

UNIVERSITE NATIONALE DU BENIN

FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES (FAST)

DEPARTEMENT DE CHIMIE

REPUBLIQUE DU BENIN



**MEMOIRE D'OBTENTION DU DIPLOME D'ETUDES
APPROFONDIES EN SCIENCES DES MATERIAUX**

OPTION : CHIMIE DES SUBSTANCES NATURELLES

THEME :

**CONTRIBUTION A L'ETUDE DES
HUILES ESSENTIELLES DE DEUX
ESPECES D'EUCALYPTUS DU BENIN**

E. citriodora, E. camaldulensis

Présenté et soutenu devant la commission d'examen par :

Joachim Djimon GBENOU

JURY :

Président G. ACCROMBESSI

Membres B. ADEOTI

K. H. KOUMAGLO

M. MOUDACHIROU

Novembre 94

AVANT-PROPOS

Réalisé au Laboratoire des Extraits Végétaux et Arômes Naturels du département de chimie de la Faculté des Sciences et Techniques de l'Université Nationale du Bénin, ce travail est le résultat de la réflexion sur la place et l'importance de la production de matières premières d'origine Végétale dans le développement du Bénin.

Notre souci majeur, en choisissant ce sujet, est de pouvoir contribuer à l'étude des huiles essentielles, principalement celles des Eucalyptus acclimatés au Bénin. Le but visé est de déterminer les possibilités et conditions de leurs mises en valeur et de leurs utilisations par les populations.

C'est un grand honneur pour moi, de trouver ici l'occasion, d'adresser mes sincères remerciements à Monsieur **Mansour MOUDACHIROU**, responsable du Laboratoire des Extraits Végétaux et Aromes Naturels, d'avoir accepté de diriger ce travail. Il a mis à ma disposition de bonnes conditions de travail.

Ses nombreux et précieux conseils dont j'ai toujours bénéficiés, sa disponibilité, son efficacité et son dynamisme, ont été d'un appui pour la réalisation de ce travail.

A Monsieur **Georges ACCROMBESSI**, Maître de Conférences en chimie organique, responsable du laboratoire de chimie organique qui a accepté de présider le Jury de ce mémoire et m'a apporté des conseils au cours de ce travail, j'exprime toute ma gratitude.

II

Monsieur **Bouraïma ADÉOTI**, Maître de Conférences en chimie organique, chef de département de chimie, malgré ses multiples occupations, m'a fait l'honneur de participer à ce jury. Qu'il trouve ici l'expression de toute ma reconnaissance.

Que Monsieur **KOUMAGLO K.H.**, responsable du Laboratoire des Extraits Végétaux et Aromes Naturels de la Faculté des Sciences de l'Université du Bénin au Togo, reçoive ici mes vifs remerciements pour l'honneur qu'il me fait en effectuant ce voyage afin d'apprécier ce travail.

Je tiens aussi à exprimer toute ma reconnaissance à Monsieur **O. Latifou OLATUNJI**, maître de Conférences en physique théorique, ainsi qu'à Monsieur **C.E. AZANDEGBE**, Maître de Conférences en chimie physique, pour avoir, malgré de nombreuses difficultés, démarré cette formation d'Etudes approfondies en Sciences des Matériaux et conduire à terme cette première promotion.

A Monsieur **J.C. CHALCHAT** du laboratoire de chimie des huiles essentielles de l'Université BLAISE PASCAL de Clermont Ferrand. qui a accepté d'analyser nos extraits, j'exprime tous mes remerciements.

Mes remerciements vont également à :

- Monsieur **Marc-Abel AYEDOUN**, Ingénieur Biochimiste, pour les conseils qu'il m'a prodigués au cours de ce travail.
- Tous les **Enseignants** qui sont intervenus dans cette formation.
- Mademoiselle **Marthe CHODATON** Technicienne de laboratoire et ma collègue **Eléonore YAYI** pour leur collaboration.

SOMMAIRE

	Pages
INTRODUCTION GENERALE	1
<u>PREMIERE PARTIE</u> : LES TRAVAUX ANTERIEURS	4
I - MILIEU NATUREL ET ASPECT BOTANIQUE	5
A - Milieu naturel	5
B - Aspect Botanique	5
II - LES HUILES ESSENTIELLES	10
A - DEFINITION ET CARACTERISTIQUE DES HUILES	
ESSENTIELLES	10
* Propriétés physiques	11
B - COMPOSITION CHIMIQUE DES HUILES ESSENTIELLES	
D'EUCALYPTUS : LES CHEMOTYPES	12
1 - Composition chimique	12
2 - Les chémotypes	14
C - USAGE DES HUILES ESSENTIELLES	15
1 - Recherche de la qualité	15
2 - Propriétés biologiques et champs d'action	15
3 - Propriétés indésirables et toxicité des composants aromatiques	16
4 - Quelques travaux effectués sur les propriétés des huiles essentielles	17
5 - Propriétés et champs d'action des huiles essentielles de quelques Eucalyptus.....	18
6 - Usage des huiles essentielles d'Eucalyptus	20

IV

a - En pharmacie et cosmétique	20
b - En parfumerie	21
c - En industrie	22

III - ANALYSE^S QUALITATIVES ET QUANTITATIVES	22
A - LES TYPES DE FEUILLES ET LEUR AGE	22
B - EFFET DE STOCKAGE	23
C - VARIATION SAISONNIERE DU RENDEMENT ET DE LA COMPOSITION	24
D - INFLUENCE DE LA DUREE D'EXTRACTION	26

<u>DEUXIEME PARTIE</u> : EUCALYPTUS CITRIODORA EUCALYPTUS CAMALDULENSIS DU BENIN :ETUDE DES RENDEMENTS ET DE LA COMPOSITION CHIMIQUE DE LEURS HUILES ESSENTIELLES	27
INTRODUCTION	28

I- METHODES D'EXTRACTION DES HUILES ESSENTIELLES	28
A - MATERNEL VEGETAL	28
B - EXTRACTION DES HUILES ESSENTIELLES	29
1 - L'hydrodistillation	29
2 - La distillation à la vapeur	31
3 - Fonctionnement des appareils	31

II - METHODES D'ANALYSES	32
III - RESULTATS ET DISCUSSIONS	36
A - RENDEMENTS	36
1 - Influence du mode d'extraction et de l'état des feuilles.....	37
2 - Influence du lieu et de la période de récolte :	38
3 - Effet de la durée de stockage	40
4 - Variation du rendement au cours du stockage.....	42
B - COMPOSITION CHIMIQUE DES HUILES ESSENTIELLES	44
1 - Eucalyptus citriodora !.....	44
a - Variation de la composition chimique en fonction du lieu de récolte.....	48
b - Variation en fonction de la période de récolte.....	49
c - Variation en fonction de la durée de distillation.....	49
2 - Eucalyptus camaldulensis	53
a - Influence du lieu de récolte sur la composition chimique :	59
b - Influence saisonnière	60
c - Influence de la durée d'extraction	60
d - Comparaison des huiles essentielles des feuilles, fleurs et graines d'Eucalyptus camaldulensis	66
 TROISIEME PARTIE : SUGGESTIONS ET	
CONCLUSION GENERALE	68
SUGGESTIONS	69
CONCLUSION GENERALE	71
 BIBLIOGRAPHIE	73

INTRODUCTION GENERALE

La République du Bénin dont la superficie est de 112600 km² est située dans le Golfe de Guinée entre 6°30' et 12°30' de latitude Nord, 1° et 3°40' longitude Est.

Deux zones écologiques principales se partagent le territoire Béninois :

- La partie septentrionale caractérisée par un climat soudanien avec deux saisons et une pluviométrie inférieure à 1200 mm par an,
- La partie méridionale avec un climat tropical de type Guinéen qui compte quatre saisons alternées et une pluviométrie supérieure à 1500 mm par an.

La flore et la végétation sont d'une richesse exceptionnelle et d'une spécificité remarquable. Elles comptent :

- Les forêts claires
- Les forêts classées
- Les forêts secondaires
- Les forêts rizicoles
- Les forêts denses humides
- La végétation saxicole
- Les savanes marécageuses
- Les savanes sèches
- Les savanes montagneuses
- Les galeries forestières.

Le Bénin peut alors amorcer son développement sur les immenses ressources dont il est doté. Une attention particulière est actuellement portée aux secteurs et activités agricoles en vue de la production de matières premières d'origine végétale.

Ainsi, le programme amorcé depuis 1984 avec la croissance rapide des Eucalyptus (les premiers pieds plantés à Sèmè vers 1960 appartiennent à l'espèce *camaldulensis*), le Projet "Plantation bois de feu" couvre aujourd'hui plusieurs hectares d'Eucalyptus avec les espèces *citriodora*, *camaldulensis*, *torilliana* et *tereticonis*. Le Projet dispose actuellement à Sèmè et à Pahou d'une plantation de 16034 hectares composés essentiellement d'E. *camaldulensis* et de quelques E. *citriodora*. Les autres espèces servent d'ornement des voies et des routes. D'autres microplantations se trouvent à l'intérieur du pays.

A part la pharmacopée qui les connaît sous le nom de "Sèmè Kpentin" (arbre pour la toux de Sèmè), aucune autre utilisation n'est faite de ces arbres. Il est alors possible d'entreprendre leurs mises en valeur avec les moyens relativement limités et une technologie simple et utilisable par les populations. L'objet de notre étude concourt à la détermination des conditions optimales de cette mise en valeur.

Leur caractérisation s'avère alors nécessaire et indispensable.

Dans le présent travail de recherche, nous avons dans un premier temps, recensé les travaux antérieurs effectués sur les Eucalyptus, en particulier sur les huiles essentielles extraites des feuilles (mal connue de la population de notre pays).

Ces huiles essentielles sont en effet utilisées dans les domaines suivants, l'alimentation, la parfumerie, la pharmacie, la cosmétique et la chimie etc...

Ensuite, nous avons étudié la variation inter et intraspécifique du rendement et de la composition chimique des huiles essentielles de deux espèces, *Eucalyptus citriodora* et *camaldulensis*.

Enfin, les résultats et observations issus de nos analyses nous permettront de faire des suggestions quant à une plantation et une exploitation industrielle de ces espèces.

PREMIERE PARTIE :

LES TRAVAUX ANTERIEURS.

I - MILIEU NATUREL ET ASPECT BOTANIQUE

A - MILIEU NATUREL

Du point de vue milieu naturel, les Eucalyptus croissent dans divers types de sols et sont résistants au froid. Les espèces spontanées se trouvent presque toujours à l'Est de la "ligne de Wallace". Ils sont originaires d'Australie, de la Nouvelle Zélande et des îles de la Sonde¹ (Figure 1).

B - ASPECT BOTANIQUE

Le genre Eucalyptus appartient à la famille des Myrtacées, ordre des Myrtales dans la tribu ou section des Leptospermeae² (Figure 2)

Environ 90 genres avec plus de 600 espèces sont regroupés dans cette famille.

Des coupes histologiques (Figures 3 et 4) réalisées dans les feuilles d'Eucalyptus camaldulensis à l'état frais et à l'état sec ont permis de constater que leurs poches schizogènes sécrétrices d'huile essentielle sont localisées juste sous l'épiderme foliaire dans le parenchyme chlorophyllien pallissadique³.

Les arbres possèdent des fruits en forme de capsule; leurs feuilles sont souvent persistantes, alternées et ponctuées au moins à l'état adulte, la durée de vie des feuilles étant en moyenne de 18 mois^{3,4}.

Les fleurs sont rarement solitaires ; elles sont complètes, rarement unisexuées ; nectarifères et pollinisées par les oiseaux. La partie voyante de la fleur est représentée par la corolle, le calice ou les étamines.

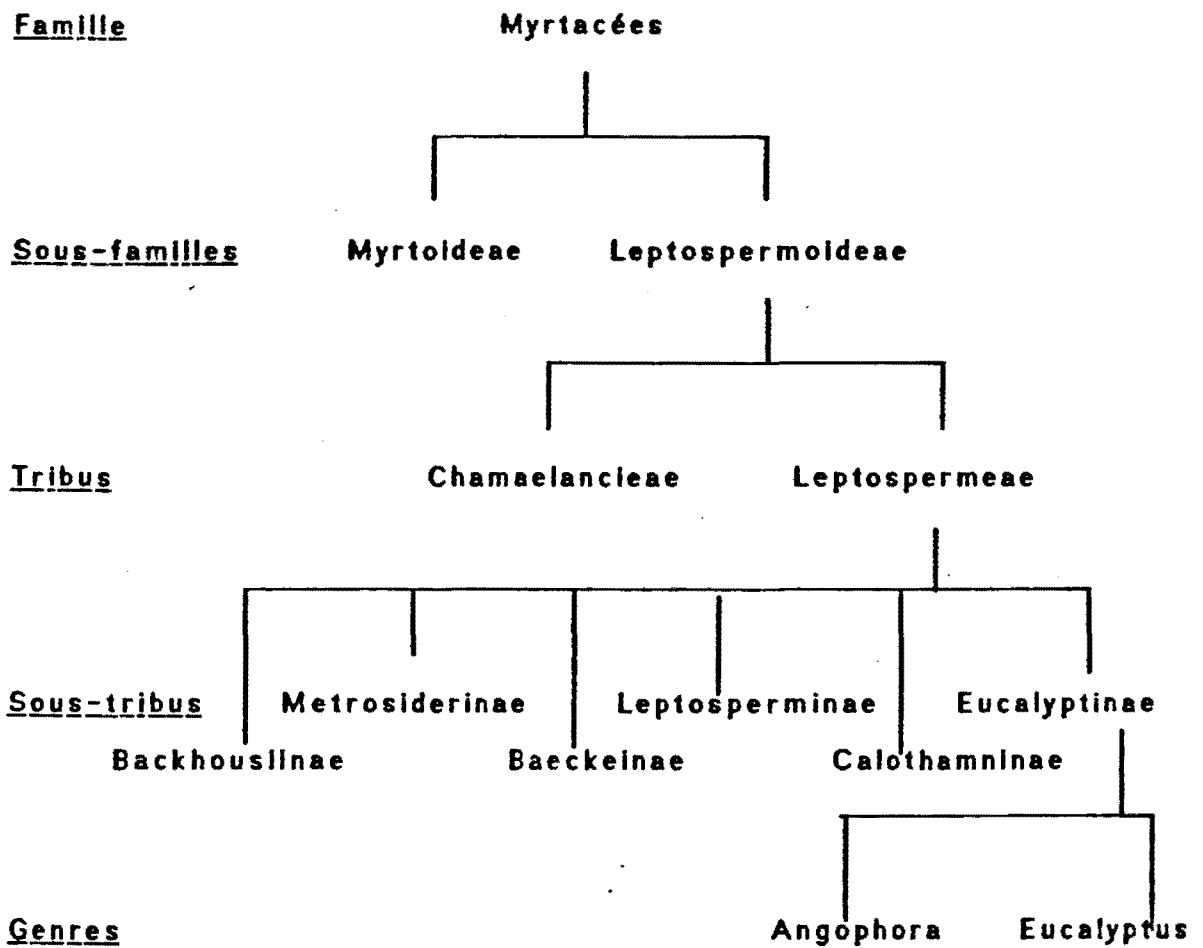


fig. 2: Classement du genre *Eucalyptus* dans la famille des myrtacées

Source : 2

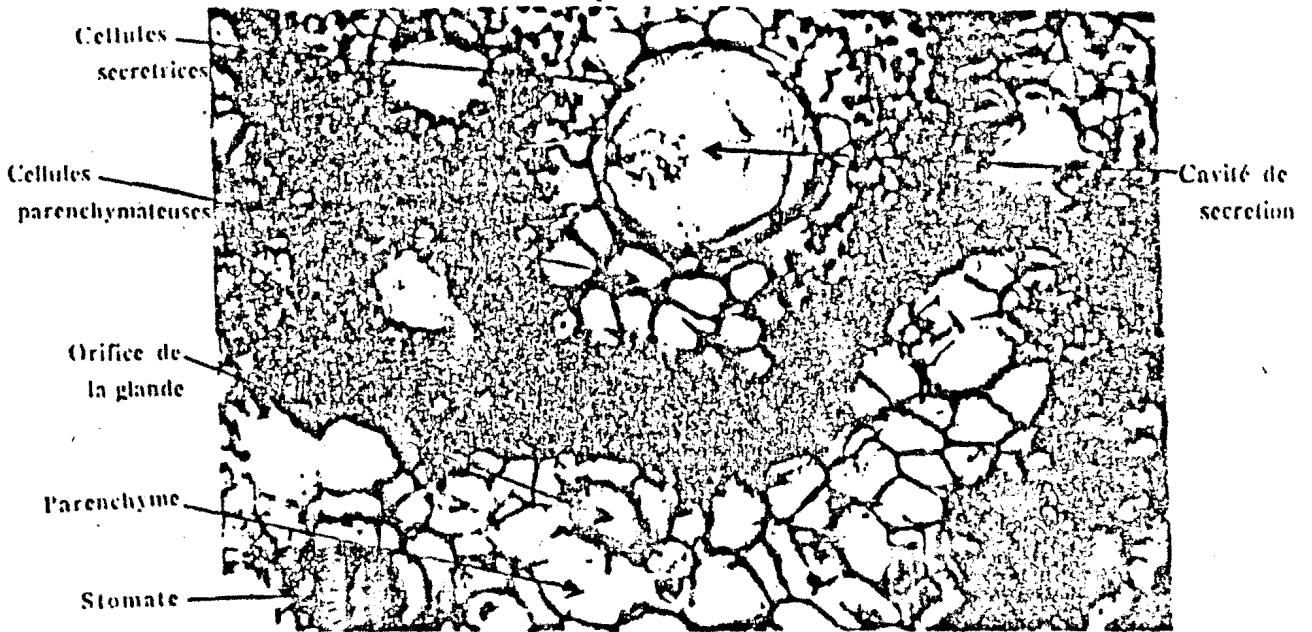


Figure 3 : Coupe transversale de la feuille d'*E.camaldulensis* à l'état frais (Grossissement x 40).

