal 73.7.%, β –pinène, α –pinène, 1-8 cinéole, Camphène, Acétate d'isopulegole, Formiate de citronéllyle, α –terpinéol, neo-isopulégol, isopulégole, Citronellol 10.76%

Constituants chimiques de *Pinus kesia*

Tricyclène, α -pinène 17.53%, Camphène, Sabinène, Myrcène, α -terpinène, Limonène 12.81%, β -phellandrène 20.73%, Gama-terpinène, β -ocimène,

,Terpinolène α -copaène, β -caryophyllène 17.63%, α -humulène, germacrène D 12.74%, γ -cadinène, camphre, α -terpinéol.

Constituants chimiques de *Coriandrum sativum* L.

α -pinène, Camphène, β -pinène, Sabinène, Myrcène, α -terpinène, Limonène, β -phellandène, Cis-beta-ocimène, γ -terpinène, p-cimène, terpinolène, n-tetradécane, cis-oxyde de linalol, camphre, linalol, β -caryophyllène, terpinène-4-ol, 2-décanal, Bornéol, α -terpinéol, Acétate de géranyle, 1-dodécanol, citronellol, nérol, acetate de néryle, tridécanal, géraniol, 2-undécenal, Ac-but-3-hex, Ac-tetradec-ME, Acide octanique, Cis-3-but-hex, Ac-hexa-déc-ME, Acide décanoïque, 6-méthyldocosane, Ac-octa-déca-ME.

Constituants chimiques de : *Ocimum basilicum* L.

α -pinène, camphène, β -pinène, sabinène, myrcène, limonène, β -phellandène, 1,8-cinéol, cis- β -ocimène, trans- β -ocimène, p-cimène, nèoalloocimène, fenchone, acétate de fenchine, camphre, linalol, β -caryophyllène, trans- α -bergamotène, acétate de bornyle, méthylchavicol, α -humulène, α -terpinéol, α -amorphène, terpinène-4-ol, γ -guaïène, alcoolphényléthylique, méthyleugénol, anysaldéhyde, nérolidol, p-méthoxyphénylacétaldéhyde, p-méthoxyphénylpropan-2-one, eugénol

Constituants chimiques de *Helichrisum gymnocaphalum*

α -pinène, β -pinène, sabinène, β -myrcène, α -phellandène, α -terpinène, 1,8-cinéol, γ -terpinène, p-cymène, linalol, β -caryophyllène, terpinène-4-ol, α -humulène, viridiflorène, α -terpinéol, β -sélinène, δ -cadinène, oxyde de caryophyllène

DEUXIÈME PARTIE

Deuxième partie : Rappel bibliographique

Chapitre III: Méthode d'étude préliminaire d'une plante : Criblage phytochimique

III.1- Criblage des Alcaloïdes-----	42
III.2- Criblage des Flavonoïdes et Leucoanthocyanes-----	44
III.3- Criblage des Anthraquinones-----	46
III.4- Criblage des saponines -----	48
III.5- Criblage des Stérols insaturés et des Triterpènes -----	48
III.6- Criblage des Polysaccharides-----	50
III.7- Criblage des Hétérosides cyanogènes -----	50
III.8- Criblage des Tanins et Polyphénols. -----	51
III.9- Criblage des Cardénolides et des Bufadiénolides -----	52

Chapitre IV : Les huiles essentielles

IV.1- Composition chimique des huiles essentielles -----	54
IV.2- Les procédés d'extraction des huiles essentielles -----	56
IV.2.1- Distillation à la vapeur d'eau -----	56
Hydrodistillation -----	56
Hydrodiffusion -----	56
Entraînement à la vapeur-----	56
IV.2.2- Expression à froid-----	56
IV.2.3- L'enfleurage ou macération -----	57
Enfleurage à froid-----	57
Enfleurage à chaud -----	57
IV.2.4- Extraction au solvant volatil -----	58
IV.2.5- Extraction au CO ₂ super critique-----	58
IV.3- Méthodes chromatographiques -----	59
a) Analyse en ccm-----	59
b) Fractionnement par clbp -----	61
c) Analyse en cpg-----	63

Chapitre V : Généralités et travaux antérieurs sur *Vetiveria zizanioides* Stapf

V.1- Généralités sur <i>Vetiveria zizanioides</i> Stapf-----	67
V.1.1- Données botaniques-----	67
a)- Systématique botanique-----	67
b)- Description botanique-----	67
V.2- Travaux antérieurs sur huile essentielle de <i>Vetiveria zizanioides</i>	
Stapf -----	73
V. 2.1- données bibliographiques -----	73
V. 2.1.1 - Culture du <i>Vetiveria zizanioides</i> Stapf-----	73
Culture -----	73
Utilisation -----	76
V.2.1.2- Huile essentielle de <i>Vetiveria zizanioides</i> Stapf -----	77
Extraction -----	77
Caractéristiques -----	77
Composition chimique -----	78
Utilisation de l'huile essentielle -----	79
V.2. 2- Etudes chimiques antérieures des huiles essentielles -----	80
Conclusion pour la deuxième partie -----	82

Cette partie de notre travail est portée sur la méthode d'analyse préliminaire d'une plante, les huiles essentielles ainsi que les généralités et travaux antérieurs sur *Vetiveria zizanioides* Stapf.

Chapitre III Méthode d'étude préliminaire d'une plante : Criblage phytochimique

Avant de connaître les vertus d'une plante, il faut déjà connaître quels sont les principes actifs qui peuvent s'y trouver, ce qui amène à tester les familles chimiques qui sont présentes dans la plante.

Le criblage phytochimique est une méthode qui permet de faire une détermination qualitative des principales familles chimiques qui sont présentes dans une plante, à savoir, les alcaloïdes, les flavonoïdes et leucoanthocyanes, les anthraquinones, les stérols insaturés et tritépènes, les tanins et polyphénols, les saponines, les polysaccharides, les hétérosides cyanogènes et les cardénolides et bufadiénolides.

Le criblage phytochimique est effectué avec un extrait hydroalcoolique, avec de la poudre ou avec une décoction de la plante étudiée.

III.1- Criblage des Alcaloïdes [5, 15, 32]

Les alcaloïdes appelés aussi les alcalins végétaux sont des substances organiques azotées qui ont des propriétés plus ou moins basiques. Ils sont exceptionnels chez les bactéries et assez rares chez les champignons et sont essentiellement présents chez les Angiospermes (Lauraceae, Annonaceae,...).

Chez les végétaux, les alcaloïdes sont localisés dans les tissus périphériques téguments de la graine, assises externes des écorces, des tiges et des racines, épidermes et couches sous épidermiques des feuilles sous forme de combinaisons solubles, par exemple, à l'état de sels : citrates, maleates, tartrates, ... ou plus spécifiquement méconates, quinate,...

Les alcaloïdes ont des masses moléculaires variant de 100 à 900 (conichine : $C_8H_{17}N$ $M=127$, vincristine $C_{49}H_{56}N_4O_{10}$ $M=824$). A température ordinaire, les alcaloïdes sont normalement des solides cristallisables (sauf quelques bases oxygénées qui sont liquides : nicotine, spartéine). Rarement colorés, presque toujours doués de pouvoir rotatoire, ils sont solubles dans les alcools de titre élevé mais peu solubles dans l'eau.

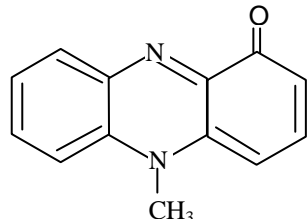
Selon leur origine biogénétique, il existe trois groupes d'alcaloïdes :

- Les alcaloïdes vrais qui ont un azote toujours hétérocyclique.

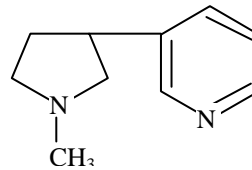
Ils sont basiques et biogénétiquement formés à partir d'acide aminé.

- Les protoalcaloïdes qui sont des amines simples à azote extra cyclique. Ils sont basiques et sont issus du métabolisme des aminoacides.
- Les pseudoalcaloïdes qui ont les caractères des alcaloïdes mais ne sont pas dérivés d'un précurseur acide-aminé.

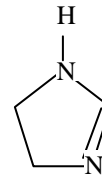
Exemple d'alcaloïdes vrais



pyocyanine

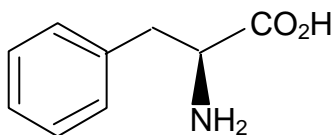


nicotine

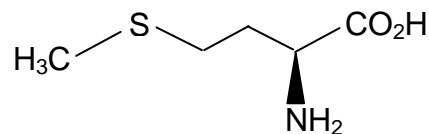


imidazole

Exemple de protoalcaloïdes

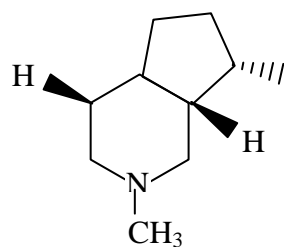
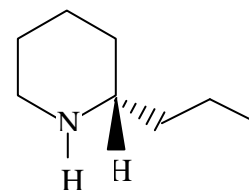


L- phénylalanine



L- méthionine

Exemple de pseudoalcaloïdes

 β -skytanthine

(+) -coniine

Les alcaloïdes sont détectés avec les réactions de précipitation qui sont fondées sur leur capacité à se combiner avec des métaux lourds : bismuth, mercure, tungstène ou avec l'iode.

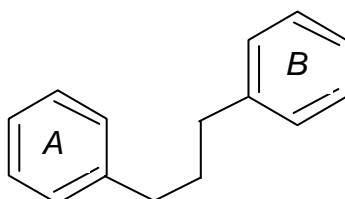
Dans la pratique, les réactifs utilisés qui précipitent les alcaloïdes sont :

- La solution iodo-iodurée (réactif de WAGNER)

- La solution mercuritetraiodure de potassium (réactif de MAYER).
- La solution tétraiodobismuthate de potassium (réactif de DRAGGENDORF).

III.2- Criblage des Flavonoïdes et Leucoanthocyanes.[14, 18, 32]

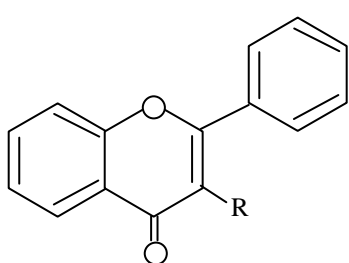
Les flavonoïdes sont des composés possédant un squelette de base à 15 atomes de carbone constitué de deux cycles en C 6 (A et B) reliés par une chaîne en C 3.



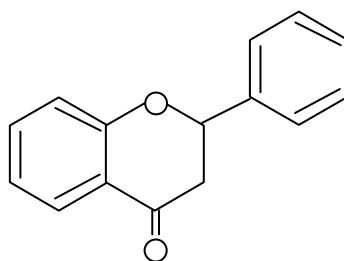
Squelette de base des flavonoïdes

Ce sont des composés appartenant à la famille des polyphénols dont beaucoup sont des pigments responsables de la coloration de nombreuses fleurs et de certains fruits. Le terme flavonoïde correspond à des structures très diverses :

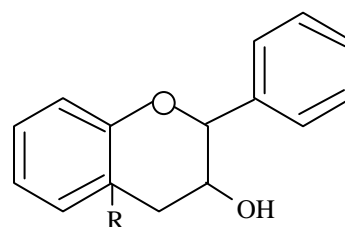
- 2-Phénylchromones : flavones, flavonols, flavonones et les formes dimères (biflavonoïdes) ;
- 2-Phénylchromanes (flavanes) : flavan-3-ols (catéchols) et flavan-3,4-diols ;
- Flavyliums : anthocyanes ;
- Chalcones : formes isomères ouvertes des flavanones ;
- Aurones : homologues des flavones à hétérocycle pentagonal ;



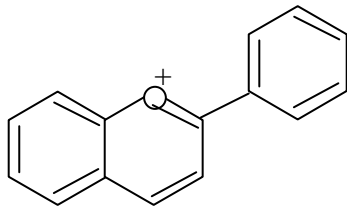
flavone (R=H)
flavonol (R=OH)



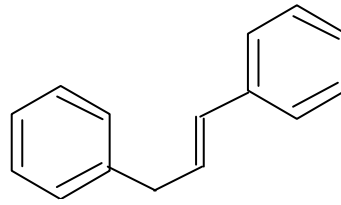
flavanone



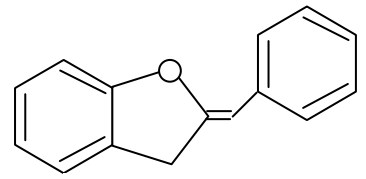
flavanol(R=H)
flavanediol (R=OH)



flavylum
(Anthocyane)



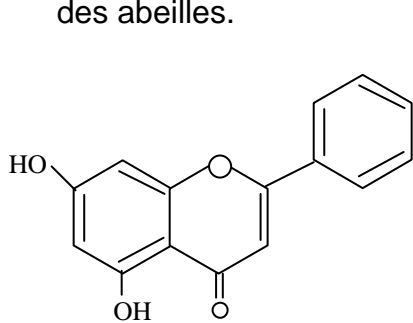
chalcone



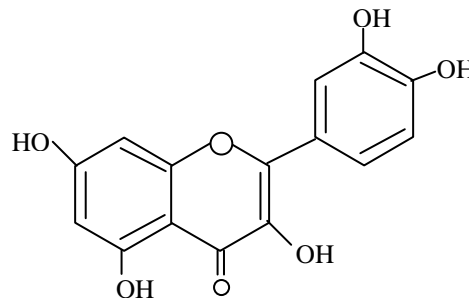
aurone

Les flavonoïdes sont largement distribués dans le règne végétal où on les trouve sous forme soluble d'hétérosides. Ils sont présents dans toutes les parties des végétaux : mésophylle et épiderme des feuilles, cuticule épidermique des fruits et dans d'autres organes (racines, tiges, fleurs, pollens,...) mais sont présents surtout dans les organes jeunes.

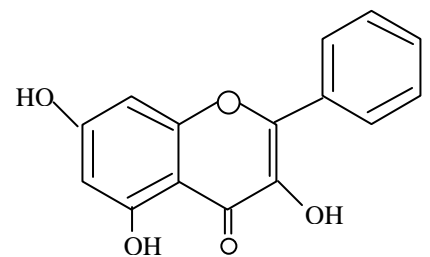
Les flavonoïdes sont aussi présents dans le monde animal ; on trouve par exemple de la chrysine, de la quercétine et de la galangine dans la propolis des abeilles.



chrysine



quercétine



galangine

Les flavonoïdes sont solubles dans les solvants organiques et peuvent l'être aussi dans les solutions aqueuses d'hydroxyde alcalin.

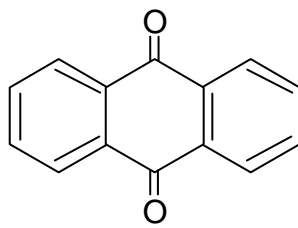
Chez les végétaux, à part la coloration des fleurs et des fruits, les flavonoïdes sont aussi « guide à nectar » ; ils guident les pollénisateurs (insectes) favorisant ainsi la reproduction de l'espèce.

Les propriétés des flavonoïdes sont reconnues par leurs activités antivirales, anti-tumorales, anti-inflammatoires, anti-allergiques et anticancéreuses. A titre d'exemple, les proanthocyanidines présents dans le vin rouge ont une activité protectrice contre l'infarctus du myocarde et s'opposeraient aux processus de formation des plaques athéromateuses dans les artères.

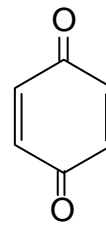
Les flavonoïdes sont détectés par coloration en rouge, en présence d'acide chlorhydrique, d'alcool isoamylique et de tournure de magnésium (test de WILSTATER) tandis que la présence des leucoanthocyanes est révélée par la coloration en rouge par action d'acide chlorhydrique et chauffage à reflux (test de BATE- SMITH).

III.3- Criblage des Anthraquinones.[5, 32]

Les anthraquinones sont l'un des trois groupes principaux des quinones ; ils peuvent exister sous forme libre ou hétérosidique.



anthraquinone



quinone

Dans les végétaux deux voies conduisent aux anthraquinones :

- Chez les Polyonaceae legumineuses et Rhamnaceae, la formation des 1,9-dihydroxyanthraquinones suit la voie habituelle des quinones c'est-à-dire la cyclisation des octaacétates.

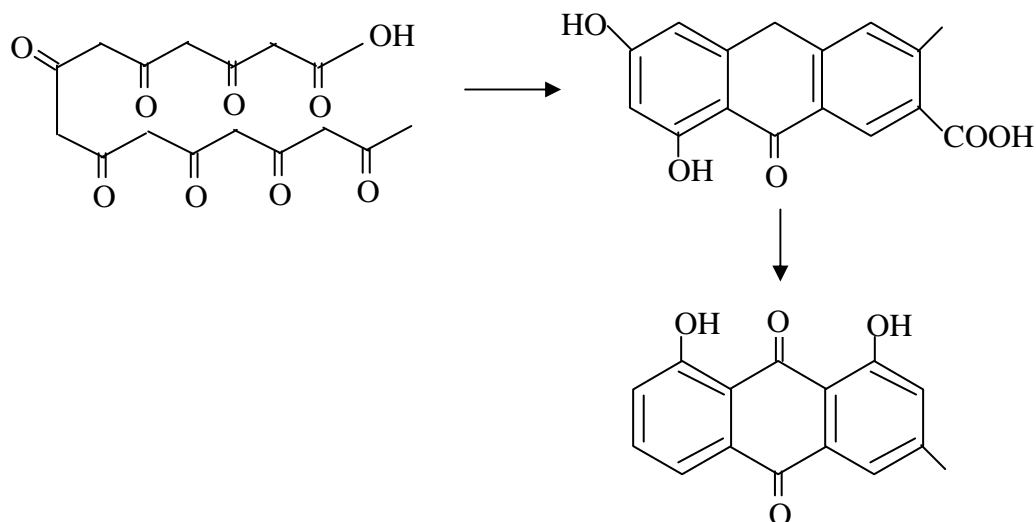


Schéma 1 : Formation des 1,9-dihydroxyanthraquinones

- Chez d'autres familles, notamment les Rubiaceae, le précurseur est l'acide shikimique, après condensation avec un acide- α -cétoglutarique et formation d'un naphthalène qui est isoprényle.

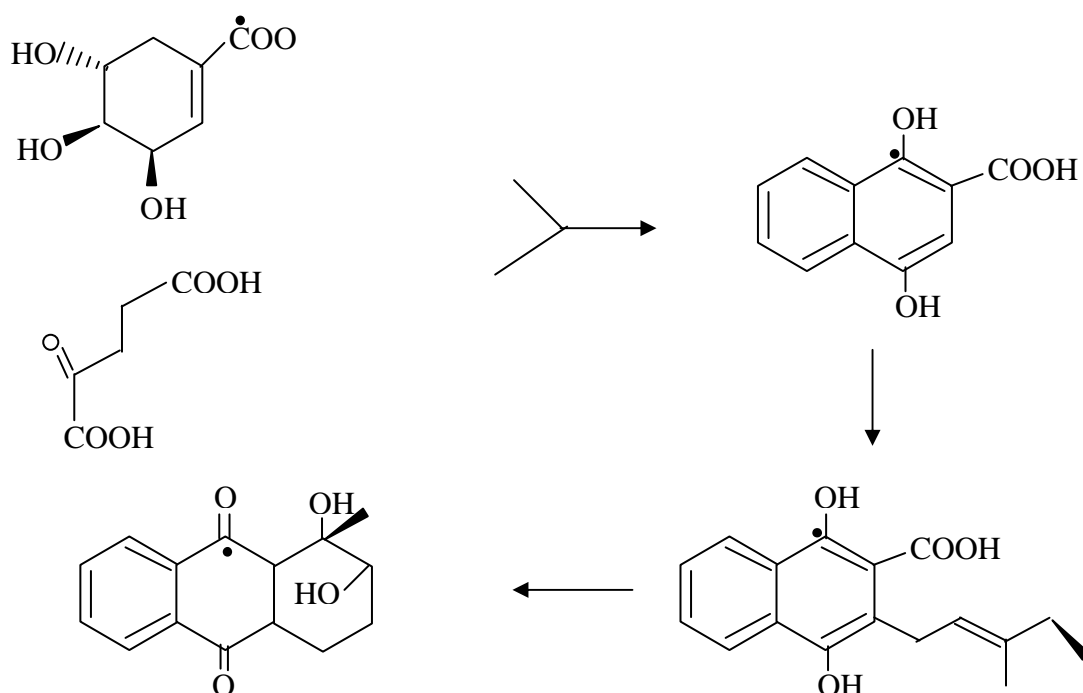
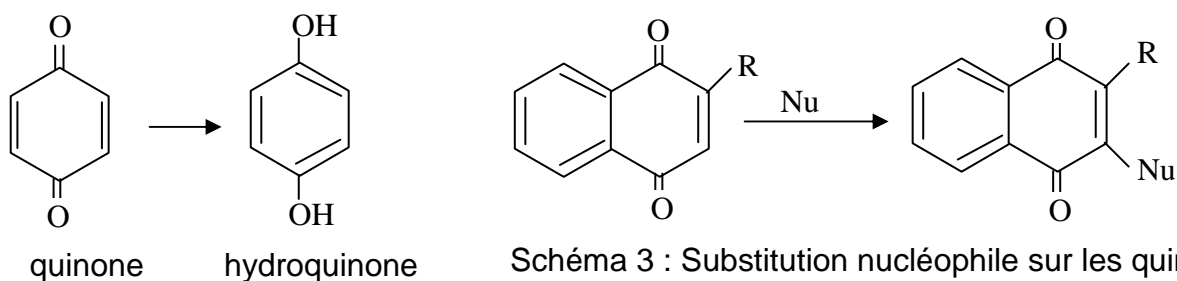


Schéma 2: Formation des anthraquinones

Les propriétés fondamentales des quinones sont leur facile interversion en hydroquinones et leur tendance à l'addition des nucléophiles.



Les quinones libres sont pratiquement insolubles dans l'eau, ils sont extractibles aux solvants volatils organiques usuels.

Les hétérosides d'anthraquinones sont classiquement extractibles par l'eau.

Les anthraquinones ont des vertus thérapeutiques, certains d'entre eux sont employés comme laxatifs, purgatifs ou antispasmodiques.

Plusieurs réactions colorées mettent en évidence les anthraquinones, en particulier la coloration variant de l'orange au violet par sublimation en milieu alcalin (réaction de BORNSTRANGER).

III.4- Criblage des Saponines [5, 19]

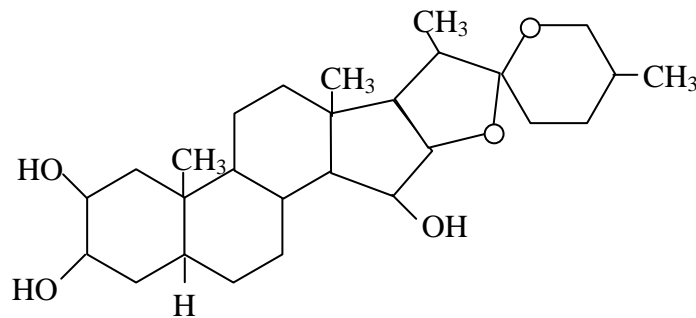
Les saponines sont des hétérosides à génine stéroïdique ou triterpénique, elles se caractérisent par un radical glucidique (glucose, galactose) joint à un radical aglycone. Elles ont la propriété principale de réduire fortement la tension superficielle de l'eau.