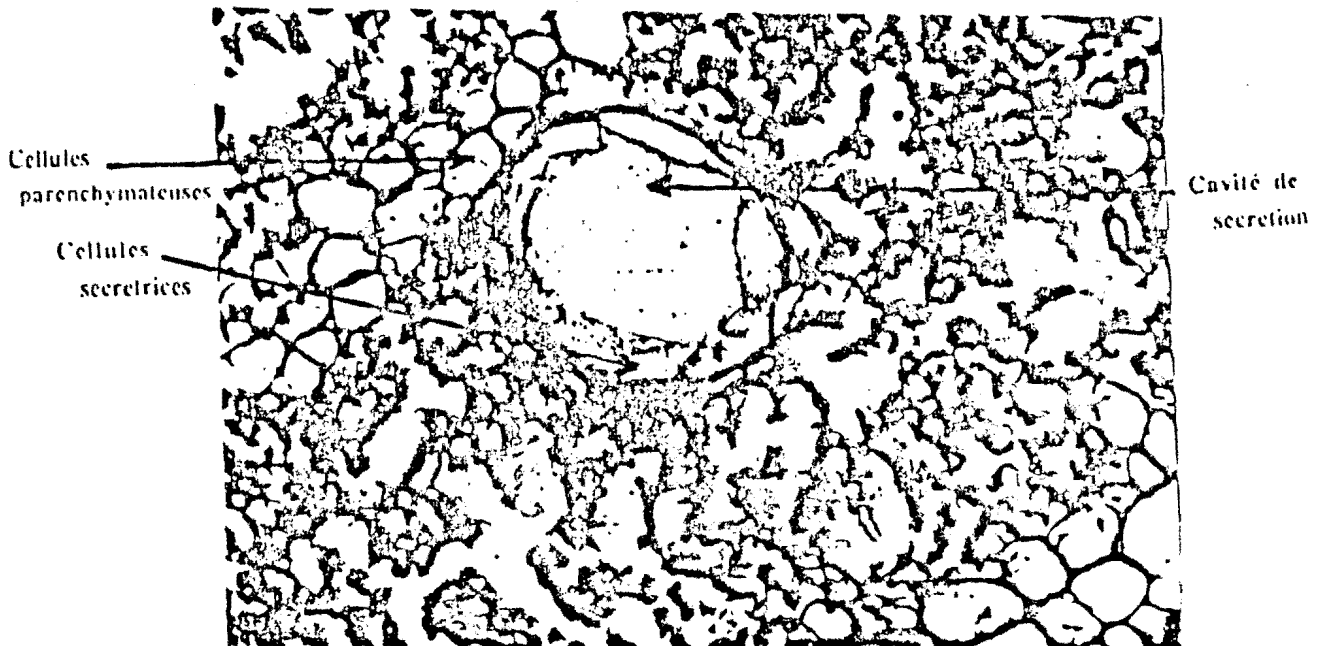


Figure 4 : Coupe transversale de la feuille d'*E.camaldulensis* à l'état sec (grossissement x 100).

Chaque fleur possède 4-5 sépales, 4-5 pétales tous imbriqués ; souvent n étamines centripètes libres ou en 4-5 faisceaux ; elles ont un connectif avec une glande apicale.

Le pollen est binucléé ou polycopé.

L'ovaire est formé de 2 à 5 carpelles et composé d'autant de loges. Il y a 2 à n ovules.

Les Leptospermoïdeae à l'ovaire 2-5 n loculaire sont surtout d'Australie⁴.

On distingue 4 types morphologiques de feuilles : feuilles de semis, feuilles de jeunesse, feuilles intermédiaires et feuilles adultes. Elles sont associées à certaines phases de la vie de l'arbre. Leurs formes et leur longueur varient au sein d'une même espèce et également pour un individu donné. L'âge morphologique approximatif des types de feuilles varie entre 1 et 18 mois.

Feuilles jeunes.....1 mois

Feuilles mûres.....6 mois

Feuilles âgées..... 12 à 18 mois

Les feuilles d'Eucalyptus changent de morphologie. La composition chimique des huiles essentielles évolue alors entre le stade de jeunes semis et celui de l'arbre adulte. Il est donc nécessaire de connaître la nature des feuilles composant un échantillon.

Nous avons utilisé des feuilles adultes. Elles sont coriaces, souvent épaisses, raides, fortement actimisées, riches en sclérenchyme.

Il existe dans la plupart des espèces d'Eucalyptus, des glandes de sécrétion à

huiles essentielles. Leur nombre est variable et se répartit différemment dans les feuilles selon les espèces. On note une corrélation étroite entre la densité des glandes sécrétrices et le rendement en huile essentielle⁵.

Il est important de noter que les Eucalyptus présentent un intérêt économique et scientifique.

En effet, les Eucalyptus sont des sources :

- de bois de feu et de charbon de bois
- de pâte à papier : les espèces camaldulensis, grandis, botryoides, viminalis et saligna étant les plus intéressantes pour une exploitation dans le domaine et dans celui de pâte à dissoudre qui peut-être transformée en viscosse et en fibres d'acétate⁶,
- de fabrication de poteaux électriques au Bénin et au Congo.
- de production d'huiles essentielles.

II - LES HUILES ESSENTIELLES

A - DEFINITION ET CARACTERISTIQUES DES HUILES ESSENTIELLES

- L'huile essentielle est l'ensemble des composés volatiles (généralement odorants) formant la partie organique du mélange obtenu par distillation de la plante⁶

Les huiles essentielles sont caractérisées par certaines grandeurs physiques et physico-chimiques telles que : la densité, le pouvoir rotatoire, l'indice de réfraction, la solubilité, les indices chimiques etc...

* Propriétés physiques⁷

- Densité : Les huiles essentielles sont plus légères que l'eau et non miscibles ; ce qui permet leur séparation dans l'essencier couplé à l'alambic. Cependant, quelques unes ont une densité supérieure ou voisine de celle de l'eau (Sassafras, clous de girofle etc...)
- Le Pouvoir rotatoire : elles sont actives sur la lumière polarisée.
- Indice de réfraction : Il est souvent élevé ; par exemple, on observe pour l'huile essentielle des feuilles de *Clausena anisata* un indice de réfraction⁸ $n^{30^\circ} = 1,5613$.
- Solubilité : les huiles essentielles sont naturellement non ou très peu solubles dans l'eau ; certains composants sont néanmoins plus solubles que d'autres. Quelques unes ont des constituants particulièrement solubles, qui entraînent l'obtention d'émulsions pendant les distillations.

Par contre, elles sont totalement solubles dans les huiles grasses, les alcools à titre élevé et les solvants organiques.

- Volatilité : Cette propriété les oppose aux huiles grasses ("huiles fixes"). D'ailleurs, cette volatilité est à l'origine de leur caractère odorant et permet leur entraînement à la vapeur d'eau.

- Elles sont à la température ambiante, liquides rarement visqueuses ou cristallines. Rares sont celles qui se solidifient à froid (*Tanacetum annuum* - Chamazutène)

- Coloration ; les huiles essentielles sont diversement colorées. Tout l'arc-en-ciel est représenté

Exemple : le rouge de certaine Sarriettes

le jaune clair du *Clausena anisata* de Kétou Ewé Bénin.

L'analyse chromatographique permet de préciser leurs compositions

qualitatives (nature des composants chimiques) et quantitatives (pourcentage des constituants).

B - COMPOSITION CHIMIQUE DES HUILES ESSENTIELLES D'EUCALYPTUS : LES CHEMOTYPES

En générale on utilise directement l'huile essentielle d'Eucalyptus extraite des feuilles sur lesquelles de nombreuses études ont été réalisées. Certaines feuilles peuvent contenir des composés non volatils comme les tanins et les flavonoïdes⁹.

1 - COMPOSITION CHIMIQUE

Les huiles essentielles contiennent des constituants qui peuvent avoir des propriétés physico-chimiques et des structures très différentes: il s'agit des composés aliphatiques, aromatiques, terpéniques, etc...

Les terpénoïdes, surtout les composés oxygénés sont souvent majoritaires. Ils sont les plus recherchés et les plus appréciés. Ils occupent une place très importante parmi les substances odorantes. On peut citer les alcools et les phénols, les éthers, les acides et esters, les aldéhydes et cétones, les acétates et les oxydes.

On a constaté une certaine réactivité de ces molécules. Elles se transforment plus ou moins rapidement dans le temps; ce qui présente un inconvénient pour la stabilité de l'huile essentielle. Exemple: figures 5-6

Il n'est pas rare de noter des différences de composition chimique d'huile essentielle chez une même plante, d'où la notion de chémotype.

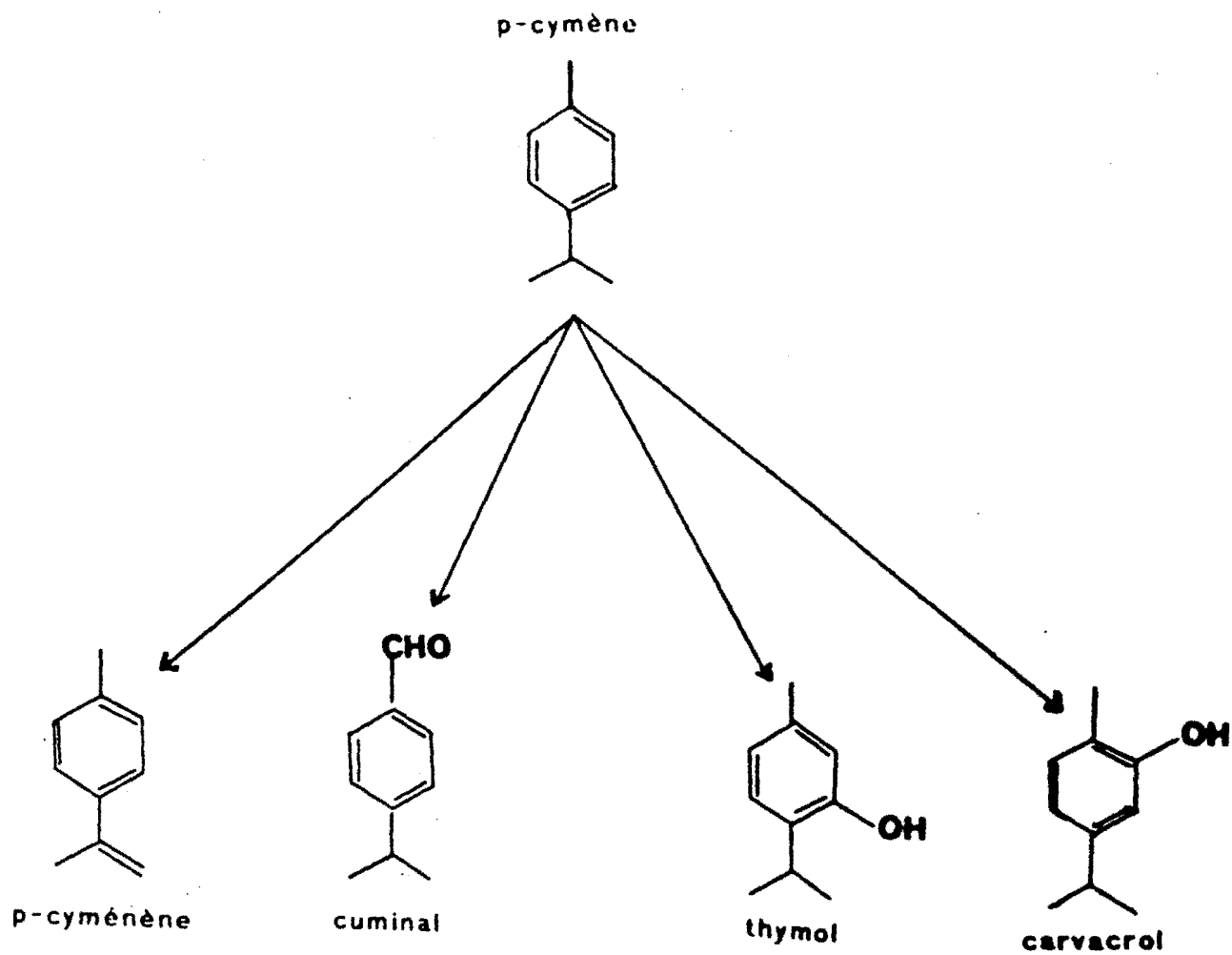


Fig 5

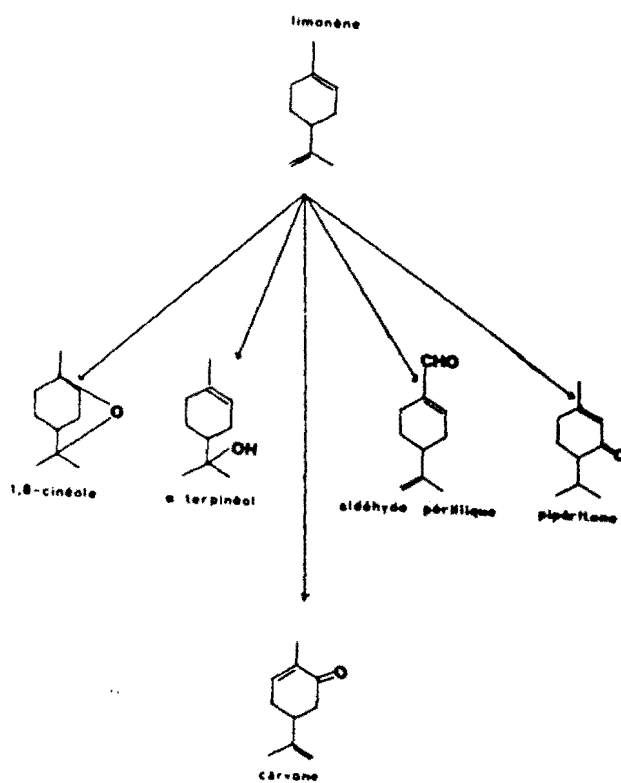


Fig 6

2 - LES CHEMOTYPES

En effet, les composantes aromatiques d'une plante varient en fonction des divers facteurs comme l'ensoleillement, la nature et la composition du sol, la situation géographique (altitude et latitude) et les saisons etc.... Une même plante issue de deux sites différents peut sécréter des essences dont les différences sont plus ou moins importantes. Le terme de chémotypes est alors utilisé pour différencier les huiles essentielles extraites⁷.

Par exemple les chémotypes suivants ont été signalés, suite à l'analyse des huiles essentielles du *Lippia multiflora* : le camphre comme produit majeur au Ghana¹⁰, le carvone et le linalol en Ethiopie¹¹, le linalol (> 80 %) au Nigéria¹² et deux types au Congo, paracymène-thymol et les tagetones¹³. Et selon les travaux effectués récemment dans notre Laboratoire et à l'Université du Bénin au Togo, la même plante donne des huiles essentielles avec comme produits majeurs le 1,8 - ciénole ou le myrténol ou encore le géraniol-limonène¹⁴ etc....

Concernant l'influence de la luminosité, il a été montré que le basilic cultivé à Madagascar en pleine lumière conduit à un taux de chavicol de 57 % alors que la même plante cultivée à l'abri en contient jusqu'à 74 %⁷.

Ainsi, les propriétés biologiques de l'huile essentielle changent-elles avec ces différences qui peuvent être extrêmement importantes.

Il est nécessaire de connaître le chémotype avant son utilisation afin d'éviter les échecs thérapeutiques ou même des accidents graves.

C - USAGE DES HUILES ESSENTIELLES.

Avant l'utilisation à des fins préventives, curatives ou de bien être, la qualité des huiles essentielles est à rechercher, ses propriétés biologiques sont à déterminer.

1 - RECHERCHE DE LA QUALITE⁷

En effet, pour un bon usage, l'utilisateur doit avoir:

- des garanties sur la plante elle-même et son mode de culture et sa zone de récolte.
- des garanties sur l'huile essentielle elle-même: bonnes conditions de stockage. Elle doit être 100 % naturelle, 100 % pure et 100 % totale.

Le contrôle de la qualité des huiles essentielles se fait au laboratoire par l'échantillonnage, les contrôles organoleptiques, l'étude des constantes physiques et les analyses chromatographiques.

2- PROPRIETES BIOLOGIQUES ET CHAMPS D'ACTION^{15,16}

Nous allons énumérer les propriétés des huiles essentielles en général. On distingue:

- Les propriétés anti-infectieuse, insectifuge et insecticide, anti-inflammatoire et antihistaminique immunorégulatrice.
- Les propriétés anticatarrhale, neurotrope, endocrinorégulatrice,

vasculotrope et hémotrope.

- Enfin les propriétés antitumorales et antileucémiques, digestives, cicatrisantes et antihématomes, analeptiques, et thermorégulatrices.

Il existe un seuil d'efficacité des huiles essentielles en fonction des doses administrées. Ce seuil dépend à la fois de la molécule et du but dans lequel elle est employée. Outre le seuil d'efficacité la loi d'inversion des effets, bien connue en physiologie, s'applique à l'ensemble des composants des huiles essentielles.

3 - PROPRIETES INDESIRABLES ET TOXICITE DES COMPOSANTS AROMATIQUES

Les huiles essentielles sont des substances très actives. Pour cela, l'usage doit être fait avec vigilance et sur la base des connaissances fiables et suffisantes.

On reconnaît plusieurs types de toxicité

La toxicité aiguë, la toxicité à court terme et la toxicité à long terme.

D'une manière générale, la toxicité des molécules aromatiques est liée à la présence de certains sites fonctionnels oxygénés. Quelques unes des propriétés indésirables sont:

- Propriétés vésicantes et nécrosantes, allergisantes.
- Propriétés photosensibilisantes, neurotoxiques, néphrotoxiques.
- Propriétés hépatotoxiques et carcinogéniques

4 - QUELQUES TRAVAUX EFFECTUES SUR LES PROPRIETES DES HUILES ESSENTIELLES

Beaucoup de travaux ont été effectués par de nombreux chercheurs quant aux propriétés des huiles essentielles en vue de leurs usages.

En effet, les mélanges d'huiles essentielles se sont révélés très bactéricides et fongicides¹⁷. Par contre leurs propriétés antivirales ont été peu étudiées¹⁸.

Des effets thérapeutiques intéressants ont été obtenus par inhalation sur des souris infectées par Pneumococcus¹⁹.

Certains auteurs recommandèrent l'huile de *Cochlearia armoracia* pour le traitement des infections du tractus urinaire par les bactéries Grampositif et Gramnégatif²⁰.

En 1962 il a été remarqué que le plus souvent, les essences végétales ont un plus grand pouvoir germicide que leurs vapeurs²¹

D'autres auteurs ont suggéré leurs applications pratiques dans la cosmétique, la fabrication des désinfectants et dans la guérison des maladies microbiennes²⁴.

Les huiles essentielles de Romarin Sariette, Thym et Lavande ont des propriétés anti-bactériennes et antifongiques²⁵.

Par ailleurs des huiles essentielles notamment celles extraites de l'ail, de l'oignon de l'origan et du thym ont des effets inhibiteurs sur treize types de levures²⁶.

La plupart des huiles essentielles de quarante plantes aromatiques Egyptiennes sont fongicides et faiblement bactéricides²⁷.

5 - PROPRIETES ET CHAMPS D'ACTION DES HUILES ESSENTIELLES DE QUELQUES EUCALYPTUS²⁸

Les huiles essentielles sont utilisées seules ou combinées à d'autres.

Elles interviennent dans plusieurs domaines d'applications et empruntent plusieurs voies (d'utilisation), d'administration.

Tableau 1 : Eucalyptus citriodora

Domaines d'intervention	Champs d'action	Voies
Médecine générale	Piqûres d'insecte Moustiques (repulsif)	cutanée
Infectiologie	Paludisme (préventif et curatif)	cutanée
Gynécologie	Fibrome	cutanée (à visée arculatoire)
	Congestion ovarienne et utérine	voie vaginale
Dermatologie	"Cellulite" (retention hydrolipidique)	cutanée (à visée activatrice dexlerosante)
	Eczéma variqueux	cutanée
Rhumatologie	Arthrite	cutanée visée anti inflammatoire
	Tennis - elbow	cutanée
Angéo-phlébo-cardiologie	Phlébite	orale cutanée
	Hémorroïde externe et interne	rectale
	Péricardite	cutanée
Endocrinologie et métabolisme	Diabète (adjuvant obésité)	orale cutanée

Tableau 2 : *Eucalyptus globulus*

Domaines d'intervention	Champs d'action	Voies
Pneumologie	Bronchite (catarrhale bactérienne)	cutanée (à visée mucolytique expectorante et anti infectieuse respiratoire (facultative))
O.R.L.	Pharyngite, rhinite rhinopharyngite sinusite	respiratoire (facultative)
Dermatologie	Mycoses cutanées	cutanée (à visée antifongique)
	Dermites bactériennes et candidosiques	cutanée, orale
Ophthalmologie	Conjonctivite infectieuse	Bain oculaire

Tableau 3 : *Eucalyptus dives piperitoliferum*

Pneumologie	Bronchite (catarrhale bactérienne)	Rectale (à visée anti infectieuse et anti catarrhale)
Endocrinologie et métabolisme	Obésité	Cutanée

Tableau 4 : *Eucalyptus camaldulensis*

Pneumologie	Bronchite (Catarrhale bactérienne)	Respiratoire
O.R.L.	Pharyngite rhinite rhinopharyngite Toux	Respiratoire, orale pour la toux

Tableau 5 : Eucalyptus radiata

Domaines d'intervention	Champs d'action	Voies
Pneumologie	Bronchite (catarrhale bactérienne)	respiratoire (facultative)
	Bronchite et bronchiolite virale (bébé 1 an à enfant 2/4 ans)	pulmonaire (si nécessaire) cutanée (si nécessaire)
O.R.L.	Grippe	cutanée (à visée anti virale immunostimulante, correctrice du terrain)
	Otitites moyennes aiguës	auriculaires bébés enfants et adultes (à visée antalgique et anti infectieuse)
	Pharyngite rhinite rinopharyngite sinusite	respiratoire (facultative)
Infectiologie	Mononuclérose infectieuse à virus d'Epstein Barr	cutanée

6 - USAGE DES HUILES ESSENTIELLES D'EUCALYPTUS

Les huiles essentielles présentent à cause de leurs propriétés un intérêt pour les industries pharmaceutiques, cosmétologiques, chimiques, minières etc...

a) En Pharmacie et Cosmétique

Selon les normes AFNOR⁶², l'huile essentielle d'Eucalyptus à usage médical doit contenir au moins 70% de 1,8 -cinéole, le phellandrène ne devant être qu'en trace^{29,62}

En effet, le 1,8-Cinéole intervient dans les médicaments utilisés pour le traitement des infections pulmonaires et la décongestion des voies respiratoires³⁰⁻³².

Comme autres applications^{33,34}, citons les embrocations, les savons et les antiseptiques. S. DARLET¹⁶ a constaté que l'huile essentielle d'*Eucalyptus citriodora* montre une inhibition de l'effet cytopathogène des polyvirus type 3 à un taux de protection de 91,6%.

A la dose de 25%, l'huile essentielle d'*E. citriodora* peut être associée à l'huile de ricin et le chloroforme pour détruire les vers intestinaux³⁵.

L'essence d'*E. camaldulensis* est, avant utilisation, rectifiée pour élever le taux de 1,8 - cinéole

b) En Parfumerie

On y utilise surtout l'*Eucalyptus citriodora* riche en citronellal (65-85%), l'*Eucalyptus macarthurü*, riche en eudesmol et en acétate de géranyle (60-70%). D'autres espèces riches en cinnamate de méthyle (95%) en citral (géraniol et néral) (10-40% sont aussi utilisées).

Chacun de ces composés présente un intérêt particulier dans la parfumerie. Ils ont de bonnes qualités olfactives et interviennent comme fixateurs^{36,37}. Ils entrent dans la fabrication des produits de nettoyage et des désinfectants : savons de toilette, dentifrices, lotions déodorants domestiques³⁸⁻⁴⁰.

c) En Industrie

Peu d'espèces sont utilisées, ce sont les espèces au phellandrène 35-40% et 60-80%, à la pipéritone 40-50% .

Les huiles essentielles riches en phellandrène sont utilisées comme tensioactifs dans la séparation de sulfure métallique (Zn, Pb) et dans la technique de flottation³³⁻³⁵. Elles le sont également comme dégraissants de résines de caoutchouc et de pièces métalliques dans l'industrie de vernis^{42,43}.

III- ANALYSES QUALITATIVE ET QUANTITATIVE

La chromatographie en phase gazeuse sur colonne(s) capillaire(s) permet une analyse plus fine des huiles essentielles. Leurs rendements et leurs compositions chimiques dépendent de plusieurs facteurs naturels tels que l'âge des feuilles, la durée de stockage, la saison, le mode et la durée de l'extraction.

A - LES TYPES DE FEUILLES ET LEUR AGE

Les types de feuilles et leur âge ont une influence sur les rendements et les compositions chimiques des huiles essentielles.

Des études ont montré que les compositions chimiques des *Eucalyptus citriodora* de KENYA et de l'Australie varient en fonction de l'âge des feuilles^{44,45}.

Au sein d'une même espèce le rendement varie selon l'âge de l'arbre⁴⁶. Plus l'âge est élevé plus le rendement est fort.

B - EFFET DE STOCKAGE

Dans ce domaine⁴⁷, le rendement en huile essentielle et son contenu en citronellal sont de façon importante, affectés par l'exposition des feuilles au soleil. On note, quant aux feuilles séchées à l'ombre ou stockées dans des conditions adéquates, qu'il se produit une diminution marquée après un délai de cinq mois.

Il a été constaté que le séchage préalable des feuilles d'*Eucalyptus camaldulensis* du Maroc améliore le rendement mais que la teneur en 1,8 - cinéole de l'huile essentielle obtenue varie très peu (ou pratiquement pas)⁴⁸.

Au delà de seize jours de conservation des feuilles, on a constaté, après une étude réalisée sur des feuilles d'*Eucalyptus citriodora* acclimaté aux Seychelles une diminution progressive du rendement en huile essentielle⁴⁹.

Le tableau⁶ montre l'effet du stockage sur la quantité d'huile essentielle des feuilles d'un *Eucalyptus* hybride⁵⁰.

Après une amélioration du rendement par rapport aux feuilles fraîches, pour un stockage de cinq jours, la teneur en huile essentielle diminue régulièrement pour chuter de façon importante après 55 jours de stockage.

Tableau 6 : l'effet de stockage sur la quantité d'huile essentielle des feuilles d'un eucalyptus hybride.

Date de Distillation	Période de stockage des feuilles (jours)	Teneur en huile % (v/m)
15.6.83	frais	0.86
16.6.83-20.6.83	1-5	1.24
21.6.83-25.6.83	6-10	1.12
26.6.83-30.6.83	11-15	1.02
1.7.83- 5.7.83	16-20	1.05
6.7.83-10.7.83	21-25	1.00
11.7.83-15.7.83	26-30	1.03
16.7.83-20.7.83	31-35	0.96
21.7.83-25.7.83	36-40	0.95
26.7.83-30.7.83	41-45	0.82
31.7.83- 4.8.83	46-50	0.81
5.7.83- 9.8.83	51-55	0.44
10.8.83-14.8.83	56-60	0.43
15.8.83	61	0.31

C - VARIATION SAISONNIERE DU RENDEMENT ET DE LA COMPOSITION

Beaucoup d'études ont été réalisées par plusieurs auteurs sur la variation de la composition et du rendement en fonction de la période de récolte.

En effet, des observations⁵¹ ont montré, après une étude sur l'*Eucalyptus citriodora* de Cuba, que d'une part le rendement en huile essentielle environ 2% en Avril et Juillet atteint en Novembre et Mai un taux maximum de 3,5%, d'autre part que suivant la période de récolte le taux de citronellal varie entre 50 et 80% .

De même, ABOU-DAHAB et COLL⁵² observent que pour l'*Eucalyptus Camaldulensis* et l'*Eucalyptus polyanthénios* cultivés en Egypte, le rendement en huile essentielle décroît pendant l'hiver et commence à croître au printemps pour atteindre son maximum en Eté.

Mais, F.G. SANDRET²⁹ a remarqué que l'époque de la récolte n'influence ni le rendement en huile essentielle ni la teneur en 1,8-cinéol chez les feuilles adultes d'*Eucalyptus globulus* du Maroc.

De la même manière un travail fait à Madagascar permet d'observer deux maxima de rendement décalés de six mois chez l'*Eucalyptus eugenoïdes* et *obtusiflora*. Le premier entre Janvier, Février correspond à l'été austral ; le second, se situe en Août, à la fin de l'hiver austral.

Tandis que pour les espèces, *Eucalyptus elata*, *Eucalyptus maculata* et *Eucalyptus rudis*, un seul maximum a été observé entre le mois de Novembre et Janvier. Cette période correspond à la fin du printemps et au début de l'été austral.

En outre, il a été démontré que le rendement de ces espèces était davantage lié à la pluviométrie qu'à la température.

D - INFLUENCE DE LA DUREE D'EXTRACTION

Au cours d'une extraction de longue durée des feuilles d'Eucalyptus globulus, la variation du rendement et de la composition chimique tout au long d'une distillation prolongée a été étudié. On a constaté que la variation du volume en huile essentielle est maximale à 20 min et qu'après 55 min, le 1,8- cinéole diminue rapidement ce qui correspond à la chute de rendement observée au bout de cette période. Alors on a conclu que la distillation peut être finie au bout de 55 mn, ce qui rend possible une distillation industrielle⁵⁴.

Ces différents résultats nous apportent un nouvel éclairage pour aborder l'étude des Eucalyptus citriodora et camaldulensis acclimatés au Bénin.

DEUXIEME PARTIE

**EUCALYPTUS CITRIODORA, EUCALYPTUS
CAMALDULENSIS DU BENIN: ETUDE DES
RENDEMENTS ET DE LA COMPOSITION
CHIMIQUE DE LEURS HUILES ESSENTIELLES**

INTRODUCTION

Les Eucalyptus ont été introduits au Bénin vers 1960 aussi bien à des fins économiques que pour la conservation des sols, en particulier pour la production de bois de feu et de charbon de bois pour les villes. Leurs feuilles ont fait l'objet de très peu d'études et ne sont destinées à aucune exploitation industrielle. Seule une partie de la population indigène en connaît l'utilisation dans la pharmacopée.

Parmi les espèces acclimatées au Bénin, nous n'en avons étudié que deux. Il s'agit de *Eucalyptus citriodora* (sous-genre *corymbia*) et de *Eucalyptus camaldulensis*.

I - METHODES D'EXTRACTION DES HUILES ESSENTIELLES

Notre étude est basée sur les huiles essentielles extraites des feuilles.

A - MATERIEL VEGETAL

Les feuilles ont été récoltées sur plusieurs individus appartenant aux deux espèces se trouvant sur les sites retenus.

Trois sites ont été retenus pour l'*Eucalyptus citriodora* : Calavi, Kétou, Infangni ; et deux pour l'*Eucalyptus camaldulensis* : Calavi, Sème- Ekpè.