Les saponines sont fortement moussantes donc peuvent constituer un excellent émulsifiant. Sous l'action des acides très dilués, elles se divisent en deux parties : les aglycones et les oses.

Les saponines sont très communes dans les plantes. Certaines d'entre elles ont des effets toxiques : leur propriété caractéristique est d'hémolyser les globules rouges (érythrocytes) c'est-à-dire de libérer leurs hémoglobines. Elles irritent les muqueuses, causant un relâchement intestinal, augmentant la sécrétion des muqueuses bronchiales (fleurs de molène, racines de réglisse et de saponaire).

Du point de vue thérapeutique, les saponines ont des propriétés anti-microbiennes, antifongiques et cicatrisantes. Elles sont ainsi employées comme diurétiques et désinfectantes des voies urinaires (tiges et feuilles d'hernicure, feuilles de bouleau, racines d'ononis épineux).

Les saponines sont solubles dans l'eau et dans l'alcool éthylique dilué mais elles sont insolubles dans les solvants apolaires.

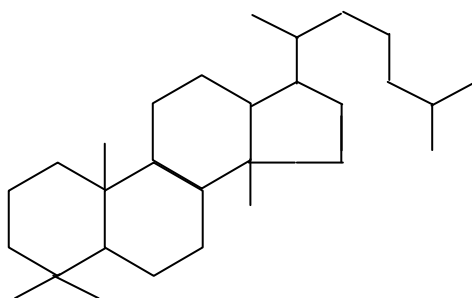


Exemple de saponine

III.5- Criblage des Stérols insaturés et des Triterpènes [32, 37]

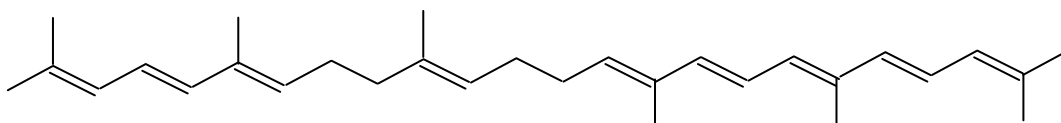
Les triterpènes sont des composés en C₃₀ qui ont une structure tétra ou pentacyclique.

Les stérols sont des dérivés des triterpènes. Ils sont issus d'une suite de dégradations et de réarrangements d'un squelette triterpénique.



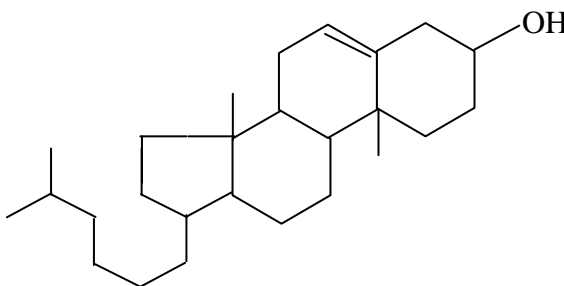
Structure des Triterpènes tetracycliques

Le précurseur effectif des stérols et des triterpènes est le squalène.



squalène

Le stérol le plus abondant chez les animaux est le cholestérol $C_{27}H_{46}O$.



cholestérol

Les stéroïdes sont insolubles dans l'eau mais solubles dans les solvants organiques apolaires.

Les triterpènes et les stérols, du point de vue thérapeutique, ont des propriétés antiseptiques, anti-inflammatoires et diurétiques ou spasmolytiques.

Il existe deux tests de coloration qui permettent de détecter la présence des stérols et des triterpènes :

- Coloration en rouge violacée pour les triterpènes et en bleue verte pour les stérols en présence d'un mélange d'acide sulfurique concentré et d'anhydride acétique (test de LIBERMAN-BÜRCHARD).
- Coloration en rouge des stérols insaturés par l'acide sulfurique (test de SALKOVSKI).

III.6- Criblage des Polysaccharides [5]

Les polysaccharides sont des polymères de haut poids moléculaire. Ils résultent de la condensation d'unités osidiques élémentaires, les oses sont liés entre eux par des liaisons osidiques.

Il existe deux groupes de polysaccharides :

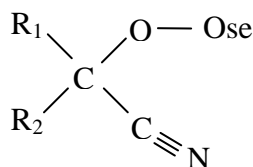
- Les polysaccharides homogènes résultant de la condensation d'un grand nombre de molécules d'un même ose.
- Les polysaccharides hétérogènes qui sont les produits de condensation d'un grand nombre de molécules appartenant à divers types d'oses.

Etant des macromolécules naturelles, les polysaccharides ont une distribution quasi-universelle. Ils assurent un grand nombre de fonctions vitales : responsable de la rigidité des parois cellulaires, forme de stockage d'énergie, protecteur des tissus contre la dessiccation du fait de leur pouvoir hydrophile, ...

Les polysaccharides sont détectés par formation d'un précipité blanc avec l'éthanol.

III.7- Criblage des Hétérosides cyanogènes.

Les hétérosides cyanogènes sont des hétérosides de 2 – hydroxynitrile ayant pour formule générale :

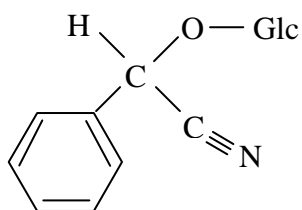


Formule générale

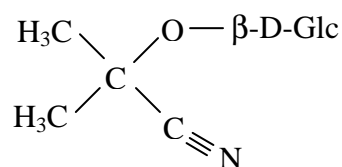
R₁ et R₂ peuvent être aliphatiques ou aromatiques, l'ose est généralement le glucose.

Les hétérosides cyanogènes sont rencontrés fréquemment dans le règne végétal chez les Rosaceae, les Fabaceae et les Euphorbiaceae.

Les hétérosides cyanogènes ont des activités antispasmodiques et stimulantes respiratoires.



prunasoside



linamaroside

Par hydrolyse, les hétérosides cyanogènes libèrent facilement un ose et un intermédiaire instable qui conduit à la formation d'acide cyanhydrique et un composé carbonylé suivant la réaction suivante :

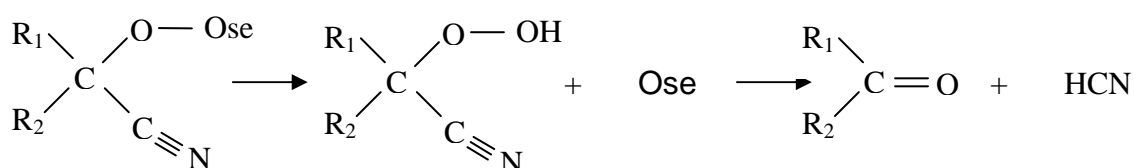


Schéma 4 : Mécanisme d'hydrolyse d'un hétéroside cyanogène

Le test de GRIGNARD permet de détecter les hétérosides cyanogènes. Après hydrolyse, la formation de l'acide cyanhydrique fait virer au rouge une bande de papier Wattman trempé dans une solution de picrate de sodium.

III.8- Criblage des Tanins et des Polyphénols [5, 17, 21, 32]

Les tanins appartiennent à la famille des polyphénols. Ce sont des composés complexes ayant un poids moléculaire compris entre 500 et 3000 qui présentent la propriété de précipiter les alcaloïdes, la gélatine et d'autres protéines.

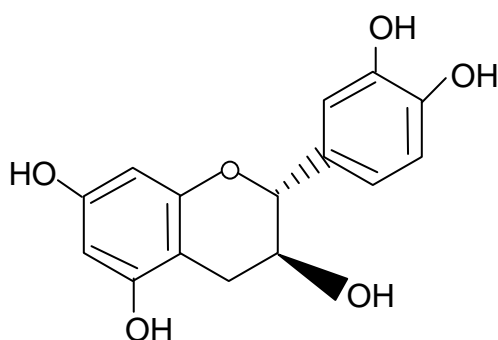
Il existe deux groupes de tanins différents par leurs structures et leurs origines biogénétiques.

- Les tanins condensés : ce sont des proanthocyanidines, composés phénoliques hétérogènes, oligomères et polymères de flavanes, de flavan-3-ol, de 5-dioxyflavan-3-ol et de flavane-3,4-diols. Ils sont résistants à l'hydrolyse.

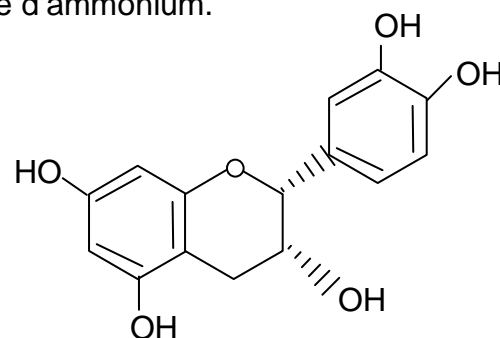
- Les tanins hydrolysables (hydrolyse en milieu acide ou alcalin, ou par voie enzymatique) : Ce sont des esters de l'acide gallique (tanins ellagiques) ou d'acide hexahydroxydiphénique et ces dérivés (tanins galliques) ;

Les tanins ellagiques sont beaucoup plus fréquents que les tanins galliques.

Les tanins sont présents dans des nombreux végétaux tels que les écorces d'arbre, les fruits (raisin, café, cacao) et les feuilles de thé. Ils se dissolvent dans l'eau sous forme de solution colloïdale mais leur solubilité varie selon leur degré de polymérisation, et sont solubles dans l'alcool et l'acétone. Ils réagissent avec le perchlorure de fer et leurs solutions aqueuses précipitent les sels des métaux lourds, la gélatine ou le molybdate d'ammonium.



3-S (+)-catécol



3-R (-)-épicatécol

Structure des tanins condensés

III.9- Criblage des Cardénolides et des Bufadiénolides [5, 6, 16]

Les cardénolides ou glycosides cardiaques et les bufadiénolides sont des vrais principes actifs que l'on trouve dans les feuilles. Ils sont formés d'une génine (molécules à 23 atomes de carbones pour les cardénolides et à 24 atomes de carbones pour les bufadiénolides) attachée à un sucre.

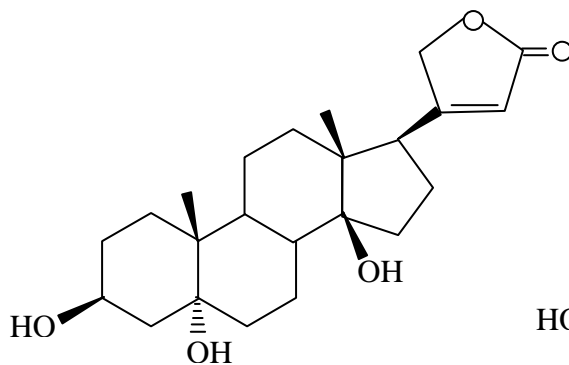
Les cardénolides se trouvent essentiellement dans les feuilles fraîches des familles végétales suivantes : Apocynaceae, Asclepiadaceae, Moraceae, Ranunculaceae, et les Liliaceae.

Les principaux cardénolides sont la digitoxigénine et la gitaloxigénine.

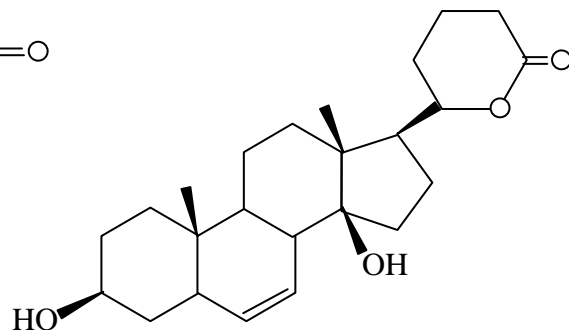
Il existe deux tests permettant de détecter la présence des cardénolides et bufadiénolides dans les plantes :

- un mélange d'acide 3,5-dinitrobenzoïque en solution aqueuse de potasse donne de la coloration rouge en présence de lactones insaturées (test de KEDDE).

Un mélange d'acide acétique glacial et d'une solution aqueuse de chlorure ferrique donne la formation d'un anneau pourpre en présence des 2-déoxysucres (test de KLLER-KILLIANI).



uzarigénine
(Cardénolides)



scillarénine
(Bufadiénolides)

Exemple de structures de base de cardénolides et bufadiénolides.

Après ce rappel bibliographique relatif aux tests phytochimiques, le chapitre suivant traite les huiles essentielles.

Chapitre IV : Les huiles essentielles

Dans ce chapitre seront évoqués:

- la composition chimique des huiles essentielles
- les différents procédés d'extraction des huiles essentielles
- les méthodes chromatographiques

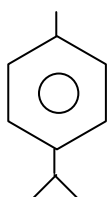
IV.1- Compositions chimiques des huiles essentielles [6,20]

Les huiles essentielles ont une constitution complexe et variable selon leurs origines biosynthétiques distinctes. On peut ranger les constituants en deux séries : la série terpénique et la série de composés aréniques dérivés du phénylpropane.

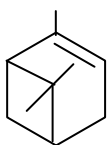
- La série terpénique

Pour les huiles essentielles, il s'agit des terpènes volatiles c'est-à-dire à poids moléculaires pas trop élevés : monoterpènes et sesquiterpènes. Ce sont des composés à 10 et 15 atomes de carbones présents sous forme d'hydrocarbures et de dérivés oxygénés.

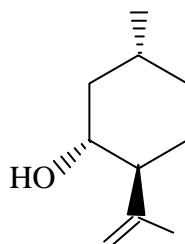
Monoterpènes



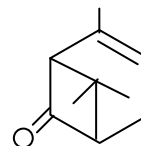
p-cymène



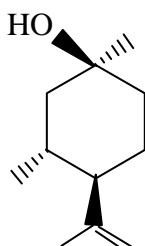
α -pinène



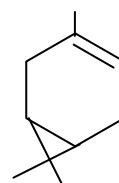
isopilégole



chrysanthémone

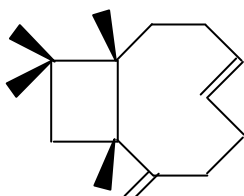


β -terpinéol

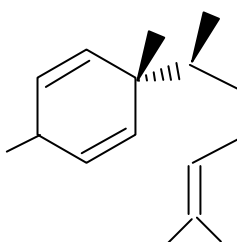


3-carène

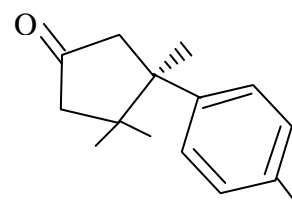
Sesquiterpènes



β -caryophylène



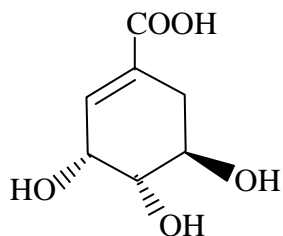
(-)- α -gingibérène



β -cuparéone

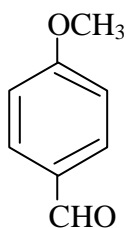
- La série aromatique

Les composés dans la série aromatique sont beaucoup plus fréquents que les composés de la série terpénique. Ce sont en majorité des composés dérivés du phénylpropane biogénétiquement issus du métabolisme de l'acide shikimique.

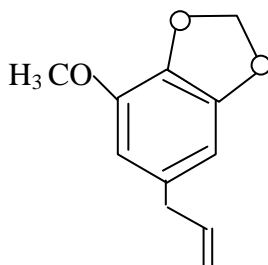


acide shikimique

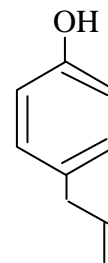
Exemples



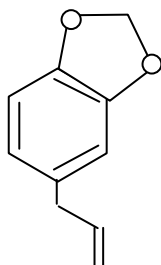
anisaldéhyde



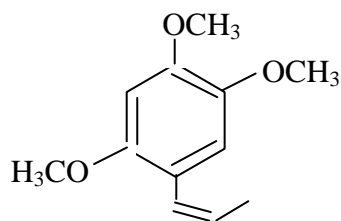
apiole



eugénol



safrol



β -asarone

- Les composés d'origines diverses

Selon le mode d'extraction de l'huile essentielle, certaines d'entre elles renferment des petites quantités de composés acycliques non terpéniques : alcools, aldéhydes, ou cétones de poids moléculaires assez faibles (éthylamylcétone, 2-méthylheptanone,...).

Les huiles essentielles peuvent aussi contenir des produits plus lourds comme les coumarines : homologues supérieurs des phénylpropanes.



IV.2- Les procédés d'extraction des huiles essentielles [6, 11, 12, 20]

Les procédés d'extraction des huiles essentielles sont nombreux et variables selon la partie du végétal traitée, selon sa fragilité et selon ses caractéristiques botaniques.

IV.2.1- Distillation à la vapeur d'eau

C'est la technique la plus courante, elle est fondée sur le principe de l'évaporation puis de la condensation des liquides, elle repose sur la capacité de la vapeur d'eau à entraîner les huiles essentielles.

Trois variantes sont possibles selon la texture et la fragilité de la matière première.

L'hydrodistillation

Les parties de la plante (intacte ou éventuellement grossièrement broyée) sont immergées dans de l'eau qui est portée à ébullition. L'huile essentielle du végétal, emportée avec la vapeur d'eau et par condensation, forme un liquide que l'on fait refroidir. L'huile essentielle de densité plus faible que l'eau surnage et la séparation se fait par décantation.

L'entraînement à la vapeur

La matière végétale n'est pas directement en contact avec l'eau de production de vapeur. Elle est placée dans une cuve, traversée par de la vapeur d'eau qui entraîne les principes volatils. La vapeur chargée des principes odorants est condensée et l'huile essentielle est récupérée après décantation.

L'hydrodiffusion

Ce procédé est réservé aux produits qui pourraient souffrir d'une ébullition prolongée. La drogue est immergée dans de l'eau, les composés volatils sont entraînés par de la vapeur d'eau à très faible pression produite par un générateur séparé et injectée de la partie inférieure de la cuve de charge. La drogue n'est pas exposée à une température élevée.

IV.2.2- Expression à froid

L'expression à froid est réservée aux matières premières rangées dans la catégorie des hespéridés, famille des Rutaceae (orange, citron, mandarine,...). Les huiles essentielles de ces fruits sont contenues dans les petites glandes de leurs écorces.

Dans ce procédé, les fruits sont pressés à froid, ensuite par centrifugation, on sépare l'huile essentielle du jus de fruit.

Aucune technique de chaleur n'est utilisée, laissant ainsi à l'huile essentielle une odeur très près de l'originale.

IV.2.3- L'enfleurage ou macération

L'enfleurage a pour principe : l'absorption des odeurs par les graisses.

Il existe deux variantes dans l'application de ce principe :

- L'enfleurage à froid

Cette technique est employée sur les fleurs sensibles ne supportant pas la chaleur élevée et qui conservent leurs odeurs après la cueillette. Parmi ces fleurs on notera : le jasmin, la violette, la tuberoose et la rose.

Après avoir été soigneusement triées, les fleurs sont déposées sur une mince couche de mélange de graisse (rognon de porc, de saindoux et de bœuf) elle-même étendue sur une glace ou plaque de verre dans une armature en bois appelée châssis pour libérer leur huile. Ce processus qui peut durer plusieurs jours est répété plusieurs fois jusqu'à ce que la graisse soit saturée de parfum. La substance résultante est appelée pommade.

A la fin de l'enfleurage, on recueille la graisse avec une cuillère en bois puis lavée à l'alcool, à froid, afin de rendre solubles ses principes aromatiques. Après évaporation de l'alcool, on obtient une absolue : une huile essentielle de très haute qualité olfactive.

- L'enfleurage à chaud

Les fleurs sont macérées dans des graisses ou des huiles chauffées au bain-marie ou naturellement au soleil. Le mélange est remué pendant deux heures. Le lendemain, les fleurs de la veille sont enlevées avec une passoire plate et on les remplace par des fleurs fraîches.

Lorsque la graisse ne peut plus absorber le parfum des fleurs, on la filtre pour séparer la graisse des fleurs. On obtient une pommade qui est traitée par la même technique d'extraction que pour un enfleurage à froid.

La technique de l'enfleurage est une technique très coûteuse (importante main d'œuvre, grands nombres de châssis).

IV.2.4- Extraction au solvant volatil

L'extraction aux solvants volatils utilise le principe qui consiste à exploiter l'affinité de certains solvants aux parfums contenus dans les matières végétales.

Les plantes sont chargées dans l'extracteur où les solvants sont introduits par un système de vannes afin de permettre la macération. Plusieurs lavages successifs aux solvants permettent d'épuiser la matière végétale de leurs principes odorants. Lorsque les solvants sont chargés, ils sont conduits dans un décanteur afin d'éliminer tout excès d'humidité.

Après évaporation des solvants on obtient un mélange pâteux, composé de molécules odorantes, de cires et de pigments. Ce mélange est appelé « résinoïde » quand on l'obtient à partir de plantes sèches (racines, graines, résines,...) et « concrète » lorsqu'il provient du traitement des fleurs.

Le choix d'un solvant extractif est influencé par une série de paramètres technique et économique :

- Bon solvant de dissolution.
- Faible point d'ébullition pour faciliter l'évaporation.
- Inerte vis-à-vis du matériel végétal et de l'appareillage.
- Non toxique.
- Inodore et non inflammable.
- Les solvants les plus utilisés sont les hydrocarbures aliphatiques (pentane, hexane, éther de pétrole) et les hydrocarbures aromatiques (benzène, toluène).

IV.2.6- Extraction au dioxyde de carbone super critique

Cette méthode utilise une propriété singulière du dioxyde de carbone lorsqu'il atteint un état super critique (à une température supérieure à 31° et sous pression, il présente un état intermédiaire entre le gazeux et le liquide). A l'état super critique, le dioxyde de carbone peut dissoudre de nombreux composés de tissus vivant sans risquer de laisser des traces de produits indésirables comme les solvants.

La matière végétale est parcourue par le dioxyde de carbone super critique afin d'éclater leurs poches sécrétrices et d'en entraîner l'huile essentielle.

III.9- Méthodes chromatographiques

La chromatographie est une méthode physique qui a pour but de séparer un mélange en ses différents constituants. La séparation a pour principe : la répartition des composés sur deux phases non miscibles : l'une stationnaire ou fixe et l'autre mobile.

La chromatographie est employée à des fins préparatives pour séparer des quantités notables de substances et aussi dans un but analytique : qualitatif ou quantitatif. Trois types de chromatographie seront développés ici : la ccm, la clbp et la cpg.

a) La chromatographie sur couche mince [8, 23, 32,36]

La ccm est basée sur des phénomènes d'adsorption, de partage ou d'échange d'ions ou encore par combinaison de ces différentes possibilités.

C'est une chromatographie de développement, c'est à dire, l'élution des différentes substances est menée de telle sorte que celles-ci restent toujours sur la phase stationnaire où elles sont ensuite localisées.

La phase mobile monte par capillarité sur la phase stationnaire déposée en un film adhérent de faible épaisseur sur une surface solide rigide (verre) ou souple (aluminium, plastique) ; les substances dans le mélange initial sont alors entraînées à des vitesses différentes et forment des zones.

La mesure de la vitesse de migration de chaque substance est donnée par la référence frontale définie par la formule :

$$R_F = \frac{\text{Distance parcourue par la substance}}{\text{Distance parcourue par le solvant d'élution}}$$

- Matériels

Couche mince

Elle est constituée par le dépôt de la phase stationnaire sur une surface de dimension variable 5x20 cm, 10x20 cm 230x20 cm.