Les feuilles récoltées sont mélangées par site et ensuite ramenées au laboratoire. On peut ensuite procéder à l'extraction le même jour ou au plus tard le lendemain sur le matériel végétal frais. On peut aussi sécher les feuilles à l'ombre, en moyenne 8 jours, avant de faire la distillation.

Les récoltes ont été effectuées sur une période de Février à Août .

Les feuilles utilisées sont des feuilles adultes, c'est-à-dire celles d'arbres ayant déjà présenté une floraison au moins et quelques rares fois des feuilles jeunes.

La quantité des feuilles pour chaque extraction est de 200 ou 500 g.

B - EXTRACTION DES HUILES ESSENTIELLES

Toutes les extractions ont été effectuées au Laboratoire de chimie organique de la Faculté des Sciences et Techniques de l'Université Nationale du Bénin.

Deux méthodes de distillation ont été utilisées : l'hydrodistillation et la distillation à la vapeur.

Afin de voir l'effet du mode de distillation sur le rendement et la composition de l'huile essentielle, les mêmes conditions , masse de matériel végétal, température, pression et durée d'extraction, ont été respectées pour les deux méthodes.

1 - L'HYDRODISTILLATION

Dans cette méthode qui est la plus utilisée (figure7), la matière végétale est mise en contact direct avec de l'eau en ébullition dans un ballon à fond rond. Le ballon, muni d'un essencier en verre, est chauffé à l'aide d'un chauffe ballon électrique. L'essencier est surmonté d'un réfrigérant à boules en mode ascendant.

Fig 7

Montage pour hydrodistillation

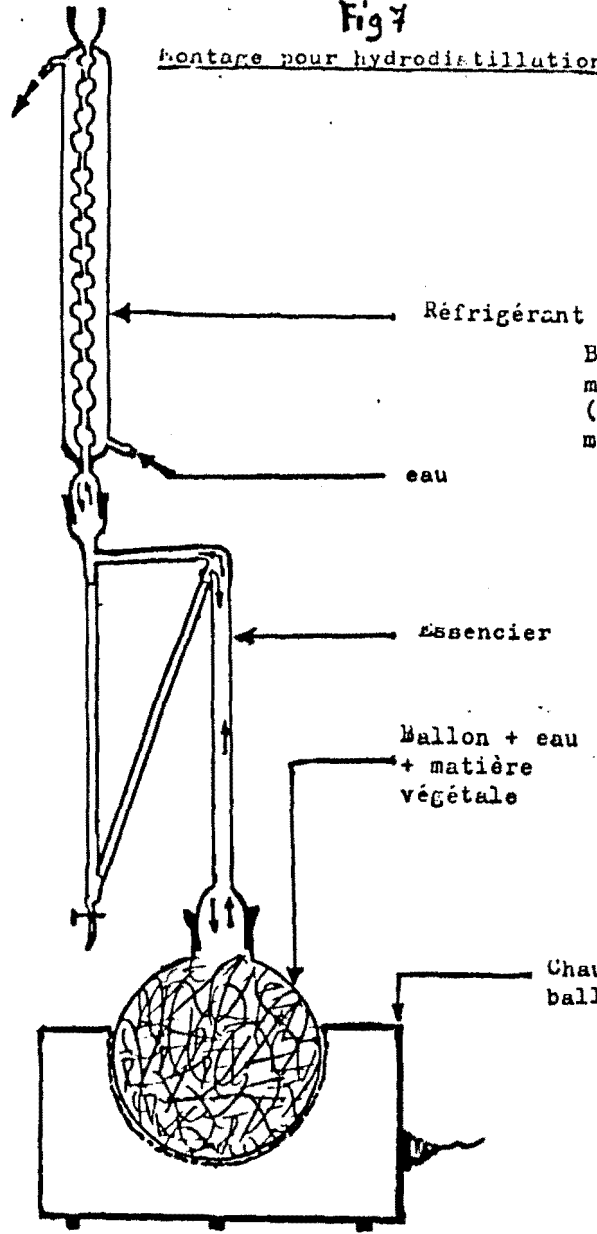
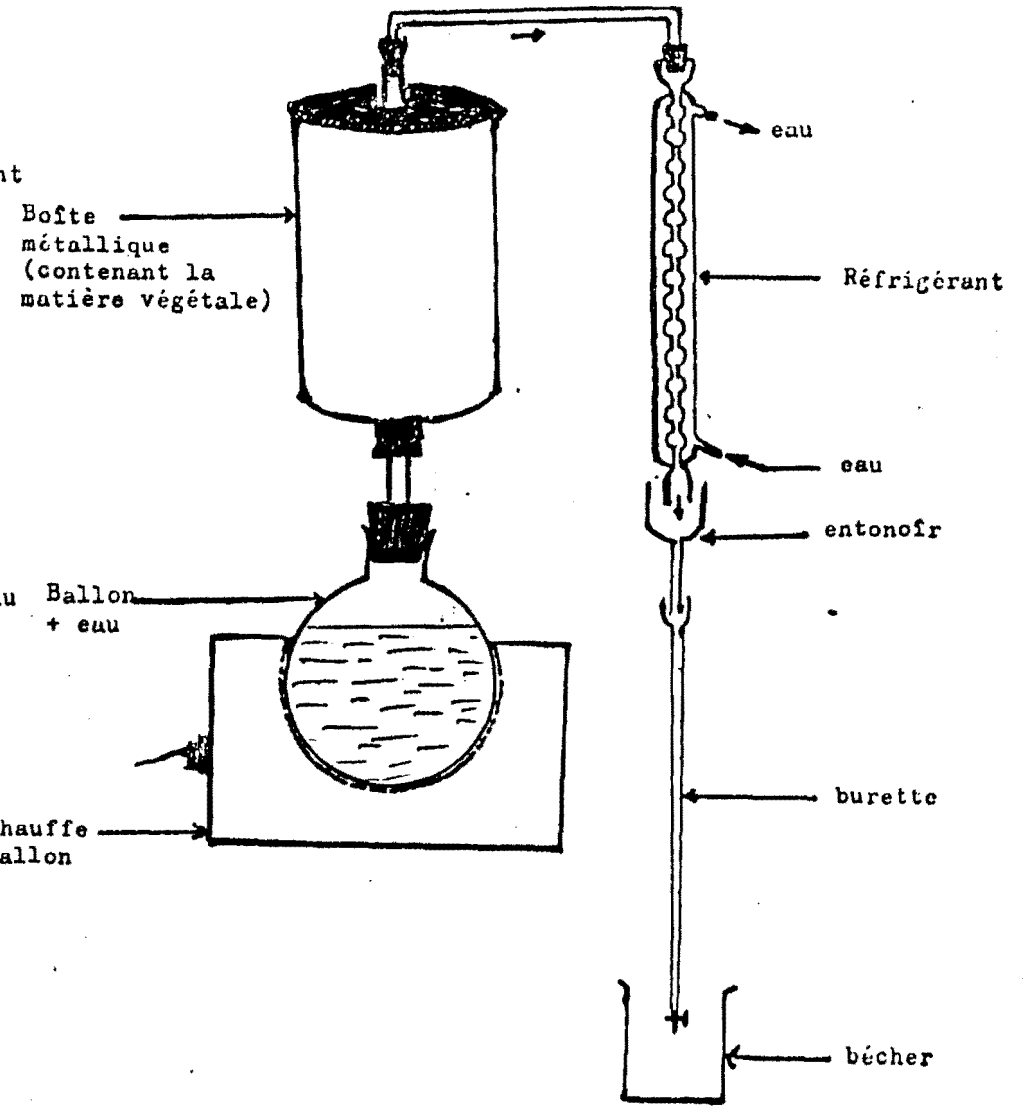


Fig. 8:

Montage pour distillation à la vapeur



30

L'hydrodistillation s'effectue à la pression atmosphérique et à la température de l'eau en ébullition.

Les feuilles fraîches (500g) ou le plus souvent sèches(200g) sont introduites dans le ballon rempli d'eau à moitié ou au deux-tiers de son volume.

2 - LA DISTILLATION A LA VAPEUR

Dans cette seconde méthode (figure 8) le matériel végétal est contenu dans une boîte métallique reliée à un ballon servant de générateur de vapeur d'eau.

3 - FONCTIONNEMENT DES APPAREILS

- Dans le cas de l'hydrodistillation, la vapeur entraine les produits volatils constituants de l'huile essentielle et monte dans le système réfrigérant. Par condensation, le mélange eau-huile essentielle tombe dans l'essencier tandis que l'eau contenue dans celui-ci retourne dans le ballon par siphonnage. L'huile, moins dense et non miscible à l'eau, surnage et peut être récupérée à l'aide d'une pipette.

- Pour la distillation à la vapeur, la vapeur chargée d'huile essentielle descend dans un réfrigérant et le mélange condensé est recueilli dans une burette d'où on fait écouler doucement l'eau florale dans un bécher.

Chaque distillation dure en moyenne entre 120 et 150 mn.

Les huiles essentielles récupérées sont pesées. Les rendements en huile sont calculés de la façon suivante :

$$R^{dt} = \frac{\text{masse d'huile essentielle recueillie (g)}}{\text{masse de matériel végétal introduit (g)}} \times 100$$

Pour le matériel végétal sec.

$$R^{dt} = \frac{\text{Volume d'huile essentielle recueillie (ml)}}{\text{masse de matériel végétal introduit (kg)}}$$

Pour les feuilles fraîches

II - METHODES D'ANALYSE

L'analyse d'une huile essentielle se fait le plus souvent en deux étapes élémentaires,

- Séparation des produits contenus dans le mélange
- Identification des constituants

La chromatographie en phase gazeuse (CPG) réalisée alternativement sur deux colonnes de polarités différentes est la méthode la plus employée pour séparer et identifier les constituants d'une huile essentielle.

La séparation s'effectue suivant les temps (ou distances) de rétention qui sont les grandeurs intrinsèques caractéristiques de chaque composé dans des conditions expérimentales données.

Mais on leur préfère les mesures des indices de rétentions relatives, qui ne dépendent que de la phase stationnaire utilisée.

En température programmée l'indice de rétention est donné par la relation suivante :

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

où

$T_R(A)$: temps de rétention d'un composé inconnu A

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

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

A étant élué entre C_n et C_{n+1} .

Les huiles essentielles obtenues ne peuvent être correctement analysées en isotherme, parce que les constituants ont des points d'ébullition peu différents ; l'application de cette formule s'avère alors indispensable pour l'analyse.

Le chromatographe utilisé pour nos analyses est le Delcei 121 C équipé d'une colonne capillaire du type CPWAX 52 CB de longueur 25 m et de diamètre intérieur 0,2mm. La température initiale du four est maintenue à 50°C pendant 5 min. Il est ensuite programmé entre 50°C et 220°C à raison de 2°C/min. L'injecteur est à une température de 230°C et le détecteur 250°C. Le volume injecté est de 0,04 μ l

Les composés identifiés sont le plus souvent confirmés par le couplage

chromatographique en phase gazeuse /spectométrie de masse (CPG/SM) et comparaison des différents spectres obtenus avec des spectres de référence (57-58-59) la mesure des temps de rétention ne constituant pas une preuve formelle de la nature des composés.

De nos analyses et pour l'aspect quantitatif, nous avons retenu les résultats issus de la colonne de type CP Wax 52 CB : Les chromatogrammes montrent 28 composés identifiés dans l'ensemble des huiles essentielles analysées.

Ces constituants sont présentés dans le tableau 7 par ordre d'élution.

Tableau 7: Composition chimique des Eucalyptus du Bénin

N°	Composés identifiés	Eucalyptus Ctriadora	Eucalyptus Camaldulensis
1	α -pinène	+	+
2	Canphène		+
3	β -pinène	+	+
4	Myrcène	+	
5	α -phellandrène		+
6	Limonène	+	+
7	1,8-Cinéole	+	+++
8	γ -Terpinène		+
9	P-Cymène		+
10	Citronellal	+++	
11	Pulégol	+	
12	Linanol	+	
13	Alcool Fenchique		+
14	Iso Pulégol	+	
15	Trans caryophyllène	+	
16	Aromadendrène		+
17	Terpinène-4-ol		+
18	Alloaromadendrène		+
19	Trans-Pinocarvéol		+
20	Acétate de citronellyle	+	
21	α -Terpinéol		+
22	Citronellol	+	
23	Elémol		+
24	Epiglobulol		+
25	Globulol		+
26	Viridiflorol		+
27	Trans p-Menth-2-ène-8-ol	+	
28	Cis p-Menth-2-ène-8-ol	+	

III - RESULTATS ET DISCUSSIONS

De l'étude de la variabilité inter et intraspecificque des deux espèces acclimatées au Bénin, il ressort les résultats suivants

A - RENDEMENTS

Les rendements en volume des huiles essentielles varient en fonction de la durée de séchage des feuilles, des lieux, de la période de récolte, de la méthode d'extraction utilisée et de l'état (sec ou frais) des feuilles.

En combinant tous les facteurs influençant le rendement, nous avons obtenu les résultats suivants.

Tableau 8 : Rendements en huile essentielle

Eucalyptus citriodora		Eucalyptus camaldulensis	
Lieux	Rendements	Lieux	Rendement
Calavi	2,60 à 5,92%	Calavi	0,35 à 1,28%
Kétou	1,85 à 2,33%	Sèmè	0,74 à 1,36%
Ifangni	1,77 à 2,35%	Ekpè	0,67 à 1,16%

Sèmè et Ekpè étant dans la même zone géographique, on peut estimer le rendement en huile essentielle de l'Eucalyptus camaldulensis entre 0,67 et 1,36% .

Au cours de nos distillations, nous avons surtout utilisé la méthode de l'hydrodistillation.

Voyons quelques facteurs dont dépend le rendement en huile essentielle.

1 - INFLUENCE DU MODE D'EXTRACTION ET DE L'ETAT DES FEUILLES

Nous avons étudié l'évolution du rendement en huile essentielle en fonction de l'état des feuilles d'*Eucalyptus camaldulensis* et celle d'*Eucalyptus citriodora*. Cette étude a été réalisée en choisissant deux techniques d'extractions (hydrodistillation et entraînement à la vapeur) qui donnent des résultats convergents⁵².

Nous avons constaté pour l'*Eucalyptus Citriodora* de Calavi

- une augmentation appréciable du rendement lorsqu'on passe des feuilles fraîches (3,30% en moyenne) aux feuilles sèches (4,55% en moyenne) pour l'hydrodistillation.

- La même variation a été observée pour la distillation à la vapeur avec une moyenne de 2,73% (pour un matériel végétal frais) à 3,82% (pour un matériel végétal sec).

Le rendement augmente avec le séchage (les rendements étant toujours calculés par rapport au poids sec⁶⁰).

L'explication de ce phénomène⁵ serait qu'à l'état frais les cellules glandulaires sont encore anatomiquement intactes, ce qui rendait l'extraction de l'huile essentielle relativement difficile. En revanche, le séchage affecterait la rigidité de la structure de ces mêmes cellules facilitant l'extraction de l'huile essentielle.

Nous pouvons donner cette explication pour ce qui nous concerne, puisque la durée entre les récoltes et les distillations est en moyenne de 8 jours pour le matériel sec.

2 - INFLUENCE DU LIEU ET DE LA PERIODE DE RECOLTE

Les courbes des figures 9 et 10 représentent respectivement l'évolution des rendements (moyens) en huile essentielle des *Eucalyptus citriodora* et *camaldulensis* avec les lieux et les périodes de récolte. Il en ressort :

- Pour la figure 9, une tendance clairement manifeste quant à l'influence des lieux de récolte, celle de la période de récolte n'étant pas aussi visible sur le rendement en huile essentielle de Kétou, car les extrema observés sont faibles et asynchrones entre les lieux.

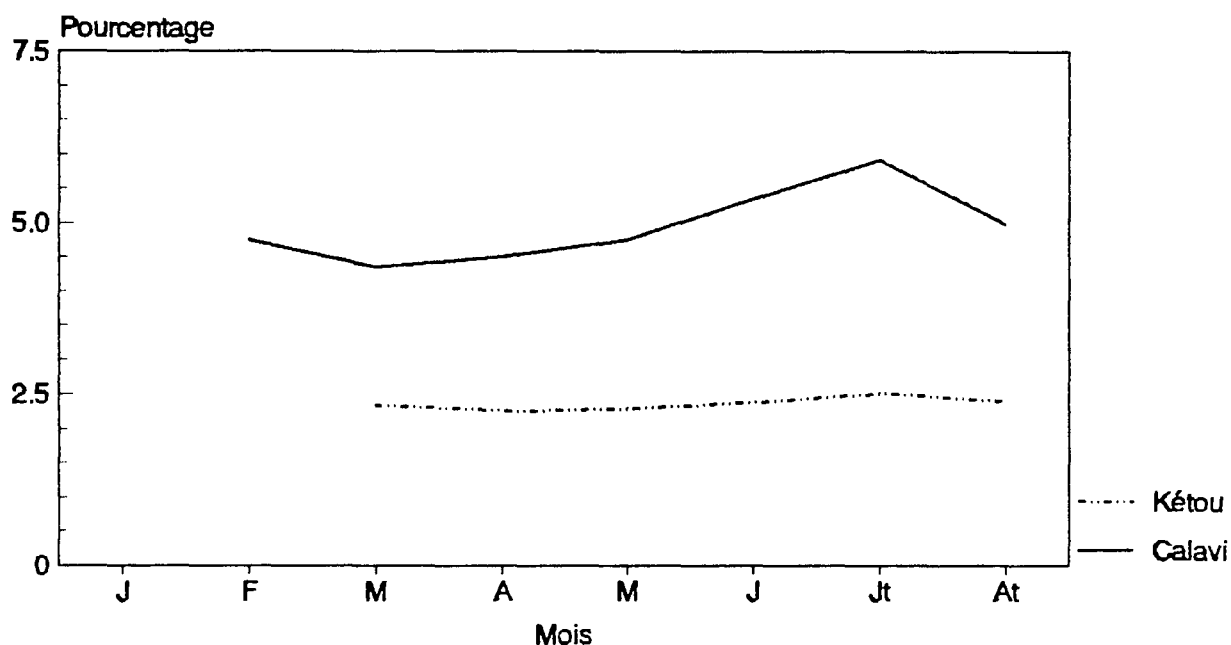
- Un rendement maximum en huile essentielle de l'*Eucalyptus citriodora* de Calavi en Juillet avec 5,92% ; la détermination de la composition chimique va nous permettre de voir si une plantation industrielle est possible sur ce site.

- Pour l'*Eucalyptus camaldulensis*, Figure 10, un rendement maximum moyen (1,32%) entre les mois de Mars et Août et un rendement minimum moyen entre Juillet et Avril de 0,63%.

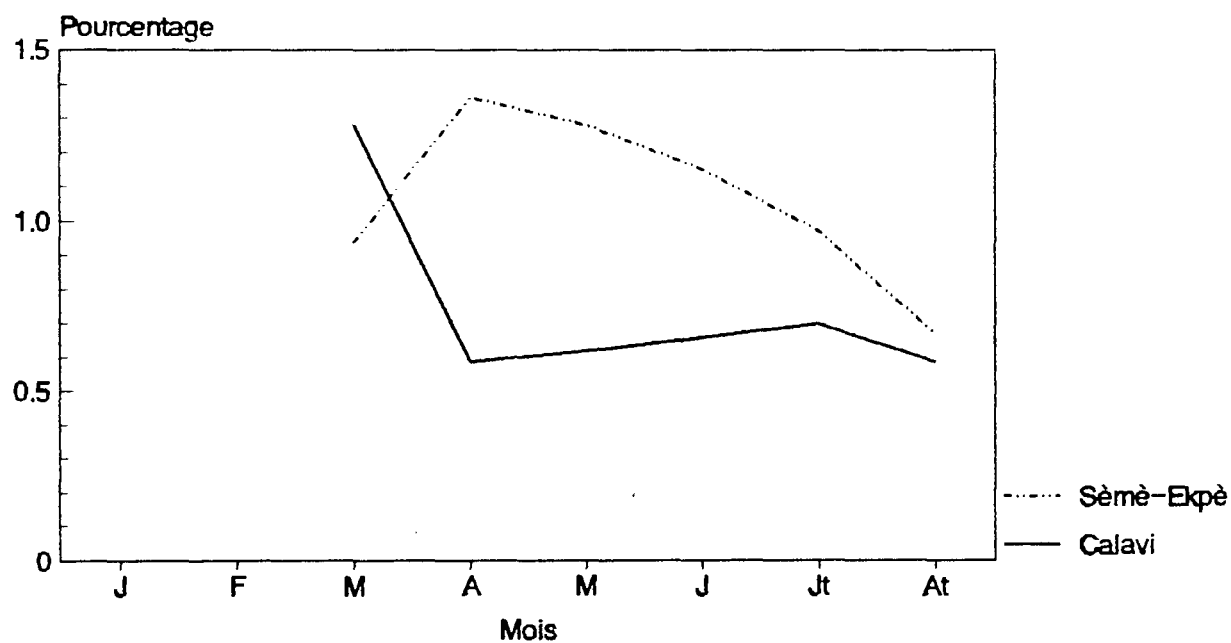
Tableau 9 : Rendement en volume obtenu par hydrodistillation de feuilles sèches.

Mois de Récolte	Eucalyptus Citriodora			Eucalyptus Camaldulensis	
	Calavi	Kétou	Ifangni	Calavi	Semè-Ekpè
Février	4.75%	-----	-----	-----	-----
Mars	4.35%	2.33%	-----	1.28%	0.94%
Avril	4.50%	2.25%	2.05%	0.59%	1.36%
Mai	4.75%	2.30%	2.25%	0.62%	1.28%
Juin	5.35%	2.38%	-----	0.66%	1.15%
Juillet	5.92%	2.51%	-----	0.70%	0.97%
Août	4.99%	2.39%	-----	0.59%	0.67%

**Fig 9 : Rendement en huile essentielle
suivant la période de récolte.
*E. citriodora***



**Fig 10 : Rendement en huile essentielle
suivant la période de récolte.
*E. camaldulensis***



3 - EFFET DE LA DUREE DE DISTILLATION

Nous avons étudié la variation du rendement en huile essentielle en fonction de la durée de distillation de l'*Eucalyptus citriodora* récolté à Kétou (Tableau 10) et de l'*Eucalyptus camaldulensis* cueilli à Calavi (Tableau 11). Les distillations ont duré 330 minutes. Le mode utilisé est l'entraînement à la vapeur ; la masse du matériel végétal est 200 g par espèce.

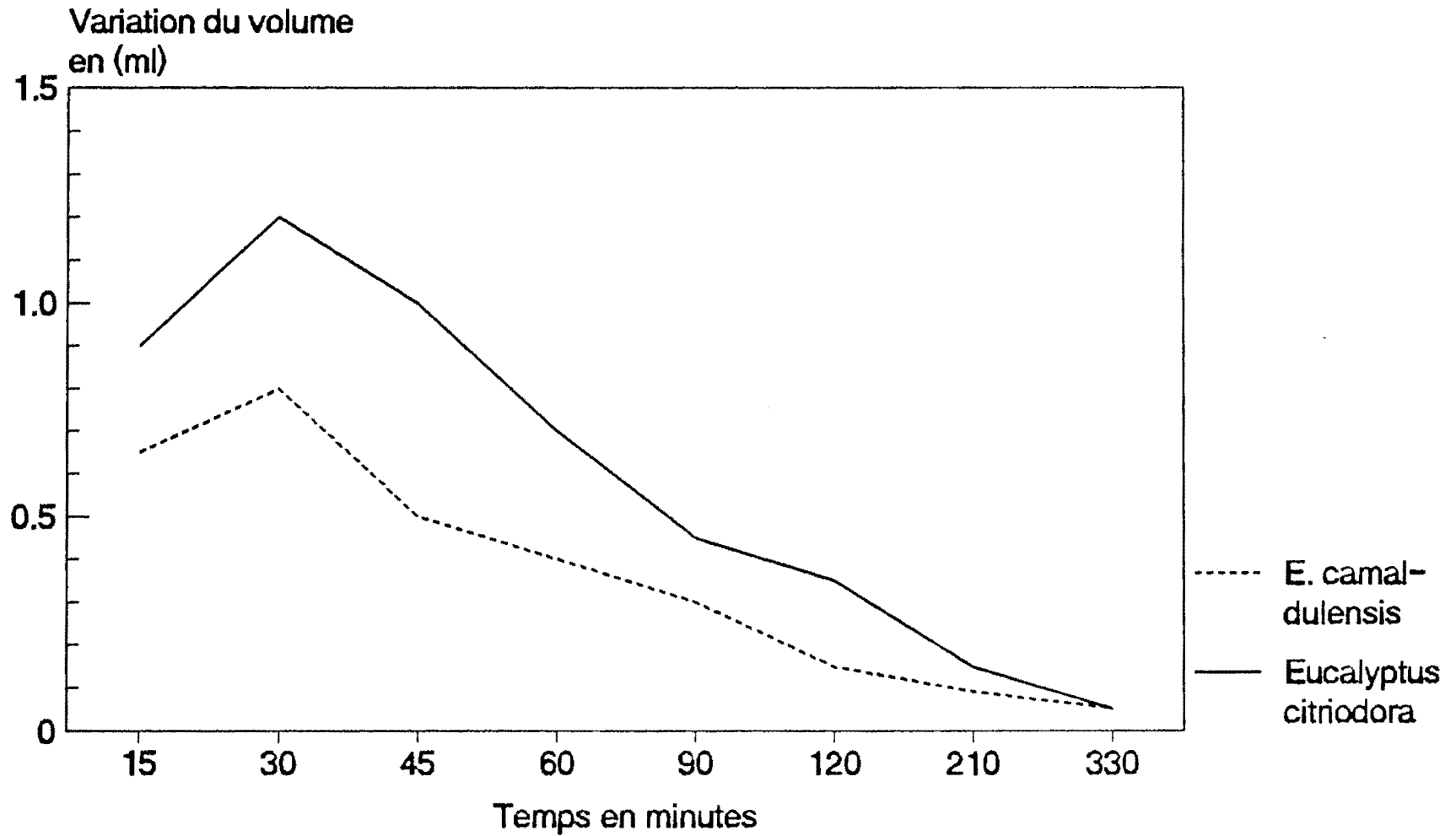
Tableau 10 : Variation du volume, *Eucalyptus citriodora* (Kétou)

Temps en minutes	15	30	45	60	90	120	210	330
Volume d'HE (ml)	0.90	2.1	3.1	3.8	4.25	4.6	4.75	4.8
Variation du volume (ml)	0.90	1.2	1.0	0.7	0.45	0.35	0.15	0.05

Tableau 11 : Variation en volume, *Eucalyptus camaldulensis* (Calavi)

Temps en minutes	15	30	45	60	90	120	210	330
Volume d'HE (ml)	0.65	1.45	1.95	2.35	2.65	2.80	2.90	2.95
Variation du volume (ml)	0.65	0.8	0.5	0.4	0.3	0.15	0.09	0.05

Fig 11 : Variation du volume obtenu au cours d'une distillation prolongée



On remarque de l'observation des courbes,

- une pente raide entre 30 et 60 minutes, ce qui correspond à une chute de la variation du volume, par conséquent à une baisse de rendement.

- Nous pouvons alors conclure que la distillation peut s'arrêter entre 60 et 90 minutes (ceci reste à confirmer par la variation de la composition de l'huile essentielle au cours de l'extraction) pour une exploitation industrielle.

4 - VARIATION DU RENDEMENT AU COURS DU STOCKAGE

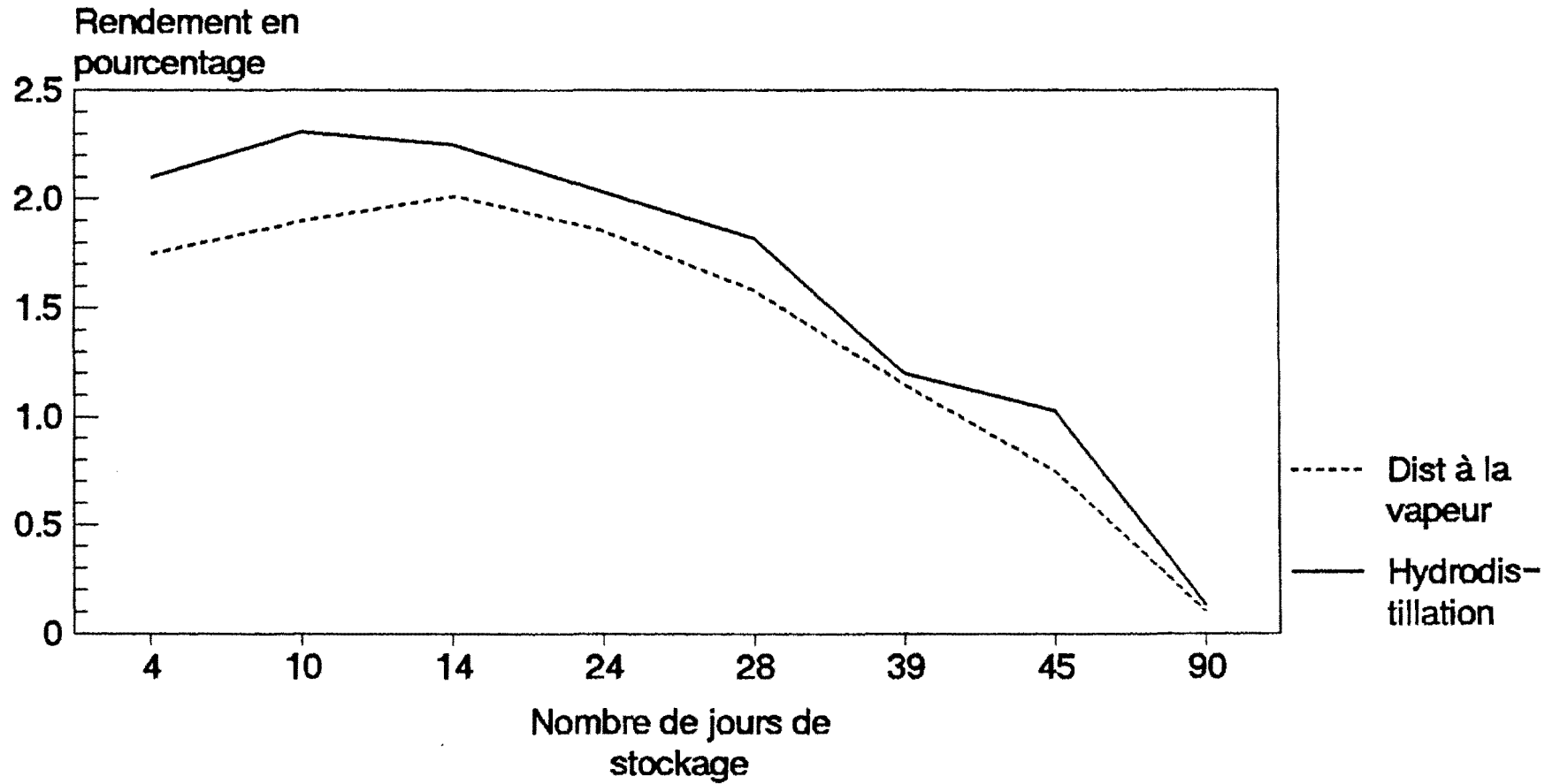
Nous avons étudié l'effet du stockage sur la variation du rendement : les résultats sont consignés dans le tableau 12, l'exemple est pris sur l'espèce citriodora de Kétou récoltée en Juillet 1994. Nous avons utilisé les deux modes de distillation ; et la durée d'extraction est de 2 heures avec un matériel végétal de 200 g.

Tableau 12 : Effet du stockage sur la variation du rendement

Date d'extraction	Nombre de jours de stockage	Rendement hydrodistillation	Rendement distillation à la vapeur
29/07/94-02/08	0 à 4	2.1%	1.75%
02/08-08/08	4 à 10	2.31%	1.90%
08/08-12/08	10 à 14	2.25%	2.01%
12/08-22/08	14 à 24	2.03%	1.85%
22/08-26/08	24 à 28	1.82%	1.58%
26/08-06/09	28 à 39	1.20%	1.15%
06/09-12/09	39 à 45	1.03%	0.75%
12/09-27/10/94	45 à 90	0.13%	0.10%

**Fig 12 : Effet du stockage des feuilles
sur la variation du rendement.**

Hydrodistillation et distillation à la
vapeur.



Pour l'hydrodistillation, le rendement atteint son maximum (2,31%) après 10 jours de stockage pour chuter brusquement à partir du 24^e jour.

Quant à la distillation à la vapeur le maximum est atteint le 14^e jour et le rendement diminue à partir du 24^e jour et plus rapidement que l'hydrodistillation ; l'allure des courbes dans cette zone nous le montre.