En chromatographie préparative, les couches ont une épaisseur de 1 à 2 mm et de 0,1 à 0,3 mm en chromatographie analytique.

Cuve de migration ou de développement

La plupart du temps les cuves sont des récipients en verre quadrangulaire ou cylindrique. Les bocaux à conserves avec des joints en caoutchouc conviennent aussi. Généralement, les cuves doivent être fermées

hermétiquement, mais dans le cas d'une couche échangeuse d'ions, on peut travailler avec des récipients ouverts comme un bêcher.

Pour saturer l'atmosphère de la cuve, le solvant est déposé au fond, quelque temps avant le début de la chromatographie.

Solvant de migration

Le solvant, appelé aussi système ou mélange de solvant ou encore éluant, est un système de solvants organiques plus ou moins hydratés dont la nature dépend des substances à séparer suivant une série éluotrope.

Déroulement

Des solutions de 1 à 5% des substances à séparer, dans un solvant peu polaire sont déposées sur une ligne horizontale de 1 à 2 cm du bord inférieur de la plaque, à l'aide d'une micro pipette, à plusieurs touches successives, avec des quantités de l'ordre de 1 à 10 μL .

La distance entre les touches doit être au moins 1 cm et le diamètre des spots ne doit pas dépasser 5 mm.

Migration

Après introduction de la plaque dans la cuve, le solvant monte par capillarité vers le sommet de celle-ci. La migration ou le développement est arrêté lorsque le solvant a parcouru la distance choisie. Immédiatement la plaque est retirée de la cuve pour être séchée à l'air libre.

Révélation

La ccm ne consiste pas uniquement à séparer les divers constituants, il faut aussi localiser ces constituants.

Les substances colorées peuvent être localisées directement, mais les substances incolores doivent être révélées.

Trois procédés sont couramment utilisés :

Examen sous lampe ultraviolet : la plupart des composés organiques absorbent la lumière UV. Le procédé consiste donc à utiliser des plaques fluorescentes en UV.

Exposition à la vapeur d'iode : le vapeur d'iode se fixe sur la plupart des composés organiques et qui apparaissent alors sous forme de tâches brunes foncées sur la plaque.

Formation des réactions colorées : après pulvérisation de la plaque avec des solutions très caustiques (acide sulfurique concentré, acide phosphorique, ...) il y a formation des dérivés colorés.

Application de la ccm

- Micro chromatographie

La ccm permet de : Contrôler aisément et rapidement la pureté d'un composé organique, tester différent système de solvant ou contrôler les fractions provenant de la chromatographie sur colonne.

- Chromatographie préparative

On peut séparer de manière satisfaisante des quantités de substances inférieures à 1 g, les quelques milligrammes de constituant sont recueillis pour permettre une identification (UV, IR, RMN, SM, ...).

- Etude préliminaire à la chromatographie à haute performance :

Les relations générales entre soluté (mélange à séparer) phase mobile et phase stationnaire peuvent être obtenues avec la ccm.

b) La chromatographie liquide à basse pression : clbp [8, 9, 23]

La clbp appelée aussi chromatographie classique est une technique fondée principalement sur des phénomènes d'adsorption.

L'écoulement continu de la phase stationnaire liquide (éluant), dans une colonne remplie de phase stationnaire solide, provoque alternativement la désorption et l'adsorption des molécules du soluté. Selon leur affinité pour l'adsorbant et leur solubilité dans l'éluant, les molécules sont entraînées vers le bas à des vitesses variables.

Après l'élution, les substances séparées sont récupérées à la partie inférieure de la colonne par des petites fractions de volume bien déterminé.

Matériels

- Colonne

La colonne est constituée par un tube de verre cylindrique vertical dont la partie inférieure est obturée par une plaque de verre frittée ou par un tampon de coton.

La dimension des colonnes de la quantité de la substance à traiter et de la quantité d'adsorbant utilisé. Pour les essais préliminaires ou les expériences conduites sur des quantités extrêmement faibles, les colonnes ont un diamètre intérieur relativement faible (1 à 5mm) et une hauteur comprise

entre 10 et 20 cm, lorsque la séparation est portée sur des quantités plus importantes, la dimension de la colonne croît immédiatement.

Déroulement

- Remplissage de la colonne

Le remplissage de la colonne par la phase stationnaire constitue l'une des principales difficultés parce que toute irrégularité, toute hétérogénéité se traduisant par une détérioration des fronts conduit en un défaut de séparation.

Il existe deux méthodes de remplissage de la colonne :

Remplissage par voie sèche :

La poudre sèche (phase stationnaire) est introduite dans la colonne par des petites fractions. La colonne est ensuite tapotée par ébranlement de ces parois latérales à l'aide d'un petit maillet en caoutchouc.

Remplissage par voie humide :

Il consiste à préparer une suspension de l'adsorbant dans l'éluant, à homogénéiser cette suspension par un brassage énergétique au moyen d'une baguette d'agitateur et à introduire le braise ainsi formé dans la colonne en poursuivant l'agitation.

- Introduction de l'échantillon

L'échantillon à séparer est trituré avec une petite quantité d'adsorbant jusqu'à en avoir une poudre sèche. Le mélange ainsi formé est introduit avec précaution au sommet de la colonne.

- Développement du chromatogramme

Le développement du chromatogramme ou formation du chromatogramme consiste à laver la colonne d'adsorbant au moyen des solvants d'élution de manière à provoquer la migration différentielle des zones le long de la colonne.

Les fractions sont ensuite recueillies pour être analysées.

- Application de la clbp

La clbp est largement utilisée comme méthode de dosage quantitatif, elle permet de récupérer les constituants issus de la séparation et éventuellement de les peser ou de les doser de toute autre manière.

En analyse des huiles essentielles, la clbp est appliquée pour fractionner l'huile totale en ses constituants hydrocarbures terpéniques et produits oxygénés.

c) La chromatographie en phase gazeuse : cpg [10, 22, 23, 28, 35]

La cpg permet de séparer les mélanges gazeux et tous composés susceptibles d'être volatilisés sans se décomposer.

Elle regroupe deux types de chromatographie selon la nature de la phase stationnaire :

Chromatographie gaz liquide (CGL) lorsque la phase stationnaire est liquide ; il s'agit d'une chromatographie de partage.

Chromatographie gaz solide (CGS) lorsque la phase stationnaire est solide. Il s'agit d'une chromatographie d'adsorption.

Principe

La cpg consiste à une migration différentielle des corps à séparer par cheminement le long de colonne rempli d'adsorbant grâce à un courant de gaz inerte jouant le rôle de solvant (gaz vecteur).

C'est une chromatographie d'élution, c'est-à-dire, l'élution est poursuivie jusqu'à ce que chaque substance soit entraînée hors de la phase stationnaire où l'identification se réalise.

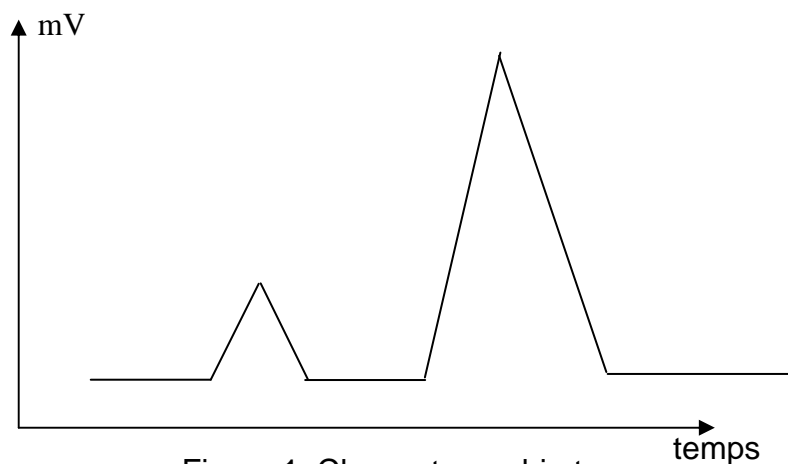


Figure 1: Chromatographie type

Appareillage

Essentiellement, un appareil de cpg est composé d'une chambre d'injection, d'une colonne de séparation et d'un détecteur. Accessoirement, il est muni d'un dispositif de régulation et de mesure de débit de gaz vecteur, un montage permettant la collecte des fractions à la sortie du détecteur (enregistreur) et une bouteille de gaz sous pression (source de gaz).

Source de gaz

Le gaz vecteur est constitué généralement par un gaz pur contenu dans une bouteille sous une pression élevée (allant de 1 à 4 bar). On utilise de l'azote, de l'hélium, de l'argon et plus rarement les mélanges d'hélium-azote ou hydrogène-azote.

Pour obtenir des résultats reproductibles du point de vue qualitatif, il est nécessaire d'utiliser des gaz parfaitement purs ou des mélanges à titre exactement connu.

Chambre d'injection

La Chambre d'injection possède à la fois les fonctions de provoquer la volatilisation instantanée de l'échantillon introduit et d'assurer l'homogénéité de la vapeur ainsi formée et du gaz vecteur.

En général, la chambre doit être à température plus élevée que la colonne (de 20 à 30° supérieure) donc doit avoir un réglage indépendant de température pour pouvoir choisir la température appropriée aux problèmes à résoudre.

Four

La colonne est placée dans une enceinte (four) dont la température est constante ou au contraire modifiée au cours du temps selon un programme fixé à l'avance. On distingue alors la chromatographie isotherme et la chromatographie à température programmée.

Colonne

La colonne est le véritable cerveau du chromatographe parce que le succès de la séparation dépend d'elle. La colonne est destinée à contenir la phase stationnaire.

Les colonnes sont formées par des tubes d'acier inoxydables, de cuivre, de verre ou de matière plastique. Leurs longueurs et leurs diamètres dépendent de leur utilisation et de leurs types.

Il existe deux types de colonne :

Les colonnes à remplissage ou colonnes traditionnelles qui contiennent un matériau en poudre.

Les colonnes capillaires ou colonnes de Golay ou encore colonnes à tube ouvert constituées par un tube vide dans lesquelles les proies servent de support.

Un appareil de chromatographie peut comporter une ou plusieurs colonnes qui peuvent être montées en série ou en parallèle.

Colonne	A remplissage		Capillaire	
	Analytique	Préparative	Classique	Remplie
Longueur	0,5 à 6 m	2 à 6 m	10 à 100 m	0,5 à 50 m
Diamètre intérieur	2 à 6 mm	6 à 500 mm	0,1 à 0,5 mm	0,3 mm (inférieur à 1mm)

Tableau 41: Données usuelles des colonnes

Détecteur et enregistreur

Le détecteur a pour fonction de déceler la présence des substances dans le gaz vecteur u fur et à mesure de leurs éluions.

Une propriété physique ou parfois chimique du gaz vecteur est modifiée par les substances dont le détecteur transforme les variations en signaux électriques qui sont amplifiés et transcrits sous forme graphique par l'enregistreur.

Déroulement de la séparation

A l'aide d'une micro seringue, pour les composés liquides dilués dans un solvant très volatil ou une vanne, pour des composés gazeux, l'échantillon à analyser est injecté dans la chambre d'injection sous des volumes allant de 1 à 10 μ l. En sortant de la chambre d'injection, le mélange homogène gaz vecteur-vapeur d'échantillon pénètre dans la colonne où se fait la séparation proprement dite. A la sortie de la colonne, le détecteur transcrit un tracé qui correspond à la mesure de variation de concentration : à chaque substance isolée correspond une courbe sensiblement Gaussienne dont les surfaces sont proportionnelles aux concentrations.

Application de la cpg

La cpg permet de contrôler la pureté des composés et la mise en évidence des divers constituants d'un mélange, la détermination de leurs proportions et si possible leur identification.

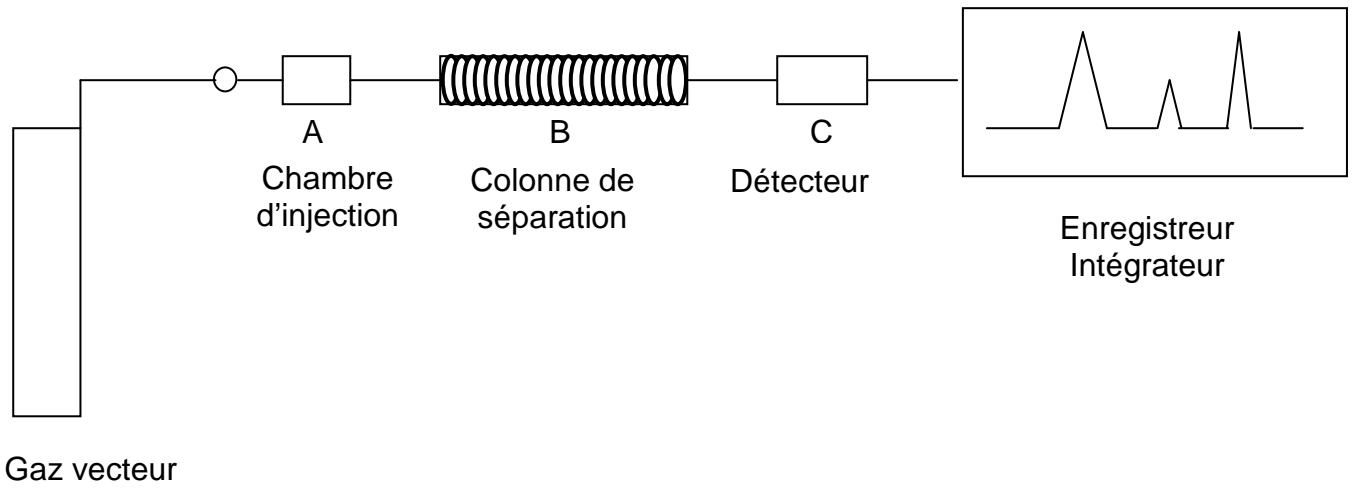


Figure 2: Schéma très simplifié d'un appareil de cpg

On va voir dans le chapitre suivant les généralités sur le *Vetiveria zizanioides* Stapf et les travaux antérieurs concernant son huile essentielle

Chapitre V: Généralités et travaux antérieurs sur *Vetiveria zizanioides* Stapf

V.1 Généralités sur *Vetiveria zizanioides* Stapf [2, 4, 7, 24, 31]

V.1.1- Données botaniques

Vetiveria zizanioides Stapf ou *Andropogon muricatus* Retz

a)- Systématique botanique

La famille des Gramineae appartient à la classe Monocotylédone, sous embranchement Angiosperme, embranchement Embryophytes et règne végétal. Elle comporte deux groupes : le groupe1 des POOIDEAE et le groupe 2 de PANICOIDEAE comprenant respectivement seize (16) et quatre (4) tribus. Le genre *Vetiveria* appartient à la tribu des Andropogoneae qui comporte vingt neuf (29) genres.

Bosser, J. (1969) dans son ouvrage « Graminées des pâturages et des cultures à Madagascar » a identifié une seule espèce cultivée à Madagascar : *Vetiveria zizanioides*.

Cette espèce introduite à Madagascar, originaire de l'Inde, sur les contre-forts de l'Himalaya possède plusieurs noms vernaculaires entre autres le *Verobe* ou *Verofehana* (Madagascar), *Vétiver* (La Reunion)

b)- Description botanique

Vetiveria zizanioides Stapf est une plante rhizomateuse, à chaumes robustes de 1,5 à 2 m de hauteur, c'est une herbe pérenne en touffes robustes et compactes.

Les feuilles sont à gaines épaisses, lisses, jaunes, glabres, celles de la base sont carénées, imbriquées, flagellées. Les limbes sont linéaires, atteignant 1 m de long, glabres ou pileux à la base, d'abord pliés puis étalés. La ligule est représentée par un court rebord ciliolé.

Les inflorescences sont grandes, oblongues, assez étroites, ayant le plus souvent 25 à 30 cm de long (jusqu'à 40 cm). Les racèmes sont nombreux, de 5 à 10 cm de long à pédoncule grêle, verticillés sur un axe.

Les tiges sont dressées et épaisses et leurs rhizomes portent des racines noueuses, atteignant une profondeur de 2 à 3 m ; environ 85 % de ses racines se trouvent dans les 30 à 40 cm sous la surface du sol formant un réseau chevelu fin, ramifiées et très denses, constituées par des racines et radicelles de 1 à 2 cm de diamètre pour 5 à 30 cm de longueur.