B - COMPOSITION CHIMIQUE DES HUILES ESSENTIELLES

Les résultats détaillés des analyses des différents échantillons seront présentés par ailleurs. Seuls sont retenus ici les constituants les plus abondants ou ceux présentant un intérêt pour notre étude. Il ressort que plusieurs chémotypes peuvent être distingués au sein de chaque espèce.

Pour chaque espèce un chromatogramme d'illustration est présenté.

1 - EUCALYPTUS CITRIODORA

De nombreux travaux ont été réalisés sur l'Eucalyptus citriodora. Il fournit une huile essentielle considérée comme la meilleure source naturelle de citronellal et de citronellol ⁶⁰.

L'Eucalyptus citriodora de Cuba contient 90 % de produits oxygénés dont 70 % de citronellal ³⁹, celui de la Chine ⁶¹ 70 à 72 %, 30 à 88 % pour celui du Kenya ⁴⁷ et celui du Zaïre. 80 %. Enfin le citriodora cultivé au Brésil en contient 76 %.

L'Eucalyptus citriodora du Bénin, après analyse, contient, toutes conditions confondues (lieu et période de récolte, mode d'extraction, etc...), un taux moyen de

76,30 % de Citronellal Tableaux 13-a et 13-b.

Cette espèce peut trouver son utilisation en parfumerie. Le taux fixé pour une huile essentielle commerciale d'Eucalyptus citriodora étant de 70 % minimum en citronellal ⁶²

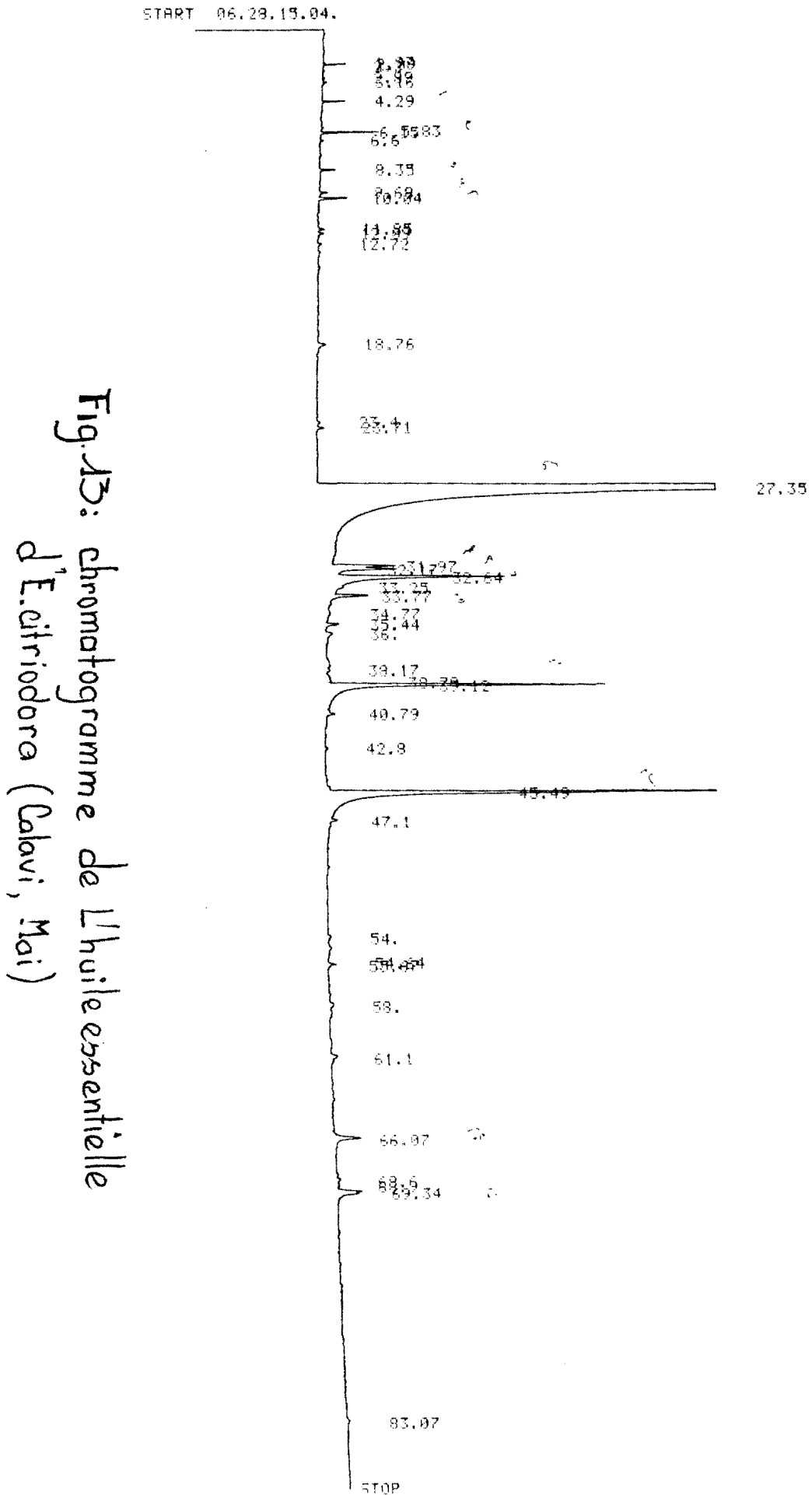
Tableau 13-a: Composition chimique de l'huile essentielle d'Eucalyptus citriodora de Calavi

Constituants Chimiques	Calavi					
	Fév	Mars	Avr	Mai	Juillet	Août
α -pinène	0.06	0.08	0.08	0.07	0.17	—
β -pinène	0.21	0.19	0.26	0.28	0.56	0.34
Myrcène	0.12	0.13	0.12	0.10	0.12	0.14
Limonène	0.12	0.12	0.10	0.08	0.07	tr
1,8-Cinéole	0.75	0.61	0.50	0.56	0.10	0.33
Citronellal	78.61	75.45	76.11	80.29	89.87	77.98
Pulégol	0.85	2.15	1.10	0.82	0.81	1.74
Linanol	0.98	0.90	0.98	0.85	1.30	0.60
Iso Pulégol	5.81	8.56	4.98	3.73	1.93	4.33
Trans caryophyllène	0.94	0.78	0.63	0.35	0.19	0.50
Acétate de citronellyle	0.81	1.08	2.52	2.20	—	4.23
Citronellol	7.86	8.28	9.85	8.60	2.55	8.77
Trans p-Menth-2-ène-8-ol	—	—	—	—	0.27	—
Cis p-Menth-2-ène-8-ol	—	—	—	—	—	—
TOTAL:	97.12	98.33	97.23	97.93	97.94	98.96
COMPOSES						
NON IDENTIFIES:	2.88	1.67	2.77	2.07	2.06	1.04

Tableau 13-b: Composition chimique de l'huile essentielle
d'*Eucalyptus citriodora* de Kétou

Constituants Chimiques	Kétou				
	Mars	Avril	Mai	Juillet	Août
α -pinène	0.08	0.11	0.03	0.21	0.19
β -pinène	0.44	0.42	0.11	0.59	0.57
Myrcène	0.10	0.10	0.06	0.16	0.16
Limonène	0.14	0.09	0.05	0.07	tr
1,8-Cinéole	0.67	0.44	0.15	0.09	tr
Citronellal	55.15	64.04	74.45	85.89	81.66
Pulégol	4.68	2.40	2.59	1.50	1.09
Linanol	2.83	2.78	—	1.46	1.27
Iso Pulégol	15.03	9.22	6.46	4.29	3.23
Trans caryophyllène	0.41	0.98	1.69	0.98	0.53
Acétate de citronellyle	0.20	0.20	3.46	0.06	tr
Citronellol	12.79	11.79	7.18	3.61	3.06
Trans p-Menth-2-ène-8-ol	0.16	0.29	0.33	—	—
Cis p-Menth-2-ène-8-ol	—	—	—	—	—
TOTAL:	92.68	92.86	96.51	98.91	91.76
COMPOSES					
NON IDENTIFIES:	7.32	7.14	3.49	1.09	8.24

NB: tr = trace



a - Variation de la composition chimique en fonction du lieu de récolte

L'analyse des résultats obtenus avec les deux échantillons montre suivant la concentration moyenne des principaux composés que :

- L'Eucalyptus citriodora, récolté à Calavi, est caractérisé par un taux moyen élevé de citronellal 79,72% (et peut être utilisé en parfumerie), le citronellol est de 7,65 % .

- L'huile essentielle de Kétou contient en moyenne 72,24% de citronellal, et également 7,70% de citronellol.

Le Pulégol, le Linalol et l'isopulégol sont respectivement à un pourcentage double dans l'essence de Kétou que dans celle de Calavi; tandis que l'acétate de citronellyle est en sens inverse.

Tableau 14: Concentrations moyennes des principaux composés.

Composés principaux	Calavi	Kétou
Citronellal	79,72	72,24
Pulégol	01,50	02,45
Linalol	00,94	01,90
Isopulégol	04,9	07,64
Acétate de citronellyle	01,99	00,90
citronellol	07,65	07,70

b - Variation en fonction de la période de récolte

Les diagrammes des figures 14-a et 14-b montrent que:

La production du citronellal est maximale en Juillet pour les deux lieux de récolte; Calavi 89,87 % et Kétou 85,89 % alors que celle de l'isopulégol et du citronellol est minimale.

Quelque soit la période de récolte, le taux du citronellal de Calavi est supérieur à 75 %; tandis qu'il faut attendre le mois d'Août pour obtenir le même taux à Kétou.

Toutefois, entre Juillet et Août, on peut produire une huile essentielle à un taux de 82,4 % de citronellal sur les deux sites.

Enfin, existe - t -il une corrélation entre le rendement en huile essentielle et le taux en citronellal de l'huile.

c - Variation en fonction de la durée de distillation

L'étude des principaux composés chimiques majoritaires de l'huile essentielle en fonction du temps d'extraction tableau 15, montre qu'entre 60 et 90 min, la distillation peut être terminée.

En effet, dans cette zone, le taux de citronellal et des autres constituants chute (figure 15); ce qui correspond à une baisse de rendement que nous avons observée dans cette région (figure 11).

Au vu de tous ces bons résultats, il serait indispensable d'envisager une plantation et une exploitation industrielle de l'Eucalyptus citriodora acclimaté au Bénin, en particulier celui de Calavi.

Fig 14 : Variation saisonnière des composés majoritaires. *E. citriodora*

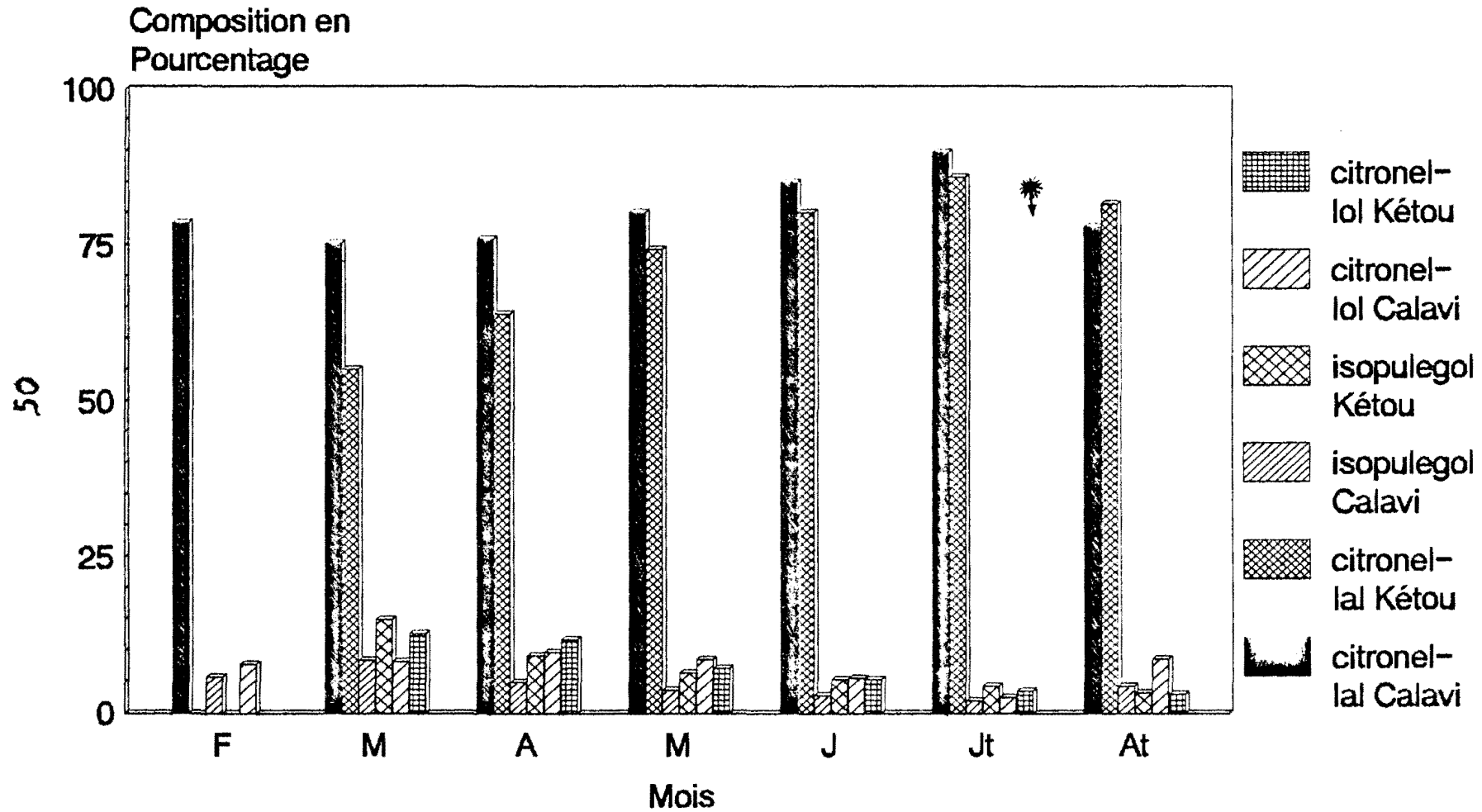


Fig 14-a : Variation saisonnière des
composés majoritaires. *E. citriodora*
Calavi

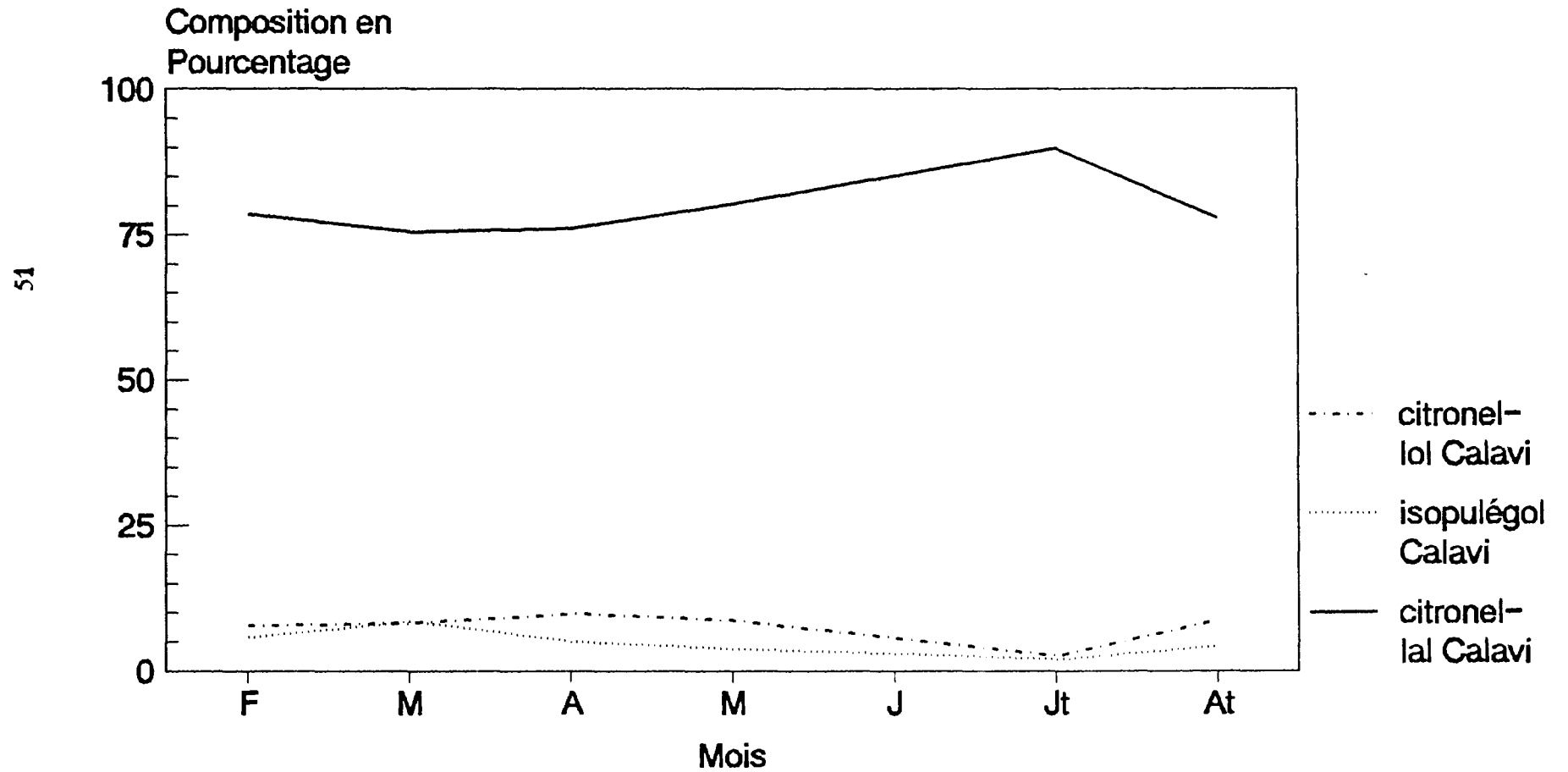


Fig 14-b : Variation saisonnière des
composés majoritaires. *E. citriodora*
Kétou