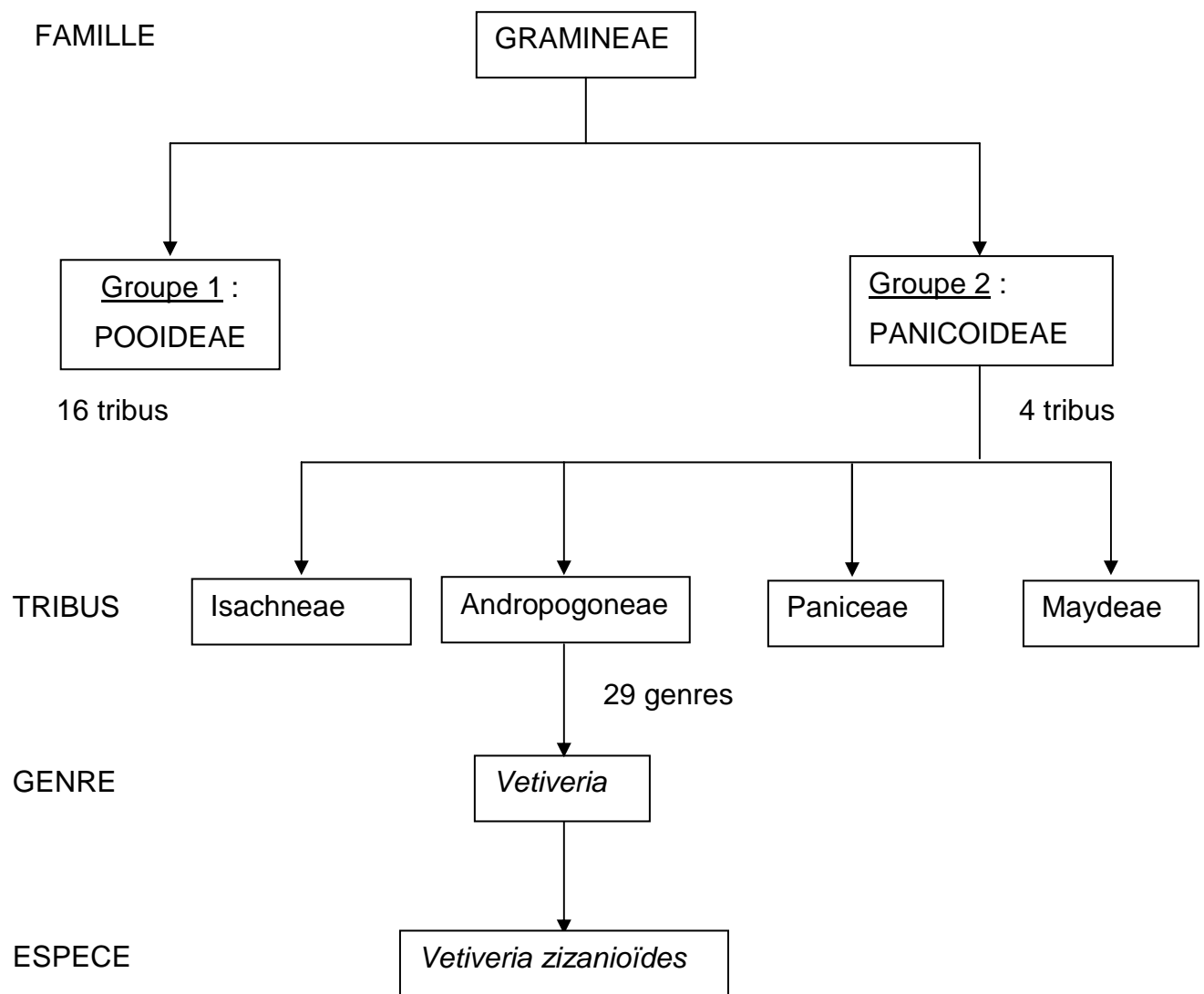


Figure 3 : Organigramme de la famille des Gramineae



Figure 4 : Racines de *Vetiveria zizanioides* Stapf

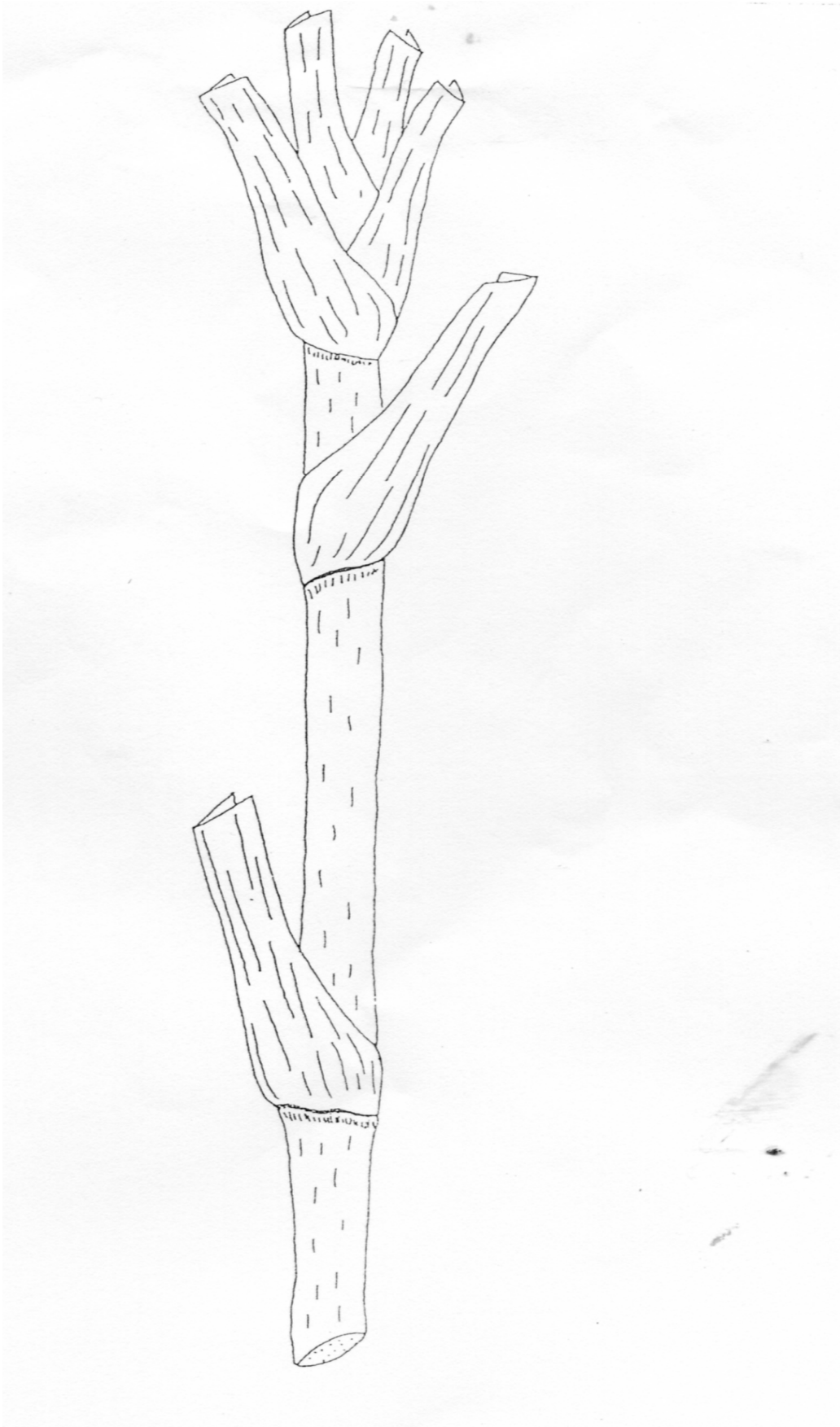


Figure 5: Tige de *Vetiveria zizanioides* Stapf

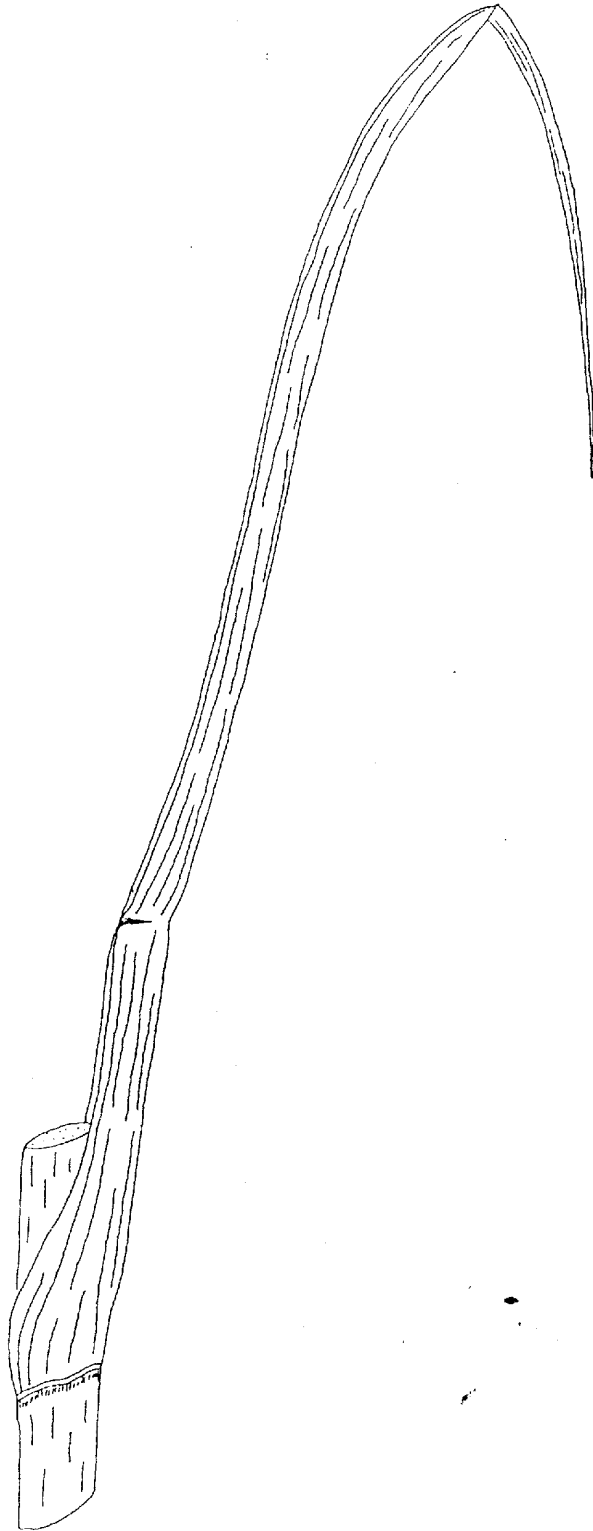


Figure 6 : Feuille de *Vetiveria zizanioides* Stapf



Figure 7 : Inflorescence de *Vetiveria zizanioides* Stapf

V.2- Travaux antérieurs sur *Vetiveria zizanioides* Stapf

Les données bibliographiques relatives au *Vetiveria zizanioides* Stapf sont nombreuses. Elles constitueront la première rubrique concernant ces travaux antérieurs et comporteront la culture et utilisation de *Vetiveria zizanioides* Stapf, l'huile essentielle de *Vetiveria zizanioides* Stapf : extraction, caractéristiques, composition chimique et utilisations.

Quant à l'étude chimique, nous en avons répertorié seulement deux à Madagascar. Ces études seront présentées dans une deuxième rubrique.

V.2.1- Données bibliographiques [2, 3, 12, 26, 29, 30, 31, 34, 38]

V. 2.1.1 - Culture et utilisation du *Vetiveria zizanioides* Stapf culture

a) Multipliation

A l'état sauvage, le *Vetiveria zizanioides* Stapf pousse dans les marécages et la plante se multiplie par les graines emportées et reparties par le vent.

Dans la culture, la plante ne fleurit pas régulièrement, la multiplication se fait par éclat des souches. Chaque éclat porte 2 à 3 tiges. Les feuilles sont découpées de 25 à 30 cm de long et les racines de 10 à 15 cm.

b) Sol

Le *Vetiveria zizanioides* Stapf est une plante peu exigeante, il peut pousser dans tous les types de sol : sol aride, sol sablonneux, sol argileux, ... Mais le sol qui lui convient mieux sont les alluvions limoneuses non inondées et les sols ferrallitiques.

c) Plantation

La plantation s'effectue de préférence dès les premières pluies de décembre. Les éclats de souches sont mis dans des petits trous en prenant soin de ne pas plier les racines vers le haut.

Les plantes sont distantes de 1,5 m entre les lignes et de 0,15 m sur la ligne ; soit une densité de 43 000 pieds par hectare.

d) Entretien

Généralement le *Vetiveria zizanioides* Stapf n'a pas besoin d'entretien, mais pour avoir un bon rendement en racines (3000 à 4000 kg de racines fraîches par hectare soit 1500 à 2000 kg de racines séchées), après 1 mois de la plantation, on effectue le premier binage et le remplacement des

manquants. Jusqu'à la récolte, 3 sarclages suffisent pour nettoyer une parcelle de *Vetiveria zizanioides* Stapf. Pour un bon développement de la plante un apport en urée de 46% à 200 kg / ha est nécessaire après le premier sarclage. Une coupe régulière de la partie aérienne permet aussi un bon développement des racines.

e) Récolte des racines

La récolte ou fouille des racines a lieu à partir du 10 à 12 mois jusqu'à 18 mois d'âge. L'opération consiste à raser les feuilles au niveau du sol, à extirper les racines jusqu'à 50 cm de profondeur et de secouer la masse terre-racines pour récupérer ces dernières.

Les racines sont lavées à grande eau puis séchées au soleil pendant une journée et à l'ombre pendant un jour.

La récolte des racines est une opération très difficile, deux bons travailleurs s'acharnent pendant une semaine pour préparer 800 kg de racines.

Pour une bonne plantation, le rendement en hectare atteint 3000 à 4000 kg de racines fraîches soit 1500 à 2000 kg de racines sèches fournissant 20 à 30 kg d'huile essentielle.



Figure 8 : Photo de *Vetiveria zizanioides* Stapf (Verobe, Verofehana)



Figure 9 : Souches de *Vetiveria zizanioides* Stapf



Figure 10 : Pépinière de *Vetiveria zizanioides* Stapf

Utilisation

Vetiveria zizanioides Stapf ou vétiver est une plante à usage multiple du fait que c'est une plante très résistante, qui peut pousser dans tous les types de sol à tous types de climats, qui ne se multiplie pas donc ne risque pas de devenir une mauvaise herbe et c'est une plante très facile à cultiver et à entretenir.

Le vétiver est essentiellement utilisé comme une plante anti-érosive :

- Les haies vétiver permettent la protection des sols : les tiges et les feuilles de vétiver retiennent les couches fertiles, les racines qui peuvent s'enfoncer jusqu'à 3 m de profondeur assure la stabilité contre les eaux de ruissellement causées par des grandes pluies.

- Lors des pluies, les haies vétiver retiennent les eaux et les repartissent, assurent ainsi une bonne humidité des sols de culture. On prétend que les haies vétiver augmentent jusqu'à moitié le taux de pluviométrie dans les champs de culture.

- Le vétiver est planté comme bordure dans les jardins et dans les rizières pour maintenir les terres des plates bandes.

- Les vétivers assurent la stabilisation des « lavaka » qui sont les principales sources de sédimentation des rivières et des champs de culture dans les bas fonds.

- Le vétiver permet la protection des nouvelles installations (barrages, building, routes, maisons, canaux d'irrigation...)

- Les feuilles pointues et les racines qui ont une odeur forte du vétiver font fuir les animaux nuisibles (rats, serpents ...) dans les champs de culture.

- Le vétiver peut être des haies pour les arbres fruitiers et les jeunes plantes que le vétiver protège contre la chaleur de l'été et le froid et le vent en hiver.

- Les jeunes feuilles de vétiver peuvent constituer des nourritures pour les bétails.

- Le vétiver peut produire une grande quantité de biomasse (15 à 30 tonnes par hectare par an et pouvant atteindre jusqu'à 100 tonnes) qui peut entrer dans la fabrication de composte.

Outre ses utilisations en culture, d'autres usages sont observés

- La médecine traditionnelle utilise le vétiver en décoction ou infusion contre les fièvres, les rhumatismes,...

- Les feuilles de vétiver sont utilisées pour fabriquer les toits des maisons.

- Les racines sèches sont utilisées pour fabriquer des chapeaux, des abat-jour, et plusieurs autres articles.

- En Inde, les racines de vétiver servaient à tisser des rideaux qui étaient ensuite humectés afin de rafraîchir l'atmosphère et diffuser une délicieuse senteur.

V.2.1.2- Huile essentielle de *Vetiveria zizanioides* Stapf

Extraction

L'huile essentielle de *Vetiveria zizanioides* Stapf est présente uniquement dans les racines qui forment un réseau de chevelu fin. Les cellules la renfermant sont localisées dans le parenchyme, au voisinage des grandes lacunes. Elle est extraite par hydrodistillation ou par entraînement à la vapeur sous pression (1,5 à 2 bar).

La distillation se fait généralement 48 heures après l'arrachage des racines mais certains distillateurs stockent les racines pendant 6 mois avant l'extraction.

L'extraction de l'huile essentielle dure généralement 8 heures, mais elle peut s'étendre jusqu'à 36 heures, un alambic de 2000 l peut contenir jusqu'à 280 kg de racines de *Vetiveria zizanioides* Stapf.

Le rendement est de 0,8 à 1 % jusqu'à 1,5 à 2% pour un alambic moderne.

Caractéristiques de l'huile essentielle de *Vetiveria zizanioides* Stapf

Caractéristiques organoleptiques

L'huile essentielle de *Vetiveria zizanioides* Stapf est composée d'une fraction légère qui a une densité légèrement inférieure à 1, qui est un liquide moins visqueux et moins ambré, et qui représente le $\frac{3}{4}$ et $\frac{1}{4}$ de fraction lourde qui a une densité légèrement supérieure à 1.

L'huile essentielle ainsi obtenue est un liquide épais, visqueux, de couleur qui varie du jaune au marron jaune et qui dégage une odeur lourde de forêt, de terre, boisée balsamique avec des accents sucrés-acides.

Caractéristiques physico-chimiques

Les caractéristiques physico-chimiques de l'huile essentielle de *Vetiveria zizanioïdes* Stapf sont groupées dans le tableau 42.

Constante Physico-chimiques	Haïti	Réunion
Densité à 20°C	0,986 à 0,998	0,99 à 1,015
Indice de réfraction	1,521 à 1,526	1,522 à 1,53
Pouvoir rotatoire spécifique	+ 22° à +38°	+ 19° à + 30°
Indice d'acide	14	35
Indice d'ester	5 à 16	5 à 16

Tableau 42: Caractéristiques physico-chimiques de l'huile essentielle de *Vetiveria zizanioïdes* Stapf

Composition chimique de l'huile essentielle de *Vetiveria zizanioïdes* Stapf

L'huile essentielle de *Vetiveria zizanioïdes* Stapf présente une composition chimique très complexe. Elle contient des composés aux propriétés physiques et chimiques très voisines qui sont très difficiles à séparer et à isoler.

Analyse en cpg

L'analyse en cpg de l'huile essentielle de *Vetiveria zizanioïdes* Stapf permet de dénombrer cent soixante (160) constituants dont une soixantaine d'entre eux seulement sont supposés être identifiés. Le tableau 43 rapporte les constituants majoritaires de l'huile essentielle de *Vetiveria zizanioïdes* Stapf.

Constituants	Proportions
Acide isoizanoïque	16,45%
Khusimol	15,76%
α -vétivone	5,17%
β -vétivone	2,3%
γ -gurjumène	1,78%
γ -calacorène	1,59%
α -cendrène	1,31%

Tableau 43 : Constituants majoritaires de l'huile essentielle

Utilisation de l'huile essentielle de *Vetiveria zizanioides* Stapf

L'huile essentielle de vétiver est principalement utilisée dans l'industrie de parfum, de savonnerie et de cosmétique mais aussi également appliquée en bains, beauté, massage, diffusion et soins dont voici quelques utilisations.

-L'huile essentielle de vétiver constitue une note de fond dans les parfums. Voici quelques exemples de parfums contenant du *Vetiveria zizanioides* Stapf :

Parfums pour femme : Notes vertes : « Chanel » Chanel

Notes florales : « First » Van Cleef et Arpels

Notes orientales : « Magie noire » Lancôme

Parfums pour homme : Notes citrons : « Lacoste » Lacoste

Notes lavandes : « Eau de Balenciaga lavande » Balenciaga

Notes boisées : « Vétiver » Lavin

- En versant quelques gouttes d'huile essentielle de vétiver dans un diffuseur prévu à cet effet et en laissant diffuser environ 20 minutes, l'huile essentielle de vétiver installe d'emblée une atmosphère propice au repos, à la dissipation de la mélancolie et au sommeil réparateur. L'huile essentielle de vétiver et une huile essentielle de fragrance profonde, tenace et sensuelle, créatrice d'harmonie intérieure.

- En mélangeant deux gouttes d'huile essentielle de vétiver avec deux cuillères à soupe de miel et deux gouttes d'huile essentielle d'arbre à thé, en appliquant le mélange sur le visage et en le laissant agir pendant un quart d'heure avant de le rincer à l'eau tiède additionnée de jus de citron, on chasse ainsi les imperfections de l'épiderme et fait retrouver une bonne mine.

- Pour le massage des jambes fatiguées après une journée éprouvante, on fait un massage des jambes et des chevilles vers les cuisses avec une huile constituée de 50 mL d'huile de massage additionnée de 25 gouttes d'huile essentielle de vétiver et 25 gouttes d'huile essentielle de cyprès.

- En soin, l'huile essentielle de vétiver a des actions antiseptiques, antiputrides, anti-infectieuses et bactéricides, elle équilibre le système nerveux et recentre l'énergie vitale.

V.2. 2- Etudes chimiques antérieures des huiles essentielles [27,33]

A notre connaissance, deux travaux ont été réalisés sur l'huile essentielle de *Vetiveria zizanioides* Stapf. Les travaux de RASOAMIARANIRINA (1986) et de NJARAMALALA (2003).

Les résultats qu'on a obtenus sur les travaux de RASOAMIARANIRINA sont seulement les caractéristiques physico-chimiques de l'huile essentielle qui sont portées dans le tableau 44.

Constante Physico-chimiques	Echantillon Rasoamiaranirana
Densité à 20°C	1,0227
Indice de réfraction	1,5253
Pouvoir rotatoire spécifique	+ 45°
Indice d'acide	30,5
Indice d'ester	145

Tableau : Caractéristiques de l'huile essentielle de Rasoamiaranirina

NJARAMALALA a extrait des racines fraîches et des racines sèches récoltées dans la région de Morarano Fandriana au mois de juin 2003 avec des rendements respectifs 0,14% et 0,31% où les caractéristiques organoleptiques sont groupées dans le tableau 45.

Caractéristiques	HE racines fraîches	HE racines sèches
Aspect	Liquide plus fluide	Liquide épais
Couleur	Jaune	Jaune
Odeur	Agréable, très tenace, boisée	Très puissante

Tableau 45 : Caractéristiques organoleptiques des huiles essentielles de NJARAMALALA

Les caractéristiques physiques de l'huile essentielle sont portées dans le tableau 46

Caractéristiques	HE exposée à la lumière	HE conservée à l'obscurité
Densité	1.038	1.037
Indice de réfraction	1.521	1.523
Pouvoir rotatoire	+41.4	+41.4

Tableau 46 : caractéristiques physiques des huiles essentielles de NJARAMALALA

Par fractionnement par clbp, NJARAMALALA a trouvé une teneur de 79% en fraction produits oxygénés et de 15,3% en fraction hydrocarbures terpéniques.

L'analyse en cpg de l'huile essentielle a permis d'identifier trois (3) pics correspondants aux molécules suivantes : zizanol, α -vetivone et β -vetivone.

Conclusion de la deuxième partie

Il ressort de cette partie que les travaux sur les *Vetiveria zizanioides* Stapf s'intéressent à la fois à sa culture et son huile essentielle et qu'à Madagascar entre autre, les études chimiques ne sont pas encore complètes en raison de la complexité de son huile essentielle. En effet sur 160 constituants seulement 3 constituants sont identifiés, environ une soixantaine sont identifiés qualitativement dont 6 ou 7 composants majoritaires. C'est pourquoi une étude plus poussée a été menée et constitue la troisième partie de notre travail.

TROISIÈME PARTIE

Troisième partie : Travaux personnels

Chapitre VI : Etude préliminaire

VI.1- Récolte des échantillons étudiés-----	84
a) Origine des échantillons-----	84
b) Caractéristiques des régions d'origine des échantillons-----	84
c) Traitement des racines de vétiver -----	85
VI.2- Criblage phytochimique-----	86
VI.2.1 Criblage des Alcaloïdes -----	86
VI.2.2-Criblage des Flavonoïdes et des Leucoanthocyanes-----	86
VI.2.3-Criblage des Anthraquinones-----	86
VI.2.4- Criblage des Saponines-----	87
VI.2.5-Criblage des Stérols insaturés et des Triterpènes -----	87
VI.2.6-criblage des Polysaccharides -----	87
VI.2.7- Criblage des Hétérosides cyanogènes-----	87
VI.2.8-Criblage des Tanins et Polyphénols -----	88
VI.2.9- Criblage des Cardénolides et des Bufadiénolides -----	88
VI.2.10-Discussion sur les résultats du criblage phytochimique -----	89

Chapitre VII : Etude de l'huile essentielle

VII.1- Extraction de l'huile essentielle-----	90
VII.1.1- Méthode d'extraction-----	90
VII.1.2- Résultats des extractions -----	93
VII.1.3- Discussion -----	93
VII.2- Caractéristiques de l'huile essentielle -----	93
VII.2.1- Caractéristiques organoleptiques-----	93
VII.2.3- Caractéristiques physiques-----	93
VII.2.4- Caractéristiques chimiques-----	93
VII.2.5- Discussion sur les caractéristiques des huiles essentielles -----	94
VII.3- Composition chimique des huiles essentielles -----	95
VII.3.1- Analyse en ccm-----	95
VII.3.2-Fractionnement en clbp -----	101
VII.3.3- Analyse en cpg -----	106
VII.3.4- Interprétation -----	116
Conclusion pour la troisième partie -----	117

Troisième partie : Travaux personnels

Comme nous avons spécifié dans les travaux antérieurs sur *Vetiveria zizanioïdes* Stapf, deux travaux ont déjà été effectués sur l'huile essentielle de *Vetiveria zizanioïdes* Stapf. Il est connu, d'après Bruneton, J. (1993), que cinq facteurs influent sur la composition des huiles essentielles, à savoir l'origine botanique c'est-à-dire l'espèce productrice, le chimiotype qui signifie les races chimiques, le cycle végétatif, les facteurs environnementaux qui sont les conditions climatiques et la nature du sol et le procédé d'obtention.

Pour notre part, il s'agit d'une même origine botanique et même chimiotype parce que c'est la même plante *Vetiveria zizanioïdes* Stapf, même cycle végétatif du fait que les plantes ont toutes 2 ans d'âge, même procédé d'extraction : hydrodistillation. Ainsi quatre (4) des cinq (5) facteurs étant les mêmes, il nous reste à étudier les facteurs environnementaux pour la variabilité de la composition chimique de l'huile essentielle de *Vetiveria zizanioïdes* Stapf.

Pour cela, la comparaison est portée sur l'étude de deux échantillons de plantes collectés dans deux régions différentes de Madagascar.

Ainsi sera exposé dans cette partie :

- les caractéristiques des lieux de récoltes.
- les résultats :
 - du criblage phytochimique
 - de l'extraction des huiles essentielles
 - des analyses chromatographiques en vue de la détermination des constituants des huiles essentielles

La comparaison est faite après chaque résultat.

Chapitre VI : Etude préliminaire

Ce chapitre porte sur la préparation des échantillons étudiés ainsi que les résultats du criblage phytochimique effectué sur chaque échantillon.

VI.1- Récolte des échantillons étudiés

Dans notre étude, deux échantillons que nous appellerons respectivement échantillon 1 et échantillon 2 feront l'objet d'une analyse et seront traités de la même manière.

a) Origine des échantillons

Echantillon 1

Les racines de *Vetiveria zizanioides* Stapf de l'échantillon 1 ont été récoltées dans la région de Miarinarivo, au mois de mai 2005 à partir de plantes de 2 ans d'âge.

Echantillon 2

Les racines de *Vetiveria zizanioides* Stapf de l'échantillon 2 ont été récoltées dans la région de Morarano Fandriana le mois d'octobre 2005, les plantes ayant également deux (2) ans d'âge.

Bien que les échantillons ne soient pas récoltés aux mêmes dates, elles sont comprises dans la même saison (sèche).

Les plantes de ces deux échantillons n'ont subi aucun entretien particulier durant leur plantation mais ont été uniquement plantées comme bordure dans les champs de culture.

b) Caractéristiques des régions d'origine des échantillons

Les données climatologiques et les types de sol sont les deux paramètres qui nous ont semblé pertinents pour caractériser chaque région d'origine des échantillons.

Données climatologiques

- La région de Miarinarivo appartient à la zone Moyenne Ouest de Madagascar qui présente un climat de transition entre celui chaud et semi-aride et celui des tropicaux d'altitude des hauts plateaux.

- Quant à la région de Fandriana, elle est située dans la zone haut plateau sud de Madagascar, ce qui lui confère un climat tropical d'altitude avec gelées, relativement sèche durant la période juin août.

Les données climatologiques de chaque zone à la quelle appartiennent les régions de Miarinarivo et Fandriana sont consignées dans les tableaux 47 et 48.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
P(mm)	469	385	320	75	93	0	0	8	3	11	288	218
TM	24,7	24,1	23,9	22,6	20	18,6	17,8	20,4	22,4	24,8	23,1	23,8

Source : MAEP

P : Pluviométrie en mm TM : Température moyenne par mois en °C

Total pluviométrie : 1870 mm

Température moyenne annuelle égale 22,1°C

Tableau 47: Données climatologiques de la zone Moyen Ouest

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
P(mm)	214	189	207	81	28	20	27	26	28	65	169	289
TM	19,4	19,5	18,7	17,5	14,9	17,6	17,8	20,4	22,4	17,4	18,6	19,3

Source : MAEP

P : Pluviométrie en mm TM : Température moyenne par mois en °C

Total pluviométrie :1343 mm

Température moyenne annuelle : 18,6°C

Tableau 48: Données climatologiques de la zone haut plateau sud

Les types de sol

Les types de sol pour chaque région sont consignés dans le tableau 49

	Moyen Ouest	Haut plateau sud
Type de sol	Sol ferrallitique rouge	Association sols ferrallitiques rouge + jaune/ rouge

Source : MAEP

Tableau 49: Type de sol

c) Traitement des racines de vétiver

Après avoir être récoltées, les racines sont lavées à grande eau pour les débarrasser des terres qui restent après le secouage de la masse terre racines. Les racines sont ensuite placées dans un endroit sec aéré à l'abri des rayons de soleil, pour y être séchées.

Pour savoir si les racines sont totalement débarrassées de son humidité, on les a pesé tous les deux jours, et lorsqu'on a obtenu des masses constantes

sur trois pesages, les racines sont broyées grossièrement puis emballées dans des sacs en plastique.

VI.2- Criblages phytochimiques

Pour la détermination des principales familles chimiques présentes dans les racines de vétiver des deux échantillons, la méthode de FONG et coll. a été appliquée (les détails sur la méthode sont consignés en annexe 1).

VI.2.1- Criblage des Alcaloïdes

Echantillon	Echantillon 1			Echantillon 1		
Test	Mayer	Wagner	Draggendorff	Mayer	Wagner	Draggendorff
Observation	Aucun précipité	Aucun précipité	Aucun précipité	Aucun précipité	Aucun précipité	Aucun précipité
Résultats	-	-	-	-	-	-

Tableau 50: Résultats du criblage des alcaloïdes

Les résultats des tests nous montrent que les alcaloïdes sont absents dans les racines de vétiver des deux échantillons étudiés.

VI.2.2- Criblage des Flavonoïdes et des Leucoanthocyanes

Echantillon	Echantillon 1		Echantillon 2	
Test	Wilstater	Bate-smith	Wilstater	Bate-smith
Coloration	Rouge orangé	Rouge violacé	incolore	Rouge violacé
Résultat	+ (faible)	+	-	+

Tableau 51: Résultats du criblage des flavonoïdes et des leucoanthocyanes

L'échantillon 1 renferme des flavonoïdes en quantité faible et des leucoanthocyanes, l'échantillon 2 ne contient que des leucoanthocyanes.

VI.2.3- Criblage des Anthraquinones

Echantillon	Echantillon 1	Echantillon 2
Test	Bornstranger	Bornstranger
Coloration de la phase alcaline	Jaune verdâtre	Jaune clair
Résultat	-	-

Tableau 52: Résultats du criblage des anthraquinones

Les deux échantillons ne renferment pas des anthraquinones.

VI.2.4- Criblage des Saponines

Echantillon	Echantillon 1	Echantillon 2
Test de la mousse (hauteur de la mousse)	0,3 cm	0,2 cm
Résultats	-	-

Tableau 53: Résultats du criblage des saponines

Les saponines sont absentes dans les deux échantillons.

VI.2.5- Criblage des Stérols insaturés et des Triterpènes

Echantillon	Echantillon 1		Echantillon 2	
Test	Libermann Burchard	Salkovski	Libermann Burchard	Salkovski
Coloration	Bleu-vert	Rouge	Bleu-vert	Rouge
Résultat	+	+	+	+

Tableau 54: Résultats du criblage des stérols insaturés et des triterpènes

Les deux échantillons contiennent des stérols insaturés mais ne contiennent pas des triterpènes.

VI.2.6- Criblage des polysaccharides

Echantillon	Echantillon 1	Echantillon 2
Observation	Précipité blanc (Très faible)	+
Résultat	Précipité blanc (Très faible)	+

Tableau 55: Résultats du criblage des polysaccharides

Les polysaccharides sont présents mais en très faible quantité dans les deux échantillons.

VI.2.7- Criblage des hétérosides cyanogènes

Echantillon	Echantillon 1	Echantillon 2
Test	Grignard	Grignard
Observation du papier WHATMANN	Aucun changement de couleur	Aucun changement de couleur
Résultat	-	-

Tableau 56 : Résultats du criblage des hétérosides cyanogènes

Les hétérosides cyanogènes sont absents dans les deux échantillons.

VI.2.8-Criblage des tanins et polyphénols

Echantillon	Echantillon 1			Echantillon 2		
Test	Gélatine 1%	Gélatine salée	FeCl ₃	Gélatine 1%	Gélatine salée	FeCl ₃
Observation	Aucun précipité	Aucun précipité	Noir	Aucun précipité	Aucun précipité	Noir
Résultat	-	-	-	-	-	-

Tableau 57: Résultat du criblage des tanins et polyphénols

Les deux échantillons ne contiennent ni des tanins ni des polyphénols.

VI.2.9- Criblage des cardénolides et des bufadiénolides

Echantillon	Echantillon 1	Echantillon 2
Test	Keller- Killiani	Keller- Killiani
Observation	Anneau pourpre	Anneau pourpre
Résultat	+	+

Tableau 58: Résultat du criblage des cardénolides et des bufadiénolides

Les deux échantillons renferment des 2-désoxysucres

Les résultats du criblage phytochimique des deux échantillons des racines de vétiver sont groupés dans le tableau 56.

Familles chimiques	Echantillon 1	Echantillon 2
Alcaloïdes	-	-
Flavonoïdes	+ (faible)	-
Leucoanthocyanes	+	+
Anthraquinones	-	-
Saponines	-	-
Stérols insaturés	+	+
Triterpènes	-	-
Polysaccharides	+ (très faible)	+ (très faible)
Hétérosides cyanogènes	-	-
Tanins et polyphénols	-	-
2-désoxysucres	+	+

(+) : Présence. (-) : Absence.

Tableau 59 : Récapitulation des résultats du criblage phytochimique

VI.2.10-Discussion sur les résultats du criblage phytochimique.

Les résultats du criblage phytochimique nous montrent la présence des leucoanthocyanes, des stérols insaturés, des 2-déoxysucres et des polysaccharides dans les deux échantillons avec des proportions quasiment égales. On a décelé la présence de faible quantité de flavonoïdes dans l'échantillon 1 toutefois la différence n'est pas significative et ne pourra être considérée comme définitive sans examen complémentaire.

Chapitre VII : Etude de l'huile essentielle

VII.1- Extraction des huiles essentielles

VII.1.1- Méthode d'extraction

La méthode utilisée pour extraire l'huile essentielle de vétiver est l'hydrodistillation, en utilisant un appareil d'extraction de type CLAVENGER.

Les racines sèches, grossièrement broyées, préalablement macérées dans de l'eau pendant 24 heures, sont introduites dans un ballon contenant de l'eau distillée et quelques pierres ponce. Le montage d'hydrodistillation est réalisé en adaptant l'essencier sur le ballon et le réfrigérant sur l'essencier. L'ensemble est ensuite porté à l'ébullition, l'huile essentielle est entraînée avec la vapeur d'eau, après condensation dans le réfrigérant, l'huile essentielle et l'eau tombent dans l'essencier et l'huile se sépare de l'eau par différence de densité.

On arrête l'extraction quand le volume de l'huile essentielle obtenu reste constant.



Figure 11: Schéma du montage d'hydrodistillation

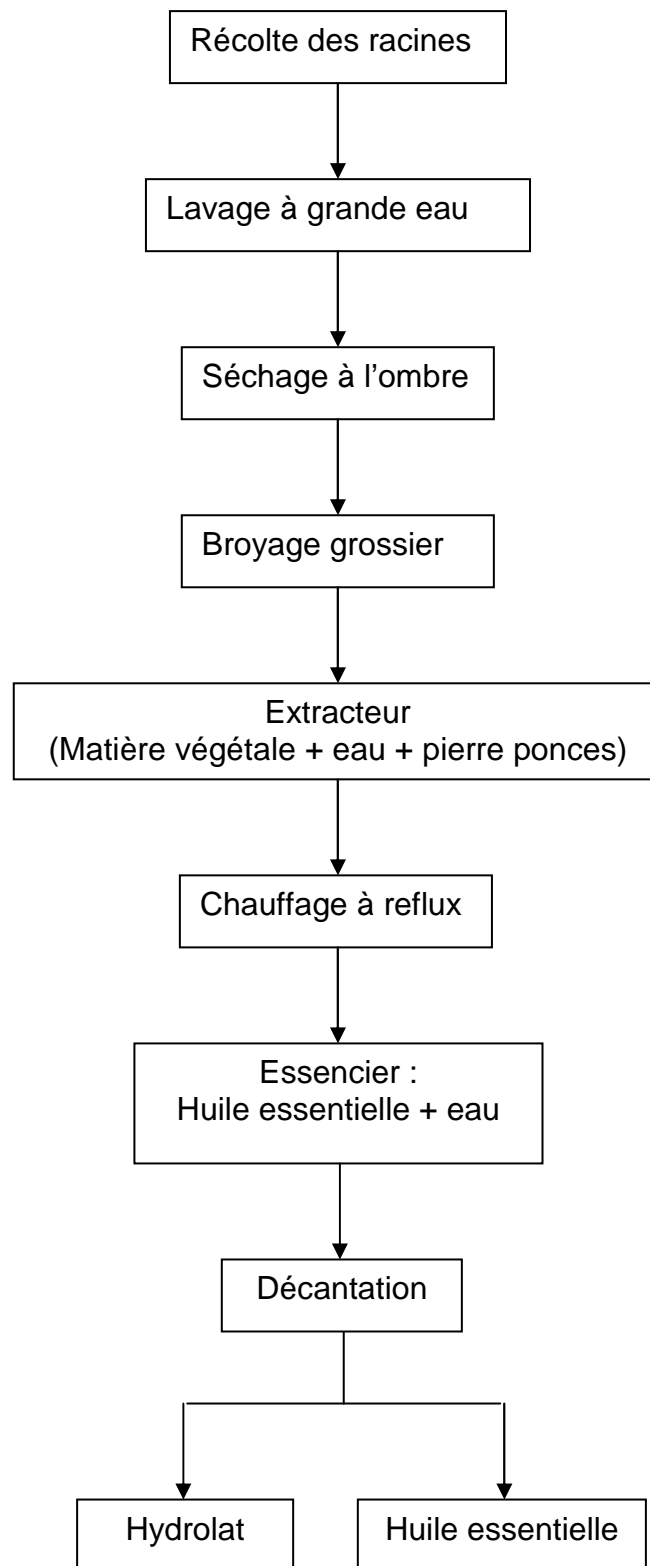


Figure 12: Déroulement de l'extraction

VII.1.2- Résultats des extractions

Les résultats des extractions des huiles essentielles des deux échantillons étudiés effectuées au laboratoire sont portés dans le tableau 60.

Echantillon	Echantillon 1	Echantillon 2
Durée de l'extraction	8 heures	8 heures
Masse des racines (g)	100	100
Masse de l'huile essentielle obtenue (g)	1.4361	1.4402
Rendement (m/m)	1.436%	1.440%

Tableau 60: Résultats des extractions des deux échantillons d'étude

VII.1.3- Discussion

Les résultats des extractions nous montrent que la teneur en huile essentielle des racines de vétiver issues des deux échantillons étudiés est quasiment identique. Les rendements (1,436% et 1,440%) sont compris dans fourchette des rendements des extractions indiqués dans la littérature et les normes sur l'huile essentielle de vétiver (0.8% à 0,2%).

Ces résultats pratiquement similaires nous laissent supposer que l'origine géographique différente, avec ces facteurs environnementaux, a peu d'influence sur la teneur en huile essentielle dans les racines de vétiver.

VII.2- Caractéristiques des huiles essentielles

VII.2.1- Caractéristiques organoleptiques

Les caractéristiques organoleptiques des huiles essentielles issues des deux échantillons étudiés sont exposées dans le tableau 61.

Caractéristique	Echantillon 1	Echantillon 2
Aspect	Liquide épais	Liquide visqueux
Couleur	Jaune verdâtre, tirant vers le marron jaune au fur et à mesure du vieillissement	Jaune verdâtre, tirant vers le marron jaune clair au fur et à mesure du vieillissement
Odeur	lourde de forêt et de terre	lourde de forêt et de terre

Tableau 61 : Caractéristiques organoleptiques des huiles essentielles étudiées

VII.2.2- Caractéristiques physiques

Les caractéristiques physiques des huiles essentielles des deux échantillons d'étude sont rapportées dans le tableau 62.

Caractéristique	Echantillon 1	Echantillon 2
Densité relative à 20°C	1,022	1,031
Indice de réfraction spécifique apparente	1,5214	1,5221
Pouvoir rotatoire	+31,154°	+32,849°

Tableau 62 : Valeurs des caractéristiques physiques des huiles essentielles étudiées

VII.2.3- Caractéristiques chimiques

Les caractéristiques chimiques des deux huiles essentielles étudiées sont consignées dans le tableau 63.

Caractéristique	Echantillon 1	Echantillon 2
Indice d'acide IA	21,879	27,489
Indice d'ester IE	8,415	5,61

Tableau 63: Valeurs des caractéristiques chimiques des deux huiles essentielles étudiées

VII.2. 4- Discussion sur les caractéristiques des huiles essentielles

Concernant les caractéristiques organoleptiques des deux huiles essentielles, leurs odeurs sont semblables, mais sur l'aspect et la couleur, l'échantillon 2 est plus fluide et plus claire que l'échantillon 1.

Les deux huiles essentielles présentent pratiquement les mêmes caractéristiques physiques et sont analogues à ceux qui sont indiqués la littérature et les normes : leur densité légèrement supérieure à 1 nous montre que les huiles essentielles obtenues sont de types lourdes et leur pouvoir rotatoire positif nous informe que ces huiles essentielles sont dextrogyres.

Sur les caractéristiques chimiques, les résultats présentent des différences notables. L'huile essentielle de l'échantillon 1 a un IA inférieur à celui de l'huile essentielle de l'échantillon 2 de près de 33% tandis que pour l'IE l'huile essentielle de l'échantillon 1 a un IE supérieur à celui de l'huile essentielle de l'échantillon 2. mais ces résultats sont tous compris dans la fourchette des valeurs données dans la littérature et les normes sur l'huile essentielle de vétiver.

La différence sur les caractéristiques chimiques signifie que l'huile essentielle de l'échantillon 2 présente une quantité supérieure d'acide libre et une quantité inférieure en ester que celui de l'échantillon 1.

VII.3- Composition chimique des huiles essentielles

Pour avoir les informations sur la composition chimique de nos deux huiles essentielles, les trois méthodes chromatographiques classiques d'analyse ont été réalisées, à savoir la ccm, la clbp et la cpg.

VII.3.1- Analyse en ccm

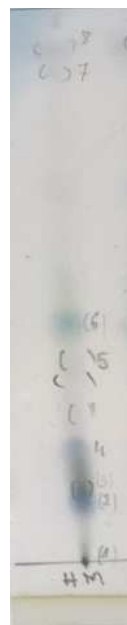
L'analyse en ccm des huiles essentielles totales des racines de vétiver permet d'avoir un profil rapide du nombre des constituants des huiles essentielles ainsi que de savoir la relation entre ces huiles essentielles et les systèmes d'élution utilisés.

Après plusieurs essais avec plusieurs systèmes de solvant, on a retenu pour les analyses les mélanges binaires de proportion:

- Ether de pétrole / acétate d'éthyle (95/5)
- Hexane / dichlorométhane (6/5)

Au cours des analyses en ccm, toutes les plaques analysées ont été observées sous UV 365 nm et révélées à la vanilline sulfurique.

Les résultats de l'analyse en ccm des deux huiles essentielles des racines de vétiver et leurs mélanges sont consignés dans les tableaux 64 et 65.



Support : Gel de silice

Eluant : Ether de pétrole / Acétate d'éthyle (95/5)

Observation : UV 365 nm

Révélateur : vanilline sulfurique

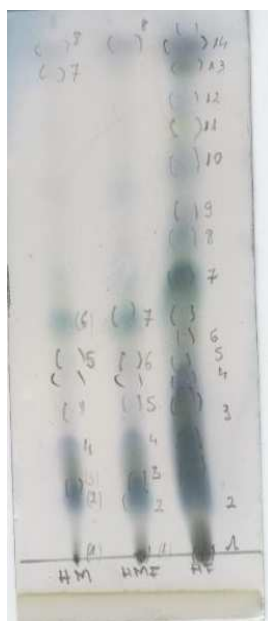
Légende : HM : huile essentielle de l'échantillon 1
HF : huile essentielle de l'échantillon 2

Figure 13: Chromatogramme ccm de l'huile essentielle totale de l'échantillon 1 et l'échantillon 2 avec le système Ether de pétrole / Acétate d'éthyle (95/5)

Code	N°	Rf	Couleur	
			UV 365	Vanilline sulfurique
HM	1	0,0125	-	Gris foncé
	2	0,0875	-	Bleu
	3	0,1500	Bleu ciel	Rose violacé
	4	0,2125	Marron clair	Gris vert
	5	0,2250	Bleu	Bleu clair
	6	0,3750	Marron violet	Bleu ciel
	7	0,4375	Bleu	Bleu ciel
	8	0,8875	Marron noir	Bleu
	9	0,9375	-	Bleu gris clair
HF	1	0	-	Gris foncé
	2	0,0112	Marron	Bleu
	3	0,2875	Marron noir	Violet marron
	4	0,3375	Marron violet	Bleu foncé
	5	0,3665	Marron noir	Bleu clair
	6	0,4250	-	Violet foncé
	7	0,5000	-	Bleu
	8	0,5750	-	Bleu clair
	9	0,6250	-	Rose violacé
	10	0,7250	-	Bleu ciel
	11	0,8000	-	Jaune clair
	12	0,825	-	Bleu ciel
	13	0,8875	-	Vert jaune
	14	0,9250	-	Violet gris

Tableau 64 : résultats des analyses en ccm de HM et HF avec le système de solvant Ether de pétrole/ Acétate d'éthyle

Afin d'avoir plus d'information, une ccm comparée avec le mélange des huiles essentielles des deux échantillons a été effectuée.



Support : Gel de silice

Eluant : Ether de pétrole / Acétate d'éthyle 95/5

Observation : UV 365 nm

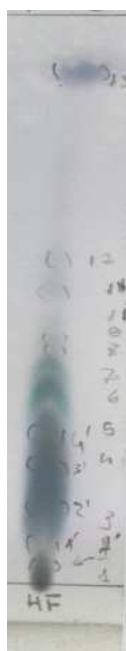
Révélateur : vanilline sulfurique

Légende : HM : huile essentielle de l'échantillon 1
HMF : mélange des deux huiles essentielles
HF : huile essentielle de l'échantillon 2

Figure 14: Chromatogramme ccm de HM, HMF et HF

Pour confirmer les résultats obtenus lors de la première série de ccm, un autre système d'éluant a été utilisé : le système Hexane/ dichlorométhane 6/4.

Les résultats sont prescrits dans les figures et tableaux qui suivent.



Support : Gel de silice

Eluant : Hexane / dichlorométhane (6/4)

Observation : UV 365 nm

Révélateur : vanilline sulfurique

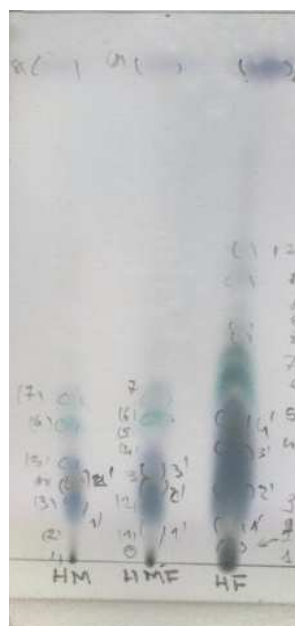
Légende : HM : huile essentielle de l'échantillon 1
HF : huile essentielle de l'échantillon 2

Figure 15: Chromatogramme ccm de l'huile essentielle totale de l'échantillon 1 et l'échantillon 2 avec le système Hexane / dichlorométhane (6/4)

Code	N°	Rf	Couleur	
			UV 365	Vanilline sulfurique
HM	1	0	-	Gris foncé
	2	0,0500	-	Violet clair
	3	0,1000	Bleu ciel	Bleu
	4	0,1500	Bleu	Violet
	5	0,1875	-	Bleu ciel
	6	0,2500	-	Bleu clair
	7	0,3000	-	Bleu
	8	0,9000	-	Gris clair
HF	1	0	-	Gis foncé
	2	0,0375	-	Bleu noir
	3	0,0750	Bleu ciel	Rose violacé foncé
	4	0,1750	Vert gris	Bleu gris foncé
	5	0,2125	Violet	Violet gris
	6	0,2750	Bleu	Violet
	7	0,3500	-	Bleu
	8	0,3937	-	Bleu ciel
	9	0,4312	-	Violet
	10	0,4375	-	Bleu clair
	11	0,4875	-	Violet
	12	0,5250	-	Violet foncé
	13	0,5750	-	Bleu violet
	14	0,9250	-	Bleu violacé

Tableau 65 : résultats des analyses en ccm de HM et HF avec le système de solvant Ether de pétrole/ Acétate d'éthyle

La figure la ccm comparée des deux huiles essentielles brute avec le système hexane/dichlorométhane (6/4).



Support : Gel de silice

Eluant : Hexane / dichlorométhane 6/4

Observation : UV 365 nm

Révélateur : vanilline sulfurique

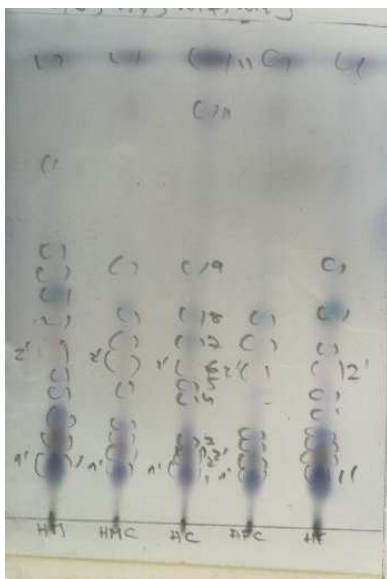
Légende : HM : huile essentielle de l'échantillon 1
HMF : mélange des deux huiles essentielles
HF : huile essentielle de l'échantillon 2

Figure 16 : Chromatogramme ccm de HM, HMF et HF

Discussion

Les résultats en ccm semblent présenter une différence notable sur le nombre de constituants des deux huiles essentielles des deux échantillons. En effet L'huile essentielle totale de l'échantillon 2 présente un plus grand nombre de taches séparées (14) par rapport à l'échantillon1 (9). Toute fois, il est possible que cette différence sur le nombre de taches séparées est due à des erreurs au cours du dépôt en ccm : la concentration de HT2 est supérieure qu'à celui de HT1.

En vue d'une meilleure comparaison, on a effectué l'analyse en ccm d'une huile essentielle commerciale de vétiver (BioAroma) dont les résultats sont consignés dans les figures ci-après.