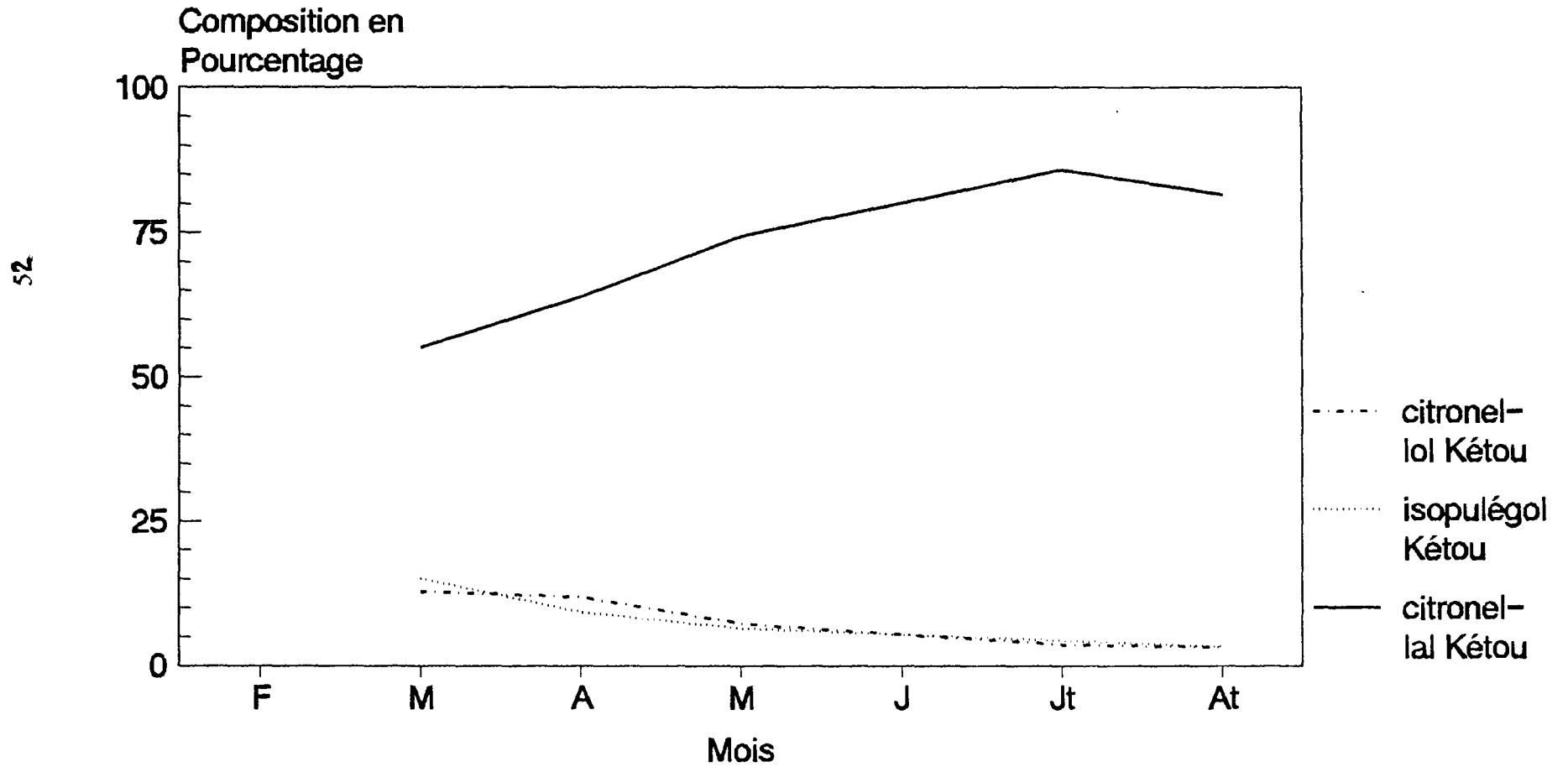


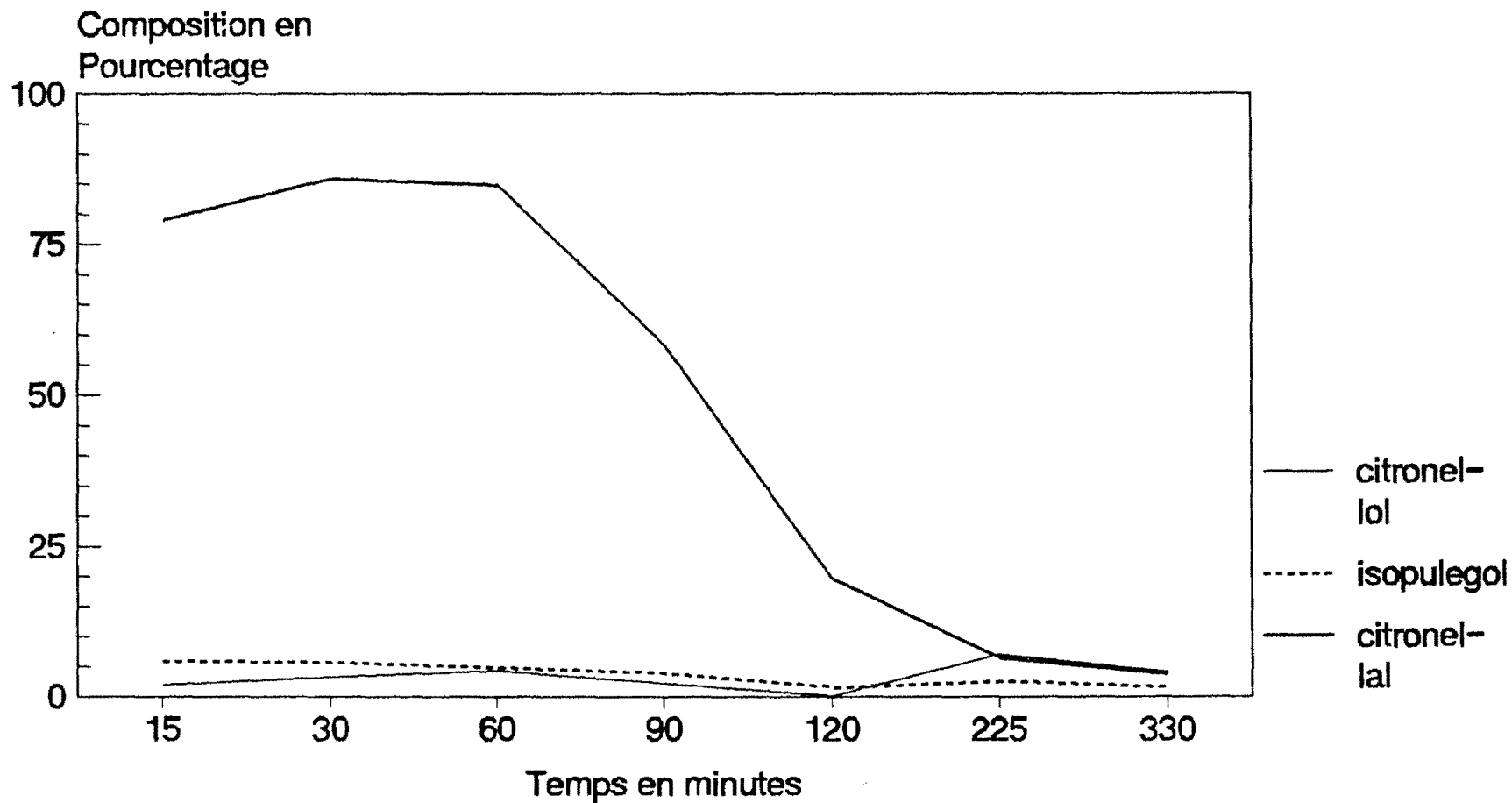
Tableau 15: Variation des principaux composants majoritaires au cours d'une distillation prolongée *E. citriodora* (Kétou, Juillet)

Temps en minutes	Constituants majoritaires			
		citronellal	isopulégol	citronellol
15		79,04	5,84	1,95
30		85,87	5,56	3,21
60		84,78	4,97	4,33
90		58,4	3,785	2,19
120		19,71	1,52	tr
225		6,38	2,50	7,01
330		3,66	1,43	4,02

2 - EUCALYPTUS CAMALDULENSIS

De nos recherches, il ressort que peu de travaux ont été publiés sur l'*Eucalyptus camaldulensis*. Son huile essentielle est souvent rectifiée avant l'utilisation pour l'enrichir en 1,8 - cinéole qui entre dans le traitement des infections pulmonaires et pour la décongestion des voies respiratoires²⁹⁻³².

Fig 15 Variation des principaux composés
majoritaires.
E. citriodora (Kétou, juillet)



Les pharmacopées de plusieurs pays exigent que l'huile essentielle à usage médical contienne au moins 70% de 1,8 - cinéole, le phellandrène ne devant être présent qu'à l'état de trace²⁹.

L'*Eucalyptus camaldulensis* du Maroc contient 17 composés dont 45-49% de 1,8-cinéole et 34 à 35% de P - cymène⁵⁹. Celui de River Red Gum a 2 chémotypes : l'un, riche en 1,8-cinéole (83,75 %) et l'autre qui en est très pauvre (4,70 %).

Nous avons identifié (tableaux 16-a et 16-b) 18 composants chimiques dans l'huile essentielle d' *Eucalyptus camaldulensis* acclimaté au Bénin avec majoritairement:

1,8 - cinéole 31,02 à 72,57 %

α -pinène 2,53 à 12,94 % et β -pinène 0,7 à 16,55 %

Limonène 4,3 à 14,16 %

Ces variations sont dues à un certain nombre d'influences qu'il est intéressant d'étudier.

Tableau 16-a: Composition chimique de l'huile essentielle d'*Eucalyptus camaldulensis* de Calavi

Constituants Chimiques	Calavi				
	Mars	Avril	Mai	Juillet	Août
α -pinène	2.53	12.94	8.93	4.82	10.77
Camphène	0.03	0.38	0.28	0.10	0.26
β -pinène	0.69	16.55	7.61	4.60	10.16
α -Phellandrène	0.53	3.61	1.18	2.31	6.78
Limonène	5.07	4.73	5.92	4.27	6.74
1,8-Cinéole	69.34	32.47	53.67	47.97	31.02
γ -Terpinène	0.32	2.18	0.85	2.81	4.92
p-Cymène	0.39	8.65	0.42	7.59	8.93
Alcool Fenchique	0.08	0.66	0.42	0.26	0.55
Aromadendrène	3.07	1.66	1.24	0.22	1.05
Terpinène-4-ol	0.62	1.28	0.99	1.17	1.18
Alloaromadendrène	0.63	0.20	0.24	0.14	0.45
Trans-Pinocarvéol	0.07	0.30	0.26	0.31	0.50
α -terpinéol	1.59	6.12	4.53	1.96	3.96
Elémol	0.20	0.12	0.00	0.06	0.34
Epiglobulol	1.01	0.51	0.48	tr	0.22
Globulol	5.40	3.17	2.83	13.96	1.07
Viridiflorol	0.98	0.48	0.17	0.17	0.96
TOTAL:	92.55	95.37	89.97	92.72	90.48
COMPOSES NON IDENTIFIES:	7.45	4.63	10.03	7.28	9.52

NB: tr = trace

Tableau 16-b: Composition chimique de l'huile essentielle d'*Eucalyptus camaldulensis* de Sèmè

Constituants Chimiques	Sèmè				
	Mars	Avril	Mai	Juillet	Août
α-pinène	6.51	4.30	3.85	5.35	8.42
Camphène	0.13	0.09	0.06	0.09	
β -pinène	3.10	1.61	0.89	1.15	
α -Phellandréne	0.20	0.26	0.39	0.40	
Limonène	5.41	7.56	11.47	14.16	17.61
1,8-Cinéole	69.23	72.50	72.07	71.60	70.32
γ -Terpinène	0.27	0.37	0.38	0.44	
p-Cymène	0.58	0.72	0.55	0.76	
Alcool Fenchique	0.28	0.27	0.08	0.06	
Aromadendréne	0.75	1.43	0.40	0.32	
Terpinène-4-ol	0.36	0.41	0.56	0.34	
Alloaromadendréne	0.08	0.35	0.19	0.13	
Trans-Pinocarvéol	0.64	0.45	0.38	0.22	
α -terpinéol	0.44	1.90	1.73	0.80	
Elémol	0.10	0.08	0.00	0.00	
Epiglobulol	0.44	0.46	0.19	0.74	
Globulol	2.57	2.29	0.99	0.32	
Viridiflorol	0.45	0.42	0.06	0.07	
TOTAL:	91.54	95.20	94.24	96.95	96.35
COMPOSES NON IDENTIFIES:	8.46	4.80	5.76	3.05	3.65

NB: tr = trace

DATE 280994
 HEURE 144106
 ATTENUATION 1
 VITESSE 5.0

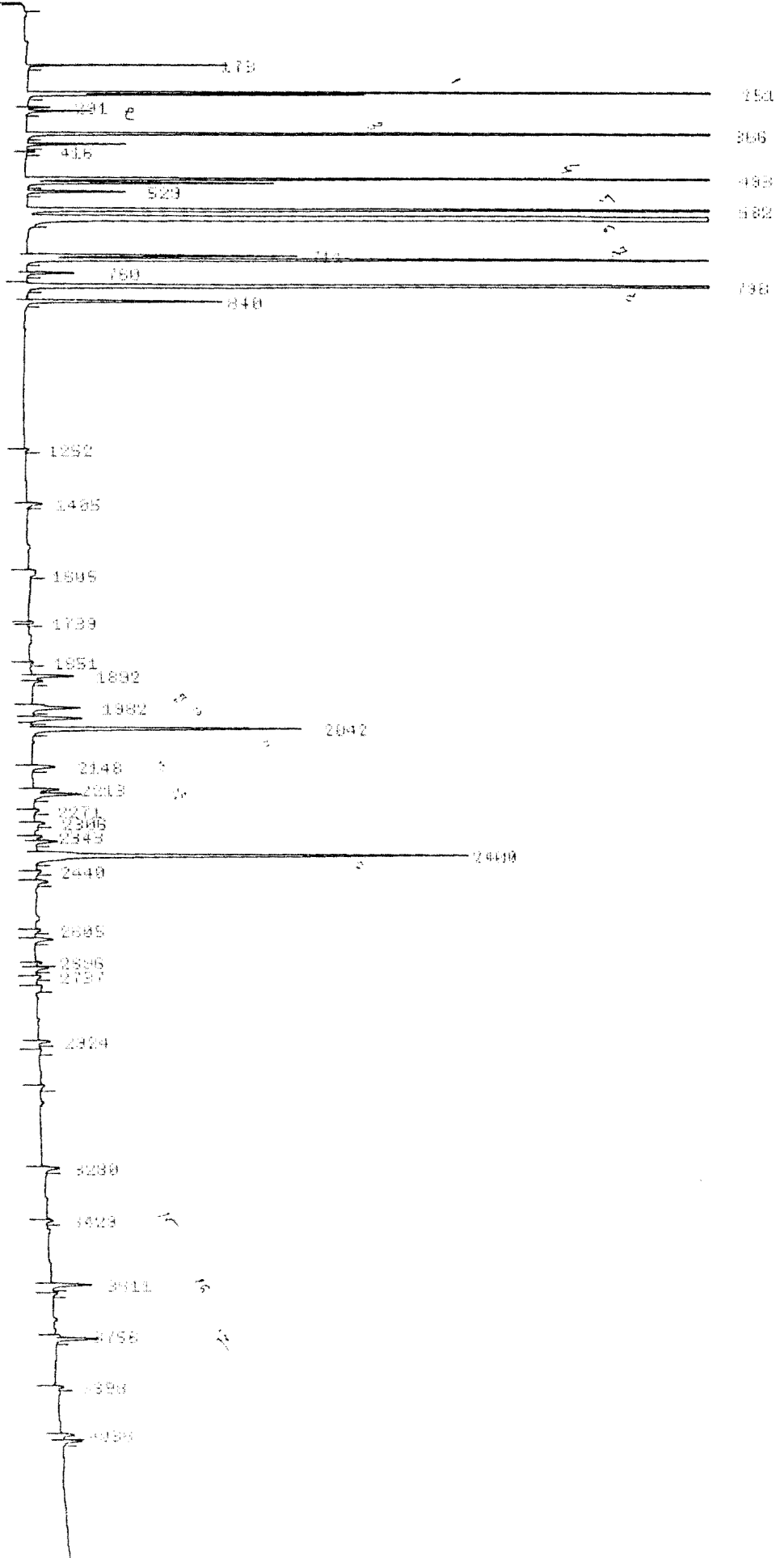


Fig. 16: Chromatogramme de l'huile essentielle de *E. camaldulensis* (Calavi, Août)

a - Influence du lieu de récolte sur la composition chimique

L'Eucalyptus camaldulensis cultivé au Bénin se distingue par 2 chémotypes (tableau 17)

- Sèmè : riche en 1,8 - cinéole avec un taux moyen de 71,27% et pauvre en phéllandréne 0,31% . Il peut être utilisé en pharmacie.