Support : Gel de silice

Eluant : Ether de pétrole / Acétate d'éthyle 95/5

Observation : UV 365 nm

Révélateur : vanilline sulfurique

Légende : HM : huile essentielle de l'échantillon 1

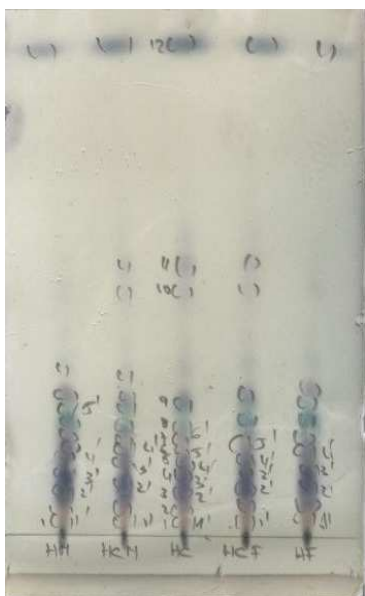
HMC : mélange huile commerciale et celle de l'échantillon 1

HC : huile essentielle commerciale

HFC : mélange huile commerciale et celle de l'échantillon 2

HF : huile essentielle de l'échantillon 2

Figure 17: Chromatogramme ccm de HM, HMC, HC, HFC et HF



Support : Gel de silice

Eluant : Hexane / dichlorométhane 6/4

Observation : UV 365 nm

Révélateur : vanilline sulfurique

Légende : HM : huile essentielle de l'échantillon 1

HCM : mélange huile commerciale et celle de l'échantillon 1

HC : huile essentielle commerciale

HCF : mélange huile commerciale et celle de l'échantillon 2

HF : huile essentielle de l'échantillon 2

Figure 18: Chromatogramme ccm de HM, HCM, HC, HCF et HF

Discussion

L'huile essentielle commerciale présente des chromatogrammes en ccm presque identique à nos deux échantillons, ces résultats nous laissent supposer que ces huiles essentielles sont pratiquement identiques en ce qui concerne leurs compositions chimiques.

VII.3.2-Fractionnement en clbp

Un fractionnement par clbp a été effectué en vue de séparer l'huile essentielle totale (HT) en ses deux principales séries de constituants : les hydrocarbures terpéniques (HY) et les produits oxygénés (PO).

Pour le fractionnement de chaque huile totale, les hydrocarbures terpéniques sont élués par l'éther de pétrole et les produits oxygénés sont élués par l'éther diéthylique. Les résultats du fractionnement des deux huiles essentielles totales sont rapportés dans le tableau 66.

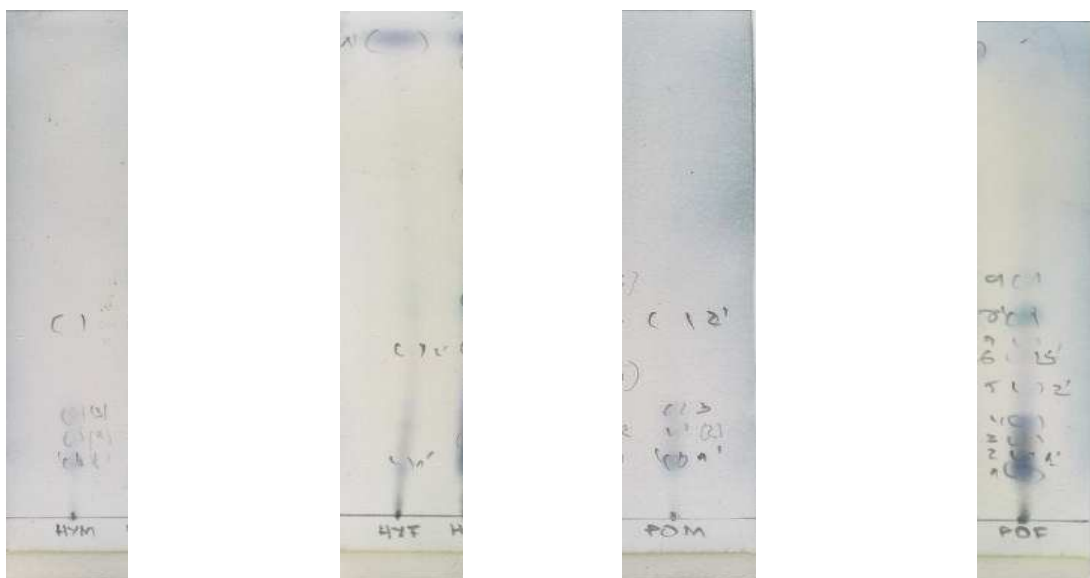
Désignation	Echantillon 1		Echantillon 2	
	Masse (mg)	Rendement En %(m/m)	Masse (mg)	Rendement En %(m/m)
Huile essentielle totale	205	100	218	100
Hydrocarbures terpéniques	28,5	13,9	39,7	18,21
Produits oxygénés	170,5	82,97	161,5	74,08
Pertes	6,4	3,13	16,8	7,71

Tableau 66 : Résultats du fractionnement des huiles essentielles totales

Plusieurs raisons peuvent être à l'origine des pertes de masse constatées :

- la grande volatilité des huiles essentielles qui, pendant la séparation, se volatilisent.
- certains produits peuvent être retenus dans la colonne de séparation.
- une partie des constituants peut être entraînée par les solvants lors de l'élimination de ce dernier au bain-marie.

Les deux fractions hydrocarbures terpéniques et produits oxygénés des huiles essentielles totales issues des deux échantillons sont suivies en ccm. Les résultats sont représentés dans les tableaux 67 et 68.



Support : Gel de silice

Eluant : Ether de pétrole / Acétate d'éthyle 95/5

Observation : UV 365 nm

Révélateur : vanilline sulfurique

Légende : HYM : Fractions hydrocarbures terpéniques de l'huile essentielle de l'échantillon 1

HYF : Fractions hydrocarbures terpéniques de l'huile essentielle de l'échantillon 2

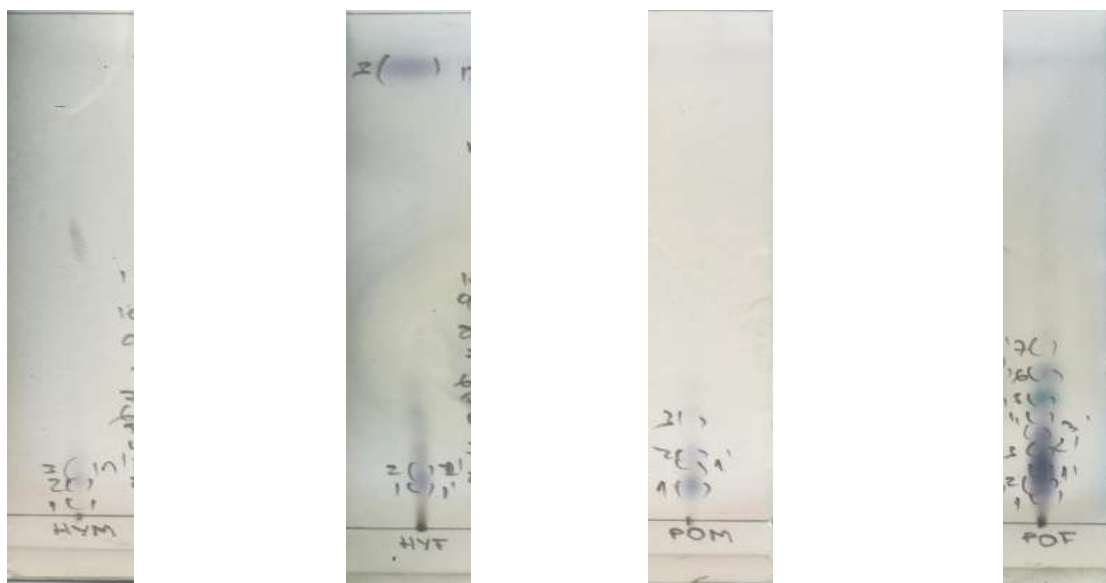
POM : Fractions produits oxygénés de l'huile essentielle de l'échantillon 1

POF : Fractions produits oxygénés de l'huile essentielle de l'échantillon 2

Figure 19: Chromatogramme ccm des fractions HYM, HYF, POM et POF avec le système de solvant Ether de pétrole / acétate d'éthyle (95/5).

code	N°	Rf	Couleur	
			UV	Vanilline sulfurique
HYM	1	0,1250	Bleu ciel	Bleu ciel
	2	0,1625	Vert clair	Violet clair
	3	0,2125	-	Bleu ciel
	4	0,9625	-	Bleu gris clair
HYF	1	0,1	Vert gris	Vert
	2	0,325	Bleu ciel	Gris jaune
	3	0,95	-	Violet gris
POM	1	0,125	Bleu	Bleu foncé
	2	0,175	Vert	Rose violacé
	3	0,225	-	Bleu clair
	4	0,4	-	Bleu ciel
POF	1	0,1	-	Gris vert
	2	0,1375	Vert	Vert gris
	3	0,1625	-	Gris violacé
	4	0,2	-	Gris foncé
	5	0,275	Marron	Gris clair
	6	0,3312	Violet	Gris clair
	7	0,3562	-	Gris clair
	8	0,4125	-	Marron gris
	9	0,4812	-	Gris clair

Tableau 67: résultats des analyse en ccm des fractions HYM, HYF, POM et POF avec le système de solvant Ether de pétrole / acétate d'éthyle (95/5).



Support : Gel de silice

Eluant : Hexane / dichlorométhane 6/4

Observation : UV 365 nm

Révélateur : vanilline sulfurique

Légende : HYM : Fractions hydrocarbures terpéniques de l'huile essentielle de l'échantillon 1

HYF : Fractions hydrocarbures terpéniques de l'huile essentielle de l'échantillon 2

POM : Fractions produits oxygénés de l'huile essentielle de l'échantillon 1

POF : Fractions produits oxygénés de l'huile essentielle de l'échantillon 2

Figure 20: Chromatogramme ccm des fractions HYM, HYF, POM et POF avec le système de solvant Hexane / dichlorométhane (6/4)

La description de ces ccm est donnée dans le tableau 67.

code	N°	Rf	Couleur	
			UV	Vanilline sulfurique
HYM	1	0,0250	-	Violet clair
	2	0,0625	-	Bleu
	3	0,1000	Bleu	Violet gris
	4	0,9125	-	Gris clair
HYF	1	0,0750	Gris violet	Gris violet
	2	0,1000	Bleu	Vert gris
	3	0,9000	-	Gris clair
POM	1	0,6250	-	Vert gris
	2	0,1000	Bleu	Vert bleu
	3	0,1250	Rouge gris	Violet gris
	4	0,2000	Bleu vert	Gris clair
POF	1	0,0500	-	Gris jaune
	2	0,0750	-	Gris vert
	3	0,1060	Violet gris	Gris foncé
	4	0,1375	-	Vert
	5	0,1625	Bleu violet	Violet
	6	0,1875	Marron gris	Gris vert
	7	0,2125	-	Gris foncé
	8	0,3062	-	Gris
	9	0,3500	-	Gris clair

Tableau 68 : résultats des analyse en ccm des fractions HYM, HYF, POM et POF
avec le système de solvant Hexane / dichlorométhane (6/4)

Il aurait pu être plus concluant d'analyser les fractions hydrocarbures terpéniques et les fractions produits oxygénés avec des solvants de polarité appropriée à chaque fraction. Les fractions hydrocarbures terpéniques seraient éluées par un système de solvant moins polaire et les fractions produits oxygénés par un système de solvant plus polaire. Mais faute de solvant nous n'avons pas eu la possibilité de le faire.

VII.3.3- Analyse en cpg.

L'analyse en cpg des huiles essentielles permet de connaître les nombres de constituants, de les identifier et d'avoir les proportions relatives de chacun des constituants dans l'huile.

Le profil chromatographique des deux huiles essentielles des deux échantillons, des fractions hydrocarbures terpéniques de l'échantillon 1 et les fractions produits oxygénés sont obtenus par analyse sur une colonne moyennement polaire.

Les méthodes d'ajouts, de comparaison des temps de rétention et la comparaison des résultats au laboratoire ont été appliquées dans l'identification des pics issus du profil chromatographique.

Les figures 27, 28, 29, 30, 31 rapportent les chromatogrammes en cpg des deux huiles essentielles des deux échantillons ainsi que ceux des fractions hydrocarbures terpéniques et produits oxygénés de l'échantillon 1. Ils ont été réalisés auprès du Centre National de Recherche sur l'Environnement (CNRE).

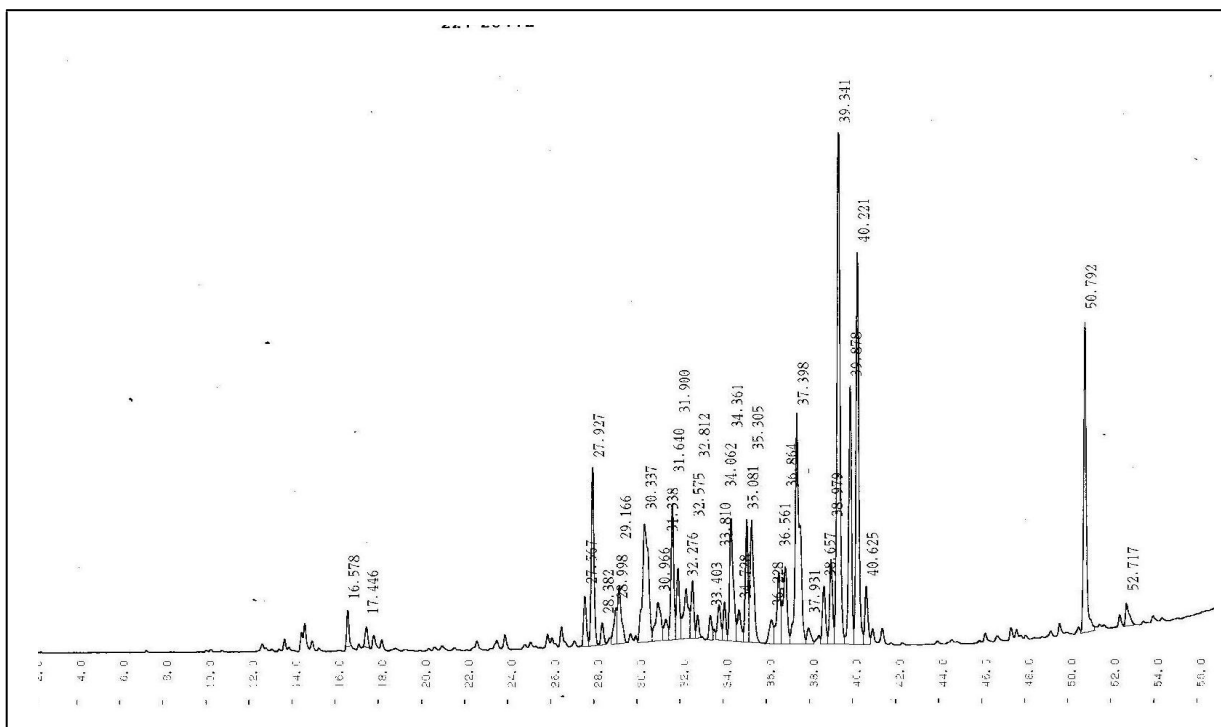


Figure 21: Chromatogramme en cpg de l'huile essentielle de l'échantillon 1 sur TR-WAX

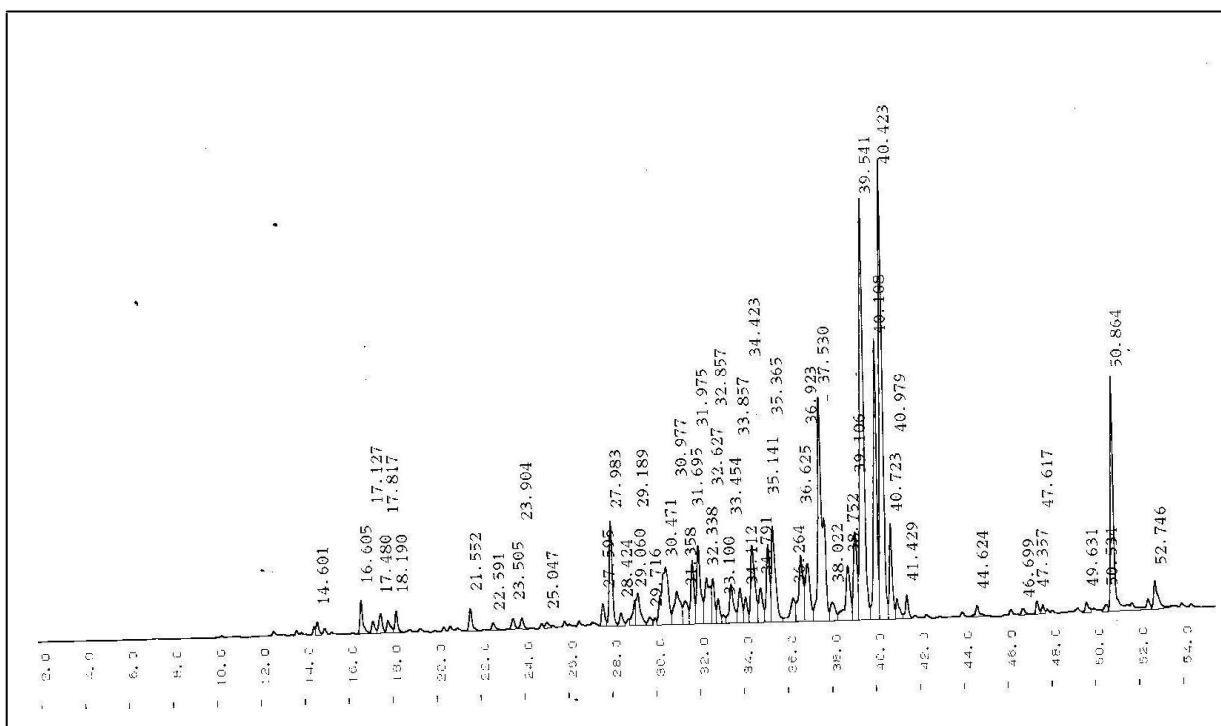


Figure 22: Chromatogramme en cpg de l'huile essentielle de l'échantillon 2 sur TR-WAX

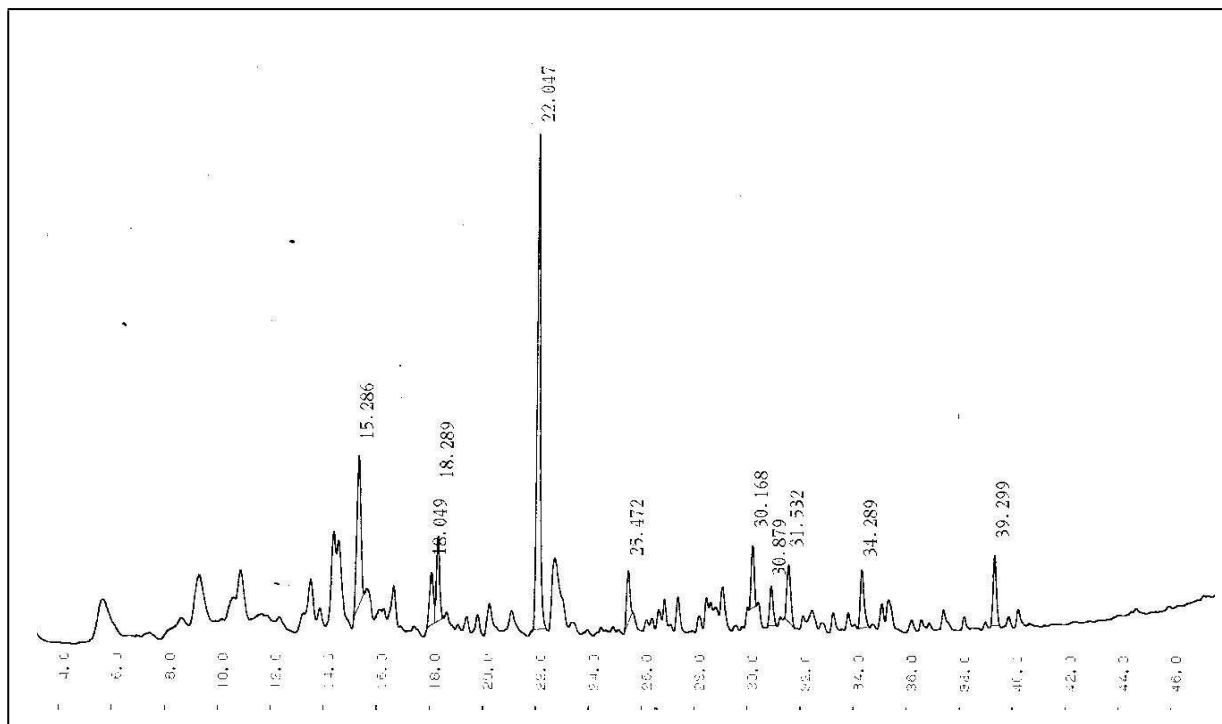


Figure 23: Chromatogramme en cpg de la fraction hydrocarbures terpéniques sur TR-WAX

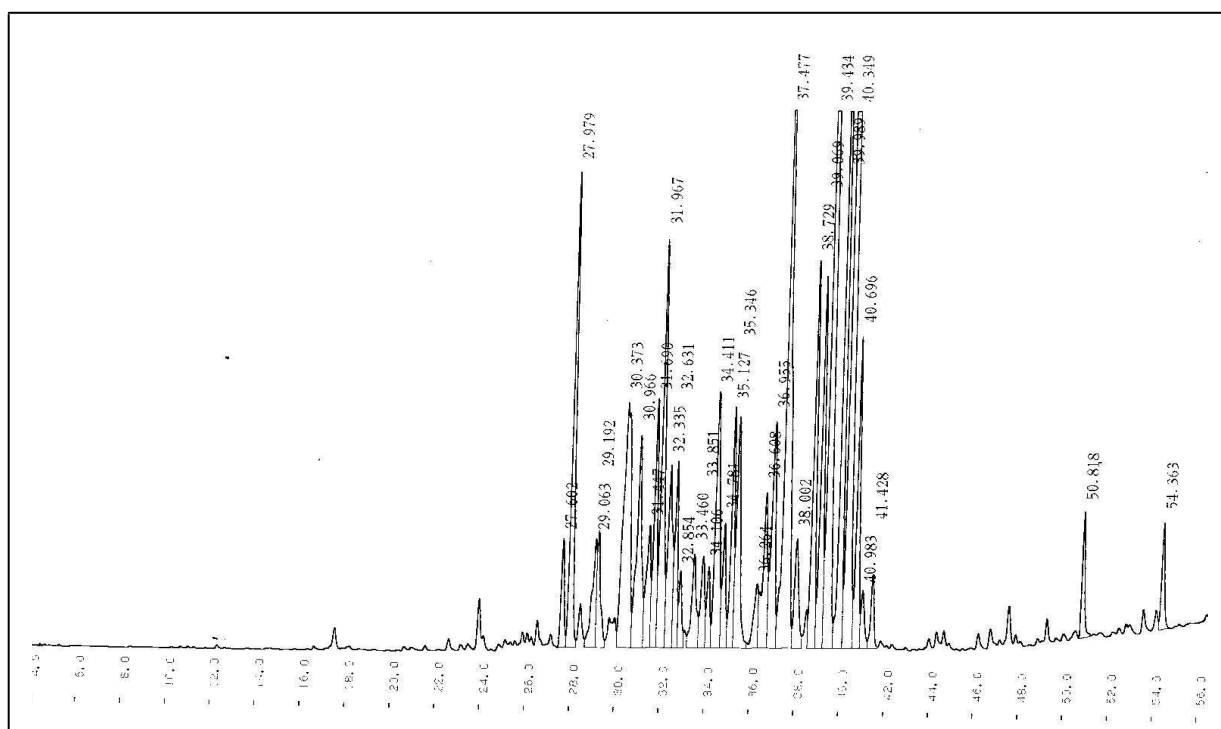


Figure 24: Chromatogramme en cpg de la fraction produits oxygénés sur TR-WAX

Le tableau 69 qui suit rapporte les résultats du chromatogramme de la figure 21.

PIC N°	Temps de rétention	Identification	Concentration (%)
1	9,729	α -gurjumène	trace
2	10,315	α -copaène	trace
3	10,736	α -cédrène	trace
4	12,631	Linalol	trace
5	13,684	β -caryophyllène	trace
6	14,574	NI	0.229
7	14,947	Aromadendrène	trace
8	16,578	α -funebrène	0,67253
9	17,446	NI	0,48584
10	18 ,153	alloaromadendrène	trace
11	20,061	NI	trace
12	21,031	NI	trace
13	22,562	NI	0.1400
14	23,578	NI	trace
15	23,871	NI	0.3111
16	25,157	NI	trace
17	25,957	NI	trace
18	26,038	NI	0.1301
19	26,481	NI	0.3410
20	27,052	Oxyde de caryophyllène	trace
21	27,576	NI	1,222727
22	27,927	NI	4,17257
23	28,382	NI	0,5595
24	28,998	NI	0,99549
25	29,166	NI	1,81131
26	30,337	NI	6,10947
27	30,966	NI	1,8339
28	31,338	NI	0,7195
29	31,64	NI	3,35982

30	31,9	NI	1,7458
31	32,276	NI	2,20022
32	32,575	NI	1,42192
33	32,812	NI	1,49597
34	33,403	NI	0,62392
35	33,81	NI	1,02992
36	34,062	NI	0,90141
37	34,361	NI	3,88263
38	34,728	NI	1,00259
39	35,081	NI	2,88981
40	35,305	NI	3,80482
41	36,228	NI	0,86549
42	36,561	NI	2,26176
43	36,864	NI	2,78093
44	37,398	NI	8,75682
45	37,931	NI	0,55223
46	38,657	β-vétivone	1,5839
47	38,979	nootkatone	2,18183
48	39,341	khusimol	13,92359
49	39,878	NI	6,1801
50	40,221	α-vétivone	9,5468
51	40,625	NI	1,45767
52	50,792	Acide zizanoïque	7,21891
53	52,517	NI	0,75514
Total des hydrocarbures terpéniques			0,6725
Total des produits oxygénés			27,296
Total des non identifiés			72,0315

Tableau 69: Résultats de l'analyse en cpg de l'huile essentielle totale de l'échantillon 1
NI : non identifié

Les constituants en trace sont des constituants qui ont une concentration relative inférieur à 0,1%

Interprétation

Parmi les 53 pics obtenus sur le chromatogramme de la figure 21, quatorze (14) pics seulement ont pu être identifiés du fait de l'extrême complexité de l'huile essentielle :

- 7 hydrocarbures terpéniques : - α -gurjumène (trace)
 - α -copaène (trace)
 - β -carryophyllène (trace)
 - α -cédrène (trace)
 - Aromadendrène (trace)
 - α -funebrène (0,67253%)
 - alloaromadendrène (trace)
- 7 produits oxygénés : - linalol (trace)
 - Oxyde de carryophyllène (trace)
 - β -vétivone (1,5839%)
 - nootkatone (2,1818%)
 - khusimol (13,9835%)
 - α -vétivone (9,5468%)
 - l'acide zizanoïque (7,2189%).

Les produits majoritaires de l'huile essentielle de l'échantillon 1 sont des produits oxygénés : le khusimol (13,9835%), l' α -vétivone (9,5468%) et l'acide zizanoïque (7,2189%).

72,03% des constituants séparés sont non identifiés, parmi ces constituants 3 d'entre eux ont des concentrations relativement importantes, entre 6 à 8% (pic N° 26, 44 et 49).

Les résultats du chromatogramme de la figure 22 sont portés dans le tableau 70

PIC N°	Temps de rétention	Identification	Concentration (%)
1	10.31	α -copaène	trace
2	12.602	linalol	trace
3	13.641	β -carryophyllène	trace
4	14,601	NI	0,2871004
5	14.926	Aromadendrène	0.1412
6	16,605	α -fénébrène	0,8157
7	17,127	NI	0,3166

8	17,48	NI	0,5453
9	17,817	NI	0,3827
10	18,19	alloaromadendrène	0,4613
11	20.329	NI	trace
12	20.617	NI	0.13
13	20.955	NI	0.09
14	21,552	NI	0,55033
15	22,591	NI	0,1762
16	23,505	NI	0,20015
17	23,904	NI	0,29759
18	25,047	NI	0,19053
19	25.841	NI	2.140
20	27,595	NI	0,5775
21	27.119	Oxyde de carryophyllène	0.160
22	27,983	NI	2,5969
23	28,424	NI	0,3775
24	29,06	NI	0,61175
25	29,189	NI	1,1555
26	29,716	NI	0,2617
27	30,471	NI	3,5107
28	30,977	NI	1,74228
29	31,358	NI	0,9012
30	31,695	NI	1,70006
31	31,975	NI	2,5282
32	32,338	NI	2,06305
33	32,627	NI	1,01753
34	32,857	NI	0,5917
35	33,1	NI	0,2070
36	33,454	NI	1,4243
37	33,587	NI	1,06312
38	34,112	NI	0,6957
39	34,423	NI	2,6565
40	34,791	NI	1,088

41	35,141	NI	2,1261
42	35,365	NI	3,0323
43	36,264	NI	1,01141
44	36,625	NI	2,38362
45	36,923	NI	2,2348
46	37,53	NI	8,4259
47	38,022	NI	0,76004
48	38,752	β -vétivone	2,27662
49	39,106	Nootkatone	2,64255
50	39,541	Khusimol	13,38641
51	40,108	NI	7,16459
52	40,423	α-vétivone	11,6087
53	40,723	NI	2,1076
54	40,979	NI	0,56688
55	41,429	NI	0,57401
56	44,624	NI	0,37103
57	46,679	NI	0,1837
58	47,357	NI	0,31769
59	47,617	NI	0,18901
60	49,631	NI	0,29416
61	50,534	NI	0,2149
62	50,864	Acide zizanoïque	6,0847
63	52,746	NI	1,00802
Total des hydrocarbures terpéniques			1,4182
Total des produits oxygénés			36,1589
Total des non identifiés			62,4228

Tableau 70: Résultats de l'analyse en cpg de l'huile essentielle totale de l'échantillon 2

NI : non identifié

Les constituants en trace sont des constituants qui ont un pourcentage relatif inférieur à 0,1%.

Interprétation

63 pics sont obtenus sur le chromatogramme dont 12 seulement sont identifiés

- 5 hydrocarbures terpéniques : - α -copaène (trace)

- β -carryophyllène (trace)
- Aromadendrène (0.1412%)
- α -funebreène (0,8157%)
- alloaromadendrène (0,4613%)
- 7 produits oxygénés : - linalol (trace)
 - Oxyde de carryophyllène (0.160%)
 - β -vétivone (2,27662%)
 - nootkatone (2,64255%)
 - khusimol (13,38641%)
 - α -vétivone (11,6087%)
 - acide zizanoïque (6,0847%).

Les produits majoritaires de l'huile essentielle de l'échantillon 2 sont des produits oxygénés : le khusimol (13,38641%), l' α -vétivone (11,6087%) et l'acide zizanoïque (6,0847%).

Parmi les constituants non identifiés (62,28 %), un seul a une concentration relativement importante 7,16% (pic N°51). La plus par des constituants ont des concentrations inférieures à 1%.

Constituants	Concentration dans l'HE1 (%)	Concentration dans l'HE2 (%)	Littérature (%)
α -gurjumène	trace	-	1,78
α -copaène	trace	trace	-
β -carryophyllène	trace	trace	-
α -cédrène	0,67253	-	1,31
Aromadendrène	trace	0.1412	-
α -funebreène	0,67253	0,8157	-
alloaromadendrène	trace	0,4613	-
linalol	trace	trace	-
Oxyde de carryophyllène	trace	0.160	-
β -vétivone	1,5839	2,27662	2,3
nootkatone	2,18183	2,64255	-
khusimol	13,92359	13,38641	15,76
α -vétivone	9,5468	11,6087	5,17
acide zizanoïque	7,21891	6,0847	-

Tableau 71: Constituants identifiés de l'huile essentielle des deux échantillons

HE1: huile essentielle de l'échantillon 1

HE2: huile essentielle de l'échantillon 2

Interprétation

A première vue, les résultats paraissent identiques excepté l'absence de l' α -cédrène dans l'huile essentielle de l'échantillon 2 mais il y a une différence notable sur la concentration de certains constituants identifiés dans les deux huiles. L' α -vétivone, constituant majoritaire a une concentration relative de 9,5468% dans HE1 alors qu'elle est nettement supérieure 11,6087% dans HE2 de même l'acide zizanoïque a une concentration supérieure dans HE1 (7,21891%) par rapport à sa concentration dans HE2 (6,0847). Tous les autres constituants identifiés ont des concentrations relativement identiques (la différence n'excède pas 1%).

Afin d'avoir un meilleur résultat sur notre étude, on va comparer les résultats de NJARAMALALA, sur l'huile essentielle des racine sèches, avec l'échantillon 2. Ces deux plantes sont cueillies dans la même région et pendant la même saison (saison sèche).

La comparaison est portée sur le rendement en huile essentielle, sur les caractéristiques et sur la composition chimique obtenue en cpg.

Le rendement en huile essentielle de l'échantillon 2 (1,44%) est largement supérieur par rapport à ceux obtenu par NJARAMALALA (0,31%).

Les caractéristiques physiques des deux huiles essentielles sont presque identiques (densité 1,037 à 1,038 pour NJARAMALALA et 1,031 l'échantillon 2 et indice de réfraction 1,521 à excepte le pouvoir rotatoire qui présente une différence de 10° (+41,4° pour NJARAMALALA et +32,84° l'échantillon 2).

Sur la composition chimique identifiée en cpg on a identifié dans les deux échantillons le α -vétivone et le β -vétivone.

Conclusion de la troisième partie

Les criblages phytochimiques sont effectués sur les deux échantillons des racines de vétiver étudiées. Les résultats nous ont montré le profil des familles chimiques ainsi que de noter une différence sur la présence des flavonoïdes dans l'échantillon 1 alors qu'ils sont absents dans l'échantillon 2.

L'étude de l'huile essentielle des deux échantillons nous a donné des rendements d'extraction et des caractéristiques physiques quasi-identiques mais une nette différence sur les caractéristiques chimiques à savoir les indices d'acides et les indices d'ester.

Le fractionnement des huiles essentielles par clbp nous a signalé une forte teneur en produits oxygénés dans l'huile essentielle de vétiver (82,97% dans HE1 et 74,08% dans HE2) comparée aux hydrocarbures terpéniques.

L'analyse en cpg des deux huiles essentielles a montré que les deux huiles sont d'une extrême complexité toutefois elle a permis de connaître les concentrations relatives de ces constituants.

Les chromatogrammes en cpg de l'huile essentielle des deux échantillons paraissent superposables pourtant on a séparé 53 constituants pour l'échantillon 1 et 63 pour l'échantillon 2. la différence peut provenir de l'intensité des pics qui sont parfois trop faible donc difficilement perceptible sur le chromatogramme.

Les constituants majoritaires des deux huiles sont : le khusimol, l'acide zizanoïque, l' α -vétivone 7 à 13% et à moindre proportion le nootkatone et le β -vétivone (1,5 à 2,6%) qui sont tous des produits oxygénés.

Ainsi ce chapitre nous a révélé que l'origine géographique différente du *Vetiveria zizanioides* Stapf a peu d'influence sur sa teneur en huile essentielle et ses caractéristiques physiques mais il faut réfléchir à des examens complémentaires pour pouvoir en être assuré.

Une comparaison des résultats : rendement, caractéristiques, composition chimique a été faite dans la mesure où il s'agit d'une même plante dans la même région.

CONCLUSION GENERALE

Effectué dans le cadre de mémoire de CAPEN, ce travail d'initiation à la recherche nous a permis d'apporter une contribution à l'étude de l'huile essentielle de *Vetiveria zizanioides* Stapf et de la variation de sa composition chimique en fonction de la zone de plantation.

Un inventaire a été effectué afin d'avoir une mise à jour des connaissances sur l'étude des huiles essentielles (obtention, méthode d'extraction, rendement, caractéristiques et composition chimique) dans le cadre d'un mémoire de fin d'études à Madagascar. Même si on a déjà fait plusieurs travaux sur les huiles essentielles, beaucoup ne sont pas encore répertoriés et certains de ceux qui le sont, sont introuvables.

L'étude de deux échantillons de *Vetiveria zizanioides* Stapf d'origine géographique différente a été réalisée dans nos travaux personnels:

Le criblage phytochimique a montré la présence des leucoanthocyanes, des stérols insaturés, des polysaccharides et des 2-désoxysucres ; l'absence des alcaloïdes, des anthraquinones, des saponines, des triterpènes, des hétérosides cyanogènes et des tanins et polyphénols dans les deux échantillons étudiés, les flavonoïdes sont présent seuls dans l'échantillon 1, bien qu'en faible quantité.

L'extraction des huiles essentielles au laboratoire nous a donné des rendements pratiquement identiques (1,4361% pour l'échantillon 1 et 1.4402% pour l'échantillon 2)

Les caractéristiques physico-chimiques des deux huiles essentielles ont été comparées et la différence se trouve dans les caractéristiques chimiques à savoir les indices d'acide et les indices d'ester. Toutefois, les valeurs trouvées correspondent aux valeurs données dans la littérature et dans la norme.

Par analyse en cpg des deux huiles essentielles, du fait de son extrême complexité, des dizaines de constituants seulement ont pu être identifiés parmi les soixantaines de constituants séparés. Les constituants majoritaires des huiles sont le khusimol (13,9235 % dans HE1 et 13,3864% dans HE2), l' α -vétivone (9,5468 % dans HE1 et 11,6087% dans HE2), l'acide zizanoïque

(7,2189 % dans HE1 et 6,0847% dans HE2) et le nootkatone (2,1818 % dans HE1 et 2,64255% dans HE2),

Ainsi ce travail a été une occasion pour nous initier et pour nous formaliser aux diverses techniques de laboratoire puis pour mettre en application les notions théoriques acquises au cours de notre formation plus particulièrement sur les techniques chromatographiques.

Les informations rapportées dans ce travail pourront constituer des bases de données sur la composition chimique de l'huile essentielle de vétiver.

Cependant, pour avoir un meilleur résultat sur la comparaison de la composition chimique de l'huile essentielle de vétiver, il serait nécessaire de continuer ce travail en étendant sur un plus grand nombre d'échantillon étudié et ayant recours à d'autres techniques (couplage cpg/sm) pour permettre une meilleure identification des constituants dans l'huile essentielle.

BIBLIOGRAPHIE

- 1- AFNOR.1992. *Réceuil des normes Françaises*: 4ème édition. Paris.
- 2- Andriamampionona, J. L. Rakotovao, H. Z. (1999). *Contribution à la conception et réalisation d'une unité de distillation sous pression "cas du vétiver"*. Mémoire de fin d'étude, département Génie Chimique, ESPA, Université d'Antananarivo.
- 3- Boiteau, P. (1998); *Dictionnaire des noms malgaches des végétaux*. Collection "nature": flore de Madagascar, volume 1 et volume 4. Grenoble: Alzieu.
- 4- Bosser, J.(1969). *Graminées des pâturages et des cultures à Madagascar*. Paris: ORSTOM.
- 5- Bruneton, J. (1993). *Pharmacognosie, phytochimie des plantes médicinales*. Deuxième édition. Technique et documentation. Paris: Lavoisier.
- 6- Bruneton, J. (1987). *Elément de phytochimie et de pharmacognosie*. Paris: Lavoisier.
- 7- Cabanis, Y., Chaboouis, L., Chabouis, F. (1969), *Végétaux et groupements végétaux de Madagascar et des Mascareignes*. Tome 3. Tananarive: les auteurs et BDPA.
- 8- Chavanne, M. Jullien, A. Beaudoin, G.J. Flamand, E. (1986). *Chimie organique expérimentale*. Paris: Belin.
- 9- Chovin, P. (1959). Théories et technique de la chromatographie d'adsorption. In Lederrer, E. *Chromatographie en chimie organique et biologique* (pp 1-110) Tome 2. Paris: Masson.
- 10- Chovin, P. Lebbe, J. (1959). Théorie et technique de la chromatographie en phase gazeuse. In Lederrer, E. *Chromatographie en chimie organique et biologique*. Volume 1. Paris: Masson.
- 11-CITE. (1998). *L'extraction d'huiles essentielles*. Dossier- documentaire.
- 12-CITE. (2005). *Rapport sur la rencontre régionale sur les huiles essentielles*. Projet: "services pour les petites et moyennes entreprises".
- 13- Grignard, J. L. Cosson, L. Henry (1985). *Abrégé de phytochimie*. Edition Masson. Paris New York Barcelone Milan Sao Paolo.
- 14- Harborne, J.B. (1966). The distribution of terpenoids. In Swain, T. *Comparative photochemistry*. London: Spottiswoode Ballantyne COLTD.
- 15- Hegnauer, R. (1966). Comparative phytochemistry of alkaloids. In Swain, T. *Comparative photochemistry*. London: Spottiswoode Ballantyne COLTD.

- 16- Home. Tiscali. be/jp. Boseret/les_plantes_médicinales.htm.
- 17- [http://membre. Lycos.fr/jjww/tanins.htm](http://membre.Lycos.fr/jjww/tanins.htm)
- 18- [http://membres. Lycos.fr/mourad/flavonoïdes.html](http://membres.Lycos.fr/mourad/flavonoïdes.html).
- 19-http://plantes.phytotherapie.free.fr/substances_plantes.htm.
- 20-*Inventaire et étude des plantes aromatiques et médicinales des Etat de l'océan Indien*. Cours de Madame Valisioalalao J. Projet FED/COI/ AIRDOI. Centre de formation huiles essentielles.
- 21- Jamet, A.(1956). *Les tanins*. Université de Lyon: Ecole française de tannerie. Lyon.
- 22- Lebbe, J. (1968). L'appareillage pour la chromatographie en phase gazeuse. In Tranchant, J. *Manuel pratique de la chromatographie en phase gazeuse* (pp. 50-83). Paris: Masson.
- 23- Mahuzier, G. Hamon? M. (1990). *Abrégé de chimie analytique: tome 2. Méthode de séparation*. Deuxième édition. Paris: Masson.
- 24- Mémento de l'agronome 4ème édition, collection "techniques rurales en Afrique" Ministère de la coopération et du développement. République française.
- 25- Ministère de l'Agriculture de l'Elevage et de la Pêche. (2001). *Calendrier agricole*.
- 26- Ministère de l'Agriculture de l'Elevage et de la Pêche. (1999). *Vétiver Verobe*. Programme de réhabilitation des périmètres irrigués. Madagascar: imprimée PLUS.
- 27- Njaramalala. (2003). *Contribution à l'étude de l'huile essentielle de Vetiveria zizanioides (Graminées)*. Mémoire de fin d'études. CER physique chimie. ENS; université de Fianarantsoa.
- 28- Prévot, A. F. (1968). Colonnes. In Tranchant, J. *Manuel pratique de la chromatographie en phase gazeuse* (pp. 84 -154). Paris: Masson.
- 29- Projet CAP/USAID (1987). *Le vétiver et l'agriculture*. Antananarivo.
- 30- Projet CAP/USAID (1998). *Madagascar vetiver newsletter*. Publication N° 1/98 avec collaboration de l'ANAE. Antananarivo.
- 31- Rakotondravao, J.C.K. (1994). *La culture de vétiver pour le développement économique de Madagascar*. Mémoire de fin d'études, Département AGRI, ESSA, Université d'Antananarivo.
- 32- Randerath, K. (1964). *Chromatographie sur couche mince*. Paris: Villars.
- 33- Rasoamiaranirina, R.A. (1986). *Première évaluation de la qualité et de la productivité de vétiver de Madagascar*. Mémoire de fin d'études. Département IAA, ESSA, Université d'Antananarivo.

- 34- Smadja, J. (1990). *L'huile essentielle de vétyver. Journal of nature*. Tome 2, N°1.
- 35- Tranchant, J. (1968). Chromatographie isotherme et isobare. In Tranchant, J. *Manuel pratique de la chromatographie en phase gazeuse* (pp. 15 -30). Paris: Masson.
- 36- Vérin, G. (1970). *La chromatographie en couche mince*; technique et application en chimie organique. Paris: DUNOD.
- 37- Weisman, G. (1966). The distribution of terpenoids. In Swain, T. *Comparative photo chemistry*. London. Spon. Ballantyne COLTD.
- 38- www.phytomania.com

ANNEXE 1

PARTIE EXPERIMENTALE

PREPARATION DES REACTIFS

Ethanol 80% :

Dans une fiole de 100mL, on verse 16,667 mL d'eau distillée puis on remplit la fiole jusqu'au trait de jauge avec de l'éthanol 96%.

Réactif de Mayer ou tétraiodomercurate de potassium :

On dissout 1,35 g de chlorure mercurique II dans 94 mL d'eau distillée puis on y ajoute 5 g d'iodure de potassium tout en agitant jusqu'à dissolution complète. On ajoute ensuite au mélange 80 mL d'eau distillée.

Réactif de Wagner ou solution iodoiodurée :

Dans un erlen de 250 mL contenant 100 mL d'eau distillée, on ajoute 2 g d'iodure de potassium et 1,27 g d'iode. Le mélange est ensuite agité jusqu'à dissolution complète.

Réactif de Dragendorff ou tétraiodobismuthate de potassium :

Solution A :

On dissout 1,7 g de bismuth et 20 g d'acide tartrique dans 30 mL d'eau distillée.

Solution B :

1,6 g d'iodure de potassium sont dissous dans 40 mL d'eau distillée.

Révélation :

Au moment de l'emploi, de volumes égaux à 2,5 mL de la solution A et B sont mélangés puis on ajoute 10 g d'acide tartrique dissout dans 50 mL d'eau distillée.

Réactif de Keller-Killiani :

Tout en agitant, on mélange 0,3 mL d'une solution aqueuse de FeCl_3 avec 50 mL d'acide acétique glacial.

Solution méthanolique de chlorure ferrique 10% :

Dans 10 mL de méthanol, on dissout 1 g de FeCl_3 . le mélange est chauffé au bain marie jusqu'à dissolution complète.

Solution de NaCl 10 % :

On dissout 10g de NaCl dans 100ml d'eau distillée.

Solution de picrate de sodium :

On dissout dans 100 mL d'eau distillée 5 g de carbonate de sodium et 0,5 g d'acide picrique.

Solution aqueuse de HCl 5 % :

Dans une fiole de 100mL, on verse 95 mL d'eau distillée puis on la remplit avec de l'HCl.

Gélatine 1% :

On dissout 1 g de gélatine dans 100mL d'eau distillée.

Gélatine salée :

Deux volumes égaux de la solution de gélatine 1% et de la solution de NaCl 10% sont mélangés dans un erlenmeyer.

Solution de KOH 0,1 N dans l'éthanol 95% :

On dissout 0,56 g de KOH dans 100 mL d'éthanol 95%.

Solution de KOH 0,5 N dans l'éthanol 95 % :

2,8 g de KOH est à dissoudre dans 100 mL d'éthanol 95%.