- Calavi : 1,8-cinéole 46,89 %, phellandréne 2,88 %, p-cynène 5,2% et 7,92 % pour α -pinène, il ne peut être utilisé en pharmacie qu'après rectification.

Il semble donc exister une certaine influence du lieu de récolte sur la composition chimique de l'huile essentielle.

Une attention particulière doit être portée sur l'individu de Sèmè - Ekpè (Projet "plantation bois de feu") pour une amélioration en vue de l'exploitation industrielle de ses feuilles.

Tableau 17 : Taux moyen de concentration des principaux composés
Eucalyptus camaldulensis

Principaux composés	Calavi	Sèmè
α -pinène	8.00	5.00
β -pinène	7.92	1.69
α -Phellandréne	2.88	0.31
Limonène	5.35	9.65
1,8-Cinéole	46.88	71.27
p-Cymène	5.2	0.65
Aromadendréne	1.33	0.73
α -terpinéol	3.63	1.22
Globulol	5.29	1.54

b - Influence saisonnière

L'examen des tableaux 16-a et 16-b et des graphes des figures 17-a et 17-b représentant l'influence saisonnière sur les constituants majoritaires, montre que pour l'individu de Sèmè, la composition de l'huile essentielle varie très peu sauf pour le limonène dont la teneur augmente sensiblement.

La composition de l'huile essentielle de celui de Calavi varie de façon aléatoire avec la période de récolte; la courbe représentant le 1,8-cinéole le montre. on remarque que la teneur du 1,8-cinéole et celle de l' α -pinène évoluent en sens inverses.

En somme, la période de récolte a peu d'influence sur la composition chimique de l'huile essentielle de l'espèce récoltée à Sèmè. La composition demeure régulière et est presque en corrélation avec le rendement en volume.

Quant à l'huile essentielle de Calavi, sa composition est nettement influencée par la saison de récolte. Le mois de Mars est indiqué pour son extraction.

c - Influence de la durée d'extraction

L'étude de la composition de l'huile essentielle de l'*Eucalyptus camaldulensis* en fonction de la durée de l'extraction, montre que l'espèce récoltée à Calavi demeure homogène et la teneur de ses constituants majoritaires varie.

Les résultats sont illustrés par les courbes de la figure 18

On constate une chute nette de la teneur de l'huile essentielle en 1,8-cinéole. L'extraction peut alors prendre fin après 75 minutes ; ce qui est un temps relativement bon pour une exploitation commerciale

Fig 17 Influence de la période de récolte sur les composés majoritaires.
E. camaldulensis

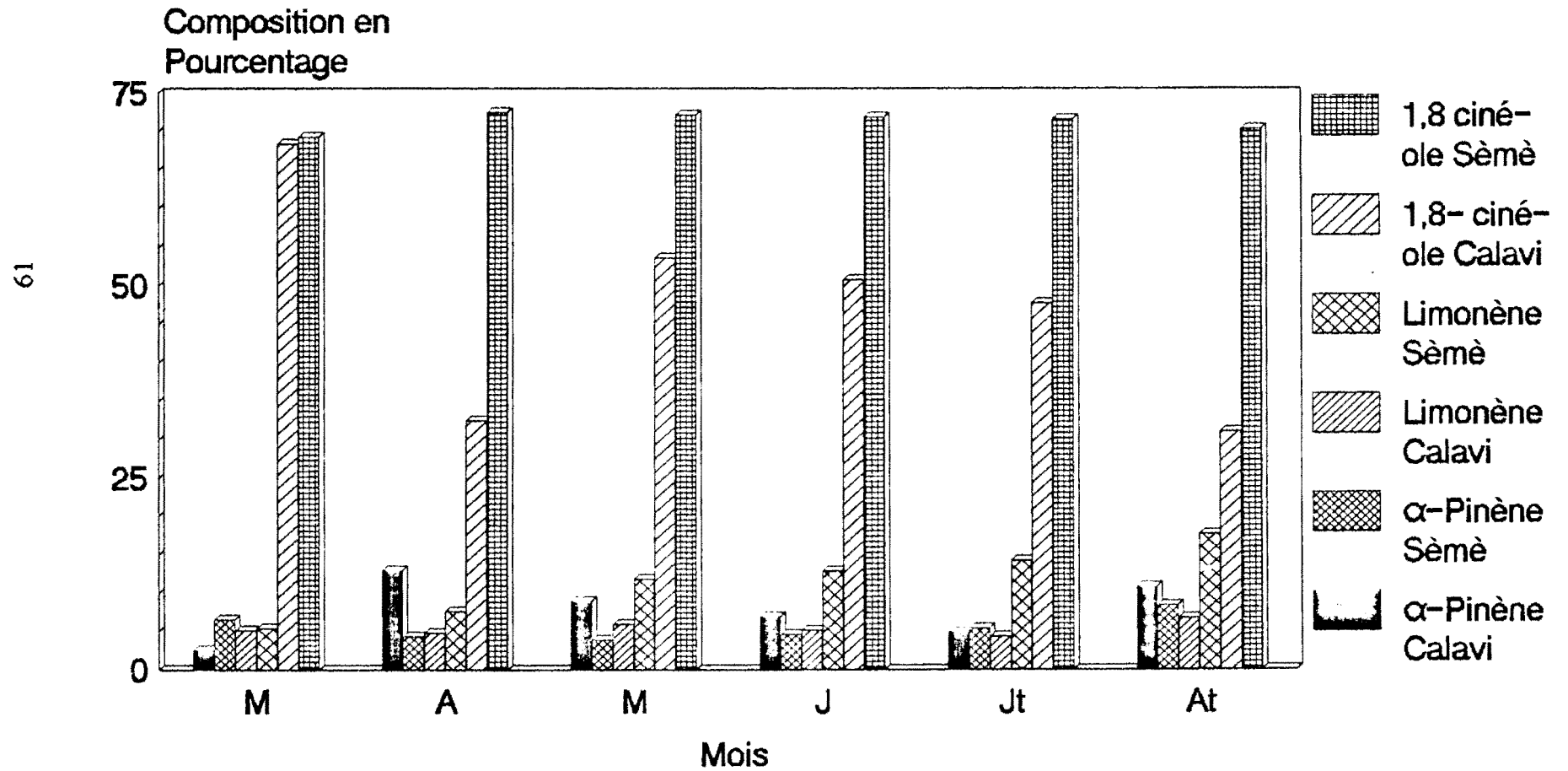


Fig 17-a Influence de la période de récolte sur les composés majoritaires.
E. camaldulensis Calavi

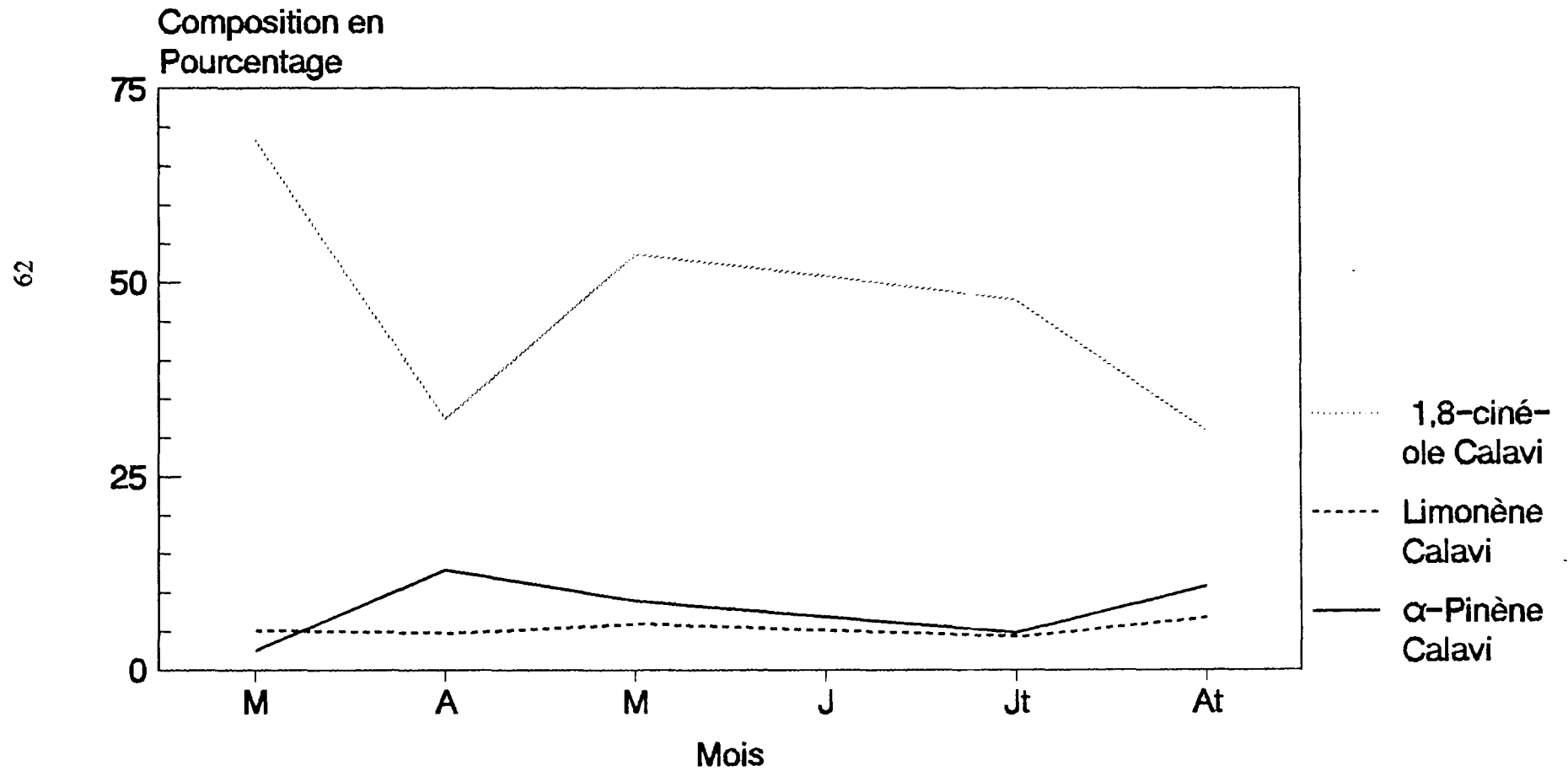


Fig 17-b Influence de la période de
récolte sur les composés majoritaires.
E. camaldulensis Sèmè

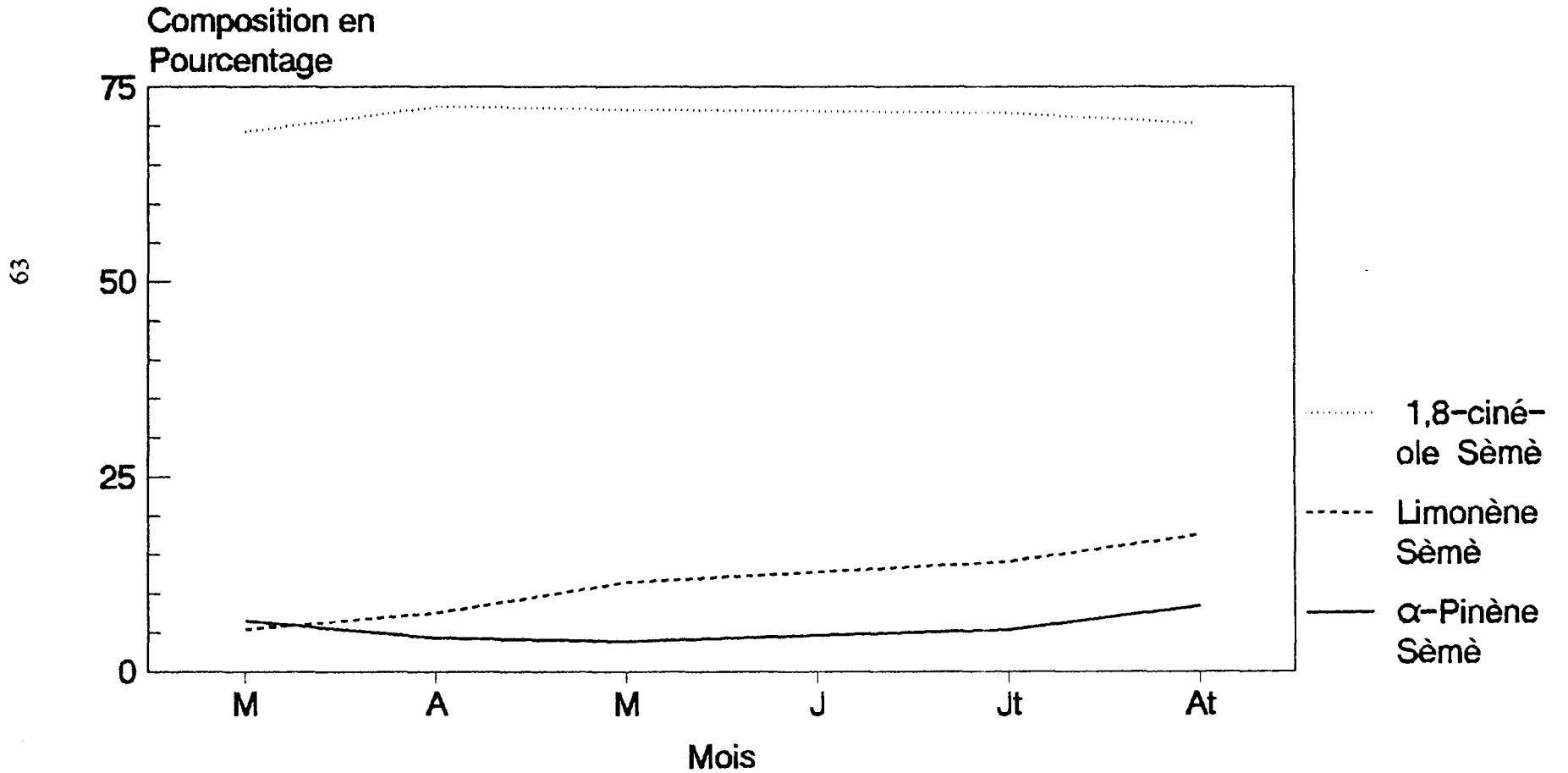