Vanilline sulfurique :

Solution A :

Dans 30 mL de méthanol, on dissout 6 g de vanilline pur ;

Solution B :

On dissout 6 mL d'acide sulfurique concentré dans 100 mL de méthanol.

Révélation :

Au moment de l'emploi, on mélange à volume égal les deux solutions.

CRIBLAGE PHYTOCHIMIQUE

Préparation de l'extrait hydroalcoolique

Matériels utilisés

Broyeur – balance – chauffe ballon - éprouvette graduée – ballon à fond rond de 1 L – réfrigérant – entonnoir – filtration sur Büchner.

Produits

Ethanol pur – éthanol 80%.

Mode opératoire

Dans un ballon de 1 L contenant 40 g de poudre végétal, on verse 300 mL d'éthanol 80 % puis on porte le mélange à reflux pendant 1 heure ;

Après refroidissement, on filtre le mélange réactionnel sur Büchner puis le ballon est rincé avec 40 mL de l'éthanol pur.

Les volumes totaux de l'extrait hydroalcoolique sont recueillis et conservés dans un flacon hermétique.

Pour l'échantillon 1, le volume recueilli est de 228 mL soit 1 g de matière végétale équivaut à 5,7 mL d'extrait hydroalcoolique. Le volume pour l'échantillon 2 est de 190 mL soit 1 g de matière végétale équivaut à 4,75 mL d'extrait hydroalcoolique.

Criblage des Alcaloïdes

Matériels utilisés

Plaque chauffante – balance – agitateur – bêcher – papier filtre – coton – spatule – entonnoir – éprouvette graduée – tubes à essais – pissettes.

Produits

Poudre de matière végétale – extrait hydroalcoolique – HCl 5% - HCl 2N – NaCl – réactif de Mayer – réactif de Wagner – réactif de Dragendorff.

Mode opératoire

- Macération chlorhydrique

Dans un bêcher, on humecte 2,5 g de poudre de matière végétale avec 20 mL de HCl puis on triture.

Après filtration du mélange obtenu, le filtrat est reparti en fractions égales dans 4 tubes à essais.

Tube 1 : Témoin

Tube 2 : Additionné de 5 gouttes de réactif de Mayer

Tube 3 : Additionné de 5 gouttes de réactif de Wagner

Tube 4 : Additionné de 5 gouttes de réactif de Dragendorff

L'apparition de précipité révèle la présence des alcaloïdes.

- Test préliminaire

Un équivalent de 12,5 g d'extrait hydroalcoolique est évaporé à sec au bain-marie jusqu'à obtention d'un résidu de consistance sirupeuse. On ajoute au résidu, 5 mL de HCl 2N et on porte de nouveau le mélange au bain-marie pendant 5 min tout en agitant.

Après refroidissement on ajoute au mélange 0,25 g de NaCl puis on filtre.

Le filtrat est rincé avec du HCl 2N jusqu'à l'obtention d'un volume de 5 mL puis on le répartit dans 4 tubes à essais et on refait les test avec les trois réactifs.

Criblage des Flavonoïdes et des Leucoanthocyanes

Matériels utilisés

Plaque chauffant – bêcher – éprouvette graduée – pissette – tubes à essais – papier filtre - réfrigérant.

Produits

Extrait hydroalcoolique – éther de pétrole – éthanol 80 % - alcool isoamilique – tournure de magnésium – HCl concentré.

Mode opératoire

On évapore à sec au bain-marie un équivalent de 2 g de poudre végétale. Le résidu est dépigmenté 4 fois avec 7,5 mL d'éther de pétrole puis filtré.

On porte de nouveau le résidu dépigmenté au bain-marie pour éliminer le solvant ensuite on le dissout avec 15 mL d'éthanol 80 % et on filtre. Le filtrat ainsi obtenu est reparti dans 4 tubes à essais.

Tube 1: Témoin

Test de WILSTATTER ou test à la cyanidine

Tube 2: Additionné de 0,5 mL de HCl concentré et 3 morceaux de tournure de magnésium.

Après 10 min on observe la coloration :

Virage au rouge signale la présence des flavones

Virage au rouge pourpre celle des flavonols

Virage au rouge violacé celle des flavonones et flavononols

Tube 3: Additionné de 0.5 mL d'eau distillée, de 0,5 mL d'alcool isoamylique, de 0,5 mL de HCl concentré et de 3 morceaux de tournure de magnésium.

On observe la coloration de la phase supérieure.

Test de BATE-SMITH ou test des leucoanthocyanes :

Tube 4 : Additionné de 0,5 mL de HCl concentré puis on porte le mélange à reflux pendant 30 min au bain-marie.

La coloration rouge violacée signale la présence des leucoanthocyanes.

Criblage des Anthraquinones ou test de BORNSTRAGER

Matériels utilisés

Plaque chauffante – ampoule à décanter – éprouvette graduée – entonnoir – papier filtre – bûcher.

Produits

Extrait hydroalcoolique – benzène – ammoniacale concentrée – eau distillée.

Mode opératoire

On évapore à sec au bain-marie un volume d'extrait hydroalcoolique équivalent à 4g de matière végétale. Le résidu est dissout dans 15 mL d'eau distillée puis filtré. Le filtrat est ensuite extrait avec 5 mL de benzène dans une ampoule à décanter. Il y a séparation en deux phases que l'on sépare.

La phase supérieure (phase benzénique) est additionnée de 2,5 mL d'ammoniacale concentrée puis on laisse se décanter.

La coloration rouge de la phase alcaline (phase inférieure) signale la présence des anthraquinones.

Criblage des Saponines ou test des mousses

Matériels utilisés

Balance – spatule – tube à essai – règle graduée.

Produits

Poudre de matière végétale – eau distillée.

Mode opératoire

Dans un tube à essai contenant 50 mg de poudre de matière végétale, on verse 5 mL d'eau distillée.

On agite vigoureusement le mélange pendant 30 s puis on laisse reposer.

Après 30 min on observe la hauteur des mousses alvéolées qui se forment.

Une hauteur supérieure à 3 cm des mousses indique la présence des saponines.

Criblage des Stérois insaturés et des Triterpènes

Matériels utilisés

Plaque chauffante – éprouvette graduée – tubes à essais – papier filtre – bêcher.

Produits

Extrait hydroalcoolique – éther de pétrole- chloroforme – sulfate de sodium – anhydride acétique – acide sulfurique concentré.

Mode opératoire

Un extrait hydroalcoolique équivalent à 5 g de matière végétale est évaporé à sec dans un bain-marie. Le résidu est dépigmenté 3 fois avec 10 mL d'éther de pétrole. Après élimination du solvant au bain-marie on y additionne 5 mL de chloroforme puis on agite pendant 5 min. la solution chloroformique est ensuite séchée sur Na_2SO_4 puis filtrée.

Le filtra est reparti dans 3 tubes à essais en fractions égales :

Tube 1 : Témoin.

Tube 2 : Test de LIEBERMANN - BURCHARD

On ajoute 3 gouttes d'anhydride acétique et 1 goutte d'acide sulfurique concentré ; on laisse reposer le mélange pendant une heure tout en l'agitant légèrement tout les 10 min.

La coloration bleu-vert signale la présence des stérois et le virage au rouge violacé ou rose indique la présence des triterpènes.

Tube 3 : Test de SALKOVSKI.

On incline le tube de 45° et on verse le long de la paroi 1 mL de l'acide sulfurique concentré.

On observe la coloration de la surface de contact de l'extrait et de l'acide.

En agitant légèrement le tube, l'apparition graduelle d'une coloration rouge indique la présence des stérois insaturés.

Criblage des Polysaccharides

Matériels utilisés

Plaque chauffante – bêcher – tube à essais – pipette

Produits

Poudre végétale – eau distillée – éthanol

Mode opératoire

On prépare une décoction avec 5 g de poudre végétale et on filtre puis on ajoute au filtrat 3 mL 'éthanol.

La formation d'un précipité témoigne la présence des polysaccharides.

Criblage des Hétérosides cyanogène ou test de GRIGNARD :

Matériels utilisés

Erlenmeyer rodé de 100mL – Papier WHATMANN N° 01 – Pipette

Produits

Poudre végétale – chloroforme – solution de picrate de sodium – eau distillée

Mode opératoire

Dans une erlenmeyer, on humecte 3 g de poudre végétale avec de l'eau distillée puis on y ajoute 1 mL de chloroforme.

Une bande de papier WHATMANN trempée dans une solution de picrate de sodium fraîchement préparée, séchée à l'air libre est suspendue au dessus de la drogue en pliant la partie supérieure sur le bord de l'erlenmeyer puis on ferme le récipient et on le laisse pendant 3 heures à température ambiante.

Un virage de jaune au rouge du papier WHATMANN prouve la présence des hétérosides cyanogènes.

Criblage des Tanins et Polyphénols

Matériels utilisés

Plaque chauffante – bêcher – tubes à essais – coton – entonnoir – éprouvette graduée

Produits

Extrait hydroalcoolique – solution de NaCl 10% - gélatine 1% - gélatine salée - FeCl₃ méthanolique 10% - eau distillée

Mode opératoire

On évapore à sec au bain-marie un équivalent de 5 g de matière végétale. Le résidu est ensuite dissout dans 12,5 ml d'eau distillée chaude.

Après refroidissement, le mélange est filtré puis on ajoute 4 gouttes de NaCl 10%.

Le filtrat est reparti en fractions égales dans 4 tubes à essais.

Tube 1 : Témoin

Tube 2 : on ajoute 5 gouttes de gélatine 1%

Tube 3 : on additionne 5 gouttes de gélatine salée

L'apparition d'un précipité signale la présence des tanins.

Tube 4 : on ajoute 5 gouttes de solution de FeCl_3 méthanolique 10% puis on observe le changement de coloration.

Une coloration vert-noire ou bleue-verte signale la présence des tanins cathéchiques.

Une coloration noire-bleuâtre prouve l'existence des tanins pyrogalliques.

Remarque : si le test à la gélatine est négatif alors qu'il est positif avec le FeCl_3 méthanolique 10%, d'autres types de composés phénoliques sont présents dans la plante.

Criblage des Cardénolides et des Bufadiénolides :

Matériels utilisés

Plaque chauffante – bêcher – éprouvette graduée – tubes à essais – pipette

Produits

Extrait hydroalcoolique – éther de pétrole – acide sulfurique concentré – réactif de Keller-Killiani

Mode opératoire

Test de Keller-Killiani ou test de présence des 2-désoxysucre :

20 mL d'extrait hydroalcoolique est évaporé à sec au bain-marie. Le résidu refroidi est dégraissé avec 3 fois 4 mL d'éther de pétrole. Après élimination du solvant au bain-marie, on ajoute, tout en agitant, 3 mL de réactif de Keller-Killiani.

Le mélange est ensuite transvasé dans un tube à essai incliné de 45° puis on y verse le long de la paroi 1 mL d'acide sulfurique concentré.

L'apparition d'un anneau pourpre signale la présence des 2-désoxusucres.

EXTRACTION DES HUILES ESSENTIELLES AU LABORATOIRE

Matériels utilisés

Chauffe ballon – ballon – essencier type CLEVENGER – réfrigérant à boules – tuyauteries – pipette pasteur – ampoule à décanter – tubes à essais – bain-marie thermostaté

Produits

Matière végétale – eau distillée – dichlorométhane – NaCl – sulfate de sodium

Mode opératoire

A chaque extraction, 100 g de racine de vétiver sèches, grossièrement broyées, préalablement macérés dans de l'eau pendant 24 heures sont mis dans un ballon de 2 L contenant 1 L d'eau distillée et quelques pierres ponce. L'essencier est adapté au ballon et le réfrigérant à l'essencier puis on porte-le tout à reflux.

L'huile essentielle non miscible à l'eau se sépare de cette dernière dans l'essencier dont on le récupère avec une ampoule à décanter. On ajoute au mélange huile essentielle - eau 10 g de NaCl pour augmenter la densité de l'eau afin que l'huile essentielle surnage à la surface de l'eau salée. Le mélange est ensuite séparé par décantation dont on verse 10 mL de dichlorométhane dans l'huile essentielle pour faciliter sa récupération.

Le mélange huile essentielle – dichlorométhane est séché sur Na_2SO_4 puis on le met au bain-marie pour éliminer le solvant.

L'huile essentielle ainsi obtenue est pesée puis conservée dans un flacon hermétique, aveugle, à l'abri de la lumière, de la chaleur et de l'humidité.

DETERMINATION DES CARACTERISTIQUES PHYSICO - CHIMIQUES

Caractéristiques physiques

Densité relative à 20° C : norme AFNOR NFT 75 111

Matériels utilisés

-balances : 1) Denver instrument M-220 D Max₁ 31g Max₂ 220g

Min₁ 1g Min₂ 10g

d₁=0,01mg d₂=0,1mg

2) Precisa XT 220 A Max 220g e= 0,001g

Min 0,01g d= 0,0001g

-pycnomètre de capacité 1mL et 5mL

-Bain thermostaté: Frilabo. Sa BMP 60

-thermometer de precision - papier Joseph - coton – étuve – pipette Pasteur

Produits

-huiles essentielles – eau distillée – éthanol

Mode opératoire

- on nettoie soigneusement le pycnomètre puis on le rince avec de l'éthanol. Après séchage à l'étuve, on le pèse, soit m₀.

- On remplit le pycnomètre avec de l'eau distillée récemment bouillie, puis refroidie aux environs de 20°C. Le pycnomètre est plongé dans un bain thermostaté maintenu à 20°C pendant 15 min.

- Au bout de 15 min, on ajuste le niveau de l'eau au trait repéré du pycnomètre et on essuie l'extérieur avec du coton puis du papier Joseph.

- lorsque l'équilibre de température avec la salle des balances est réalisé, on pèse le pycnomètre plein, soit m₁

- On vide le pycnomètre, puis on le rince et on le fait sécher à l'étuve. On effectue les mêmes opérations en remplaçant l'eau par de l'huile essentielle. Soit m₂.

On effectue 3 mesures de la densité pour chaque échantillon et on retient la moyenne des valeurs de la densité.

Indice de réfraction : Norme AFNOR NFT 75 112

Matériels utilisés

Réfractomètre: KRÜSS A.KRÜS. OPTONIC GERMANY.

Pipettes Pasteur – coton – papier Joseph

Produits

Huiles essentielles – eau distillée – éthanol – acétone

Mode opératoire

Avant chaque mesure, on effectue une remise à zéro du réfractomètre en utilisant de l'eau distillée comme produit étalon et qui devrait avoir un indice de réfraction égal à 1,3330.

On rince le prisme du réfractomètre avec de l'éthanol puis avec de l'acétone ensuite on l'essuie avec du papier Joseph.

On dépose 2 à 3 gouttes d'huile essentielle sur le prisme du réfractomètre. On effectue la mesure lorsque la frange nette se trouve au milieu du réticulé.

Trois mesures sont effectuées pour chaque échantillon dont on retient la moyenne de valeurs.

Calcul :

L'indice de réfraction n_D est donné par la formule :

$$n_D = n'_D + 0,0004(t - 20)$$

Où n'_D : valeur de la lecture obtenue à la température t .

Pouvoir rotatoire spécifique apparent : Norme AFNOR NFT 75 113

Matériels utilisés

Polarimètre : KRÜSS A.KRÜS. OPTONIC GERMANY.

Balance: Denver instrument M-220 D Max₁ 31g Max₂ 220g

Min₁ 1g Min₂ 10g

d₁=0,01mg d₂=0,1mg

Thermomètre – pipette pasteur – burette de 25 mL

Produits

Huile essentielle – tétrachlorure de carbone CCl₄

Mode opératoire

Avant chaque mesure, on effectue la remise à zéro du polarimètre en utilisant du CCl₄ pur qui a un pouvoir rotatoire égal à zéro.

L'huile essentielle diluée dans du CCl_4 , de concentration connue est introduite dans le tube polarimétrique en s'assurant qu'il ne reste aucun bulle d'air interposée. Le tube est ensuite placé dans l'ogé du polarimètre.

On effectue la lecture lorsque la position d'équilibre entre les plages claires et sombres est obtenue.

On effectue trois mesures pour chaque échantillon dont la moyenne des valeurs sera retenue.

Caractéristiques chimiques

Indice d'acide IA: Norme AFNOR NFT 75 103

Matériels utilisés

Balance : Denver instrument M-220 D Max₁ 31g Max₂ 220g

Min₁ 1g Min₂ 10g

d₁=0,01mg d₂=0,1mg

Ballon de 200 mL – burette de 25mL – pipette pasteur.

Produits

Huile essentielle – KOH 0,1 N dans l'éthanol 95% - éthanol 95% - phénol phtaléine.

Mode opératoire

On introduit 1 g d'huile essentielle dans un ballon puis on y verse 5 mL d'éthanol 95% et 5 gouttes de phénol phtaléine.

Après agitation, le mélange est titré avec une solution de KOH 0,1 N.

Le volume V en mL de KOH nécessaire à la neutralisation est noté.

Indice d'ester IE : Norme AFNOR NFT 75 104

Matériels utilisés

Chauffe ballon – réfrigérant –ballon – burette de 25 mL – pipette pasteur – pierre ponce

Produits

Solution titrée pour la détermination de IA – KOH 0,5 N dans l'éthanol 95% – HCl 0,5 N – éthanol – eau distillée – phénol phtaléine

Mode opératoire

On verse dans la solution titrée pour la détermination de IA 25 mL de solution de KOH 0,5 N puis on ajoute quelques pierres ponce. Le mélange est ensuite porté à reflux au bain-marie bouillant pendant 1 heure.

Après refroidissement, on ajoute au mélange 20 mL d'eau distillée et 5 gouttes de phénol phtaléine.

L'excès de KOH est ensuite titré avec la solution de HCl. Soit V_1 le volume de HCl nécessaire à la neutralisation.

Dans les mêmes conditions et en utilisant les mêmes réactifs un essai à blanc est effectué en parallèle avec la détermination (5 mL d'éthanol + 25 mL de KOH + 5 gouttes de phénol phtaléine) on obtient V_0 .

TECHNIQUES CHROMATOGRAPHIQUES

Chromatographie sur couche mince : ccm

Matériels utilisés

Bocaux de conserve – pulvérisateur – étuve – capillaires

Plaques chromatographiques :

Adsorbant : Gel de silice 60 avec indicateur de fluorescence

Support : feuille d'aluminium

Epaisseur des couches : 0,2 mm

Dimension : 4 x 10 cm, 5 x 10 cm

Produits

Huile essentielle – fractions hydrocarbure terpéniques – fractions produits oxygénés – hexanes

Solvant d'élution mélange binaire de

Ether de pétrole – acétate d'éthyle [95/5, v/v, mL/mL]

Hexane – dichlorométhane [6/4, v/v, mL/mL]

Révélation lumière UV 365 nm

Vanilline sulfurique

Mode opératoire

Saturation de la cuve

Le solvant d'élution est versé dans un bocal que l'on ferme hermétiquement pour saturer son atmosphère.

Dépôt

L'échantillon à analysé dilué dans de l'hexane est déposé à l'aide d'une capillaire sur une ligne horizontale à 1 cm du bord inférieur de la plaque chromatographique.

Développement

La plaque ainsi préparée est introduite dans le bocal, contenant l'éluant, verticalement en s'assurant que le dépôt ne soit pas immergé dans l'éluant puis on ferme le bocal.

On arrête le développement lorsque l'éluant atteint la ligne horizontale tracée à 1 cm sur le bord supérieur de la plaque. On retire immédiatement la plaque du bocal.

Révélation

La plaque est séchée avec un courant d'air chaud puis observée sous UV 365 nm. Les taches fluorescentes sont entourées par un crayon puis on note sa couleur.

La plaque est ensuite pulvérisée avec de la vanilline sulfurique puis introduite à l'étuve pendant 1 min à 100° C pour faire apparaître les substances séparées.

Fractionnement par clbp

Matériels utilisés

Colonne avec verre fritté : diamètre intérieur 2 cm

Longueur 60 cm

Balance de précision – bain thermostaté – cristalliseur – tubes à essais – pipette pasteur – bûcher – baguette de verre – entonnoir à solide

Produits

Gel de silice 60 H – sable de FONTAINEBLEAU – huile essentielle totale – éther de pétrole – éther diéthylique

Mode opératoire

On introduit à sec dans la colonne 9,2 g de gel de silice puis on dépose sa surface une mince couche de sable de FONTAINEBLEAU.

L'échantillon à chromatographier est additionné un peu de gel de silice pour former un mélange solide qui est ensuite introduit dans la colonne puis on dépose de nouveau une mince couche de sable de FONTAINEBLEAU.

On verse dans la colonne remplie 42 mL d'éther de pétrole pour éluer les hydrocarbures terpéniques qui sera recueillis en bas de la colonne.

Les produits oxygénés sont élués avec 56 ml d'éther diéthylique.

Les fractions, hydrocarbures terpéniques et produits oxygénés sont ensuite obtenus après élimination des solvants au bain-marie. Les fractions sont pesées puis conservées.

Chromatographie en phase gazeuse : cpg

L'huile essentielle totale et les fractions hydrocarbures terpéniques et produits oxygénés sont analysés par l'instrument :

GC – 17 A

Gas chromatograph

SHIMADZU

Conditions opératoires

Gaz vecteur hydrogène

Injecteur température 260° C

Volume injecté: 0,5 µL

Colonne TRASCIL TR – WAX (30m x 0,32 mm x 0,25 µm)

Four 50° C à 260° C (5° C par minute)

Détecteur type FID (détecteur à ionisation de flamme)

Température 260° C

Intégrateur – enregistreur

C – R8A

CHROMATOPOC

SHIMADZU

Auteur : ANDRIANASOLO Manda

Adresse: Lot VIII A 44 Antanambao Nord Miarinarivo 117

Titre du mémoire :

CONTRIBUTION A L'ETUDE DE L'HUILE ESSENTIELLE DE *Vetiveria zizanioïdes* Stapf (Gramineae).

VARIABILITE DE LA COMPOSITION CHIMIQUE SELON LA ZONE DE RECOLTE

Nombre de pages : 119

Nombre de tableaux : 71

Nombre de figures : 25

Nombre de schémas : 04

RESUME

En raison de la présence d'une variété de climats, Madagascar est un mini continent où la flore s'est diversifiée.

Ce mémoire porte sur l'étude de la variabilité de la composition des huiles essentielles de *Vetiveria zizanioïdes* Stapf (Gramineae) d'origines géographiques différentes. Un échantillon récolté à Fandriana et un autre récolté à Miarinarivo.

L'inventaire de tous les travaux concernant les huiles essentielles à Madagascar constitue la première partie de ce travail. Les généralités sur la méthode d'étude préliminaire d'une plante, sur les huiles essentielles et sur le *Vetiveria zizanioïdes* Stapf sont donnés dans la deuxième partie.

Dans la troisième partie, on y trouve la comparaison des familles chimiques présentes dans *Vetiveria zizanioïdes* Stapf issues de deux régions différentes qui a été effectuée grâce à l'utilisation de criblage phytochimique, ainsi que celles de ses huiles essentielles grâce à l'utilisation de diverses méthodes chromatographiques (ccm, clbp et cpg).

Mots clés :

Huile essentielle, *Vetiveria zizanioïdes* Stapf, caractéristiques physico-chimiques, composition chimique.

Directeur de mémoire : Madame RAZAFIMBELO Judith

Professeur titulaire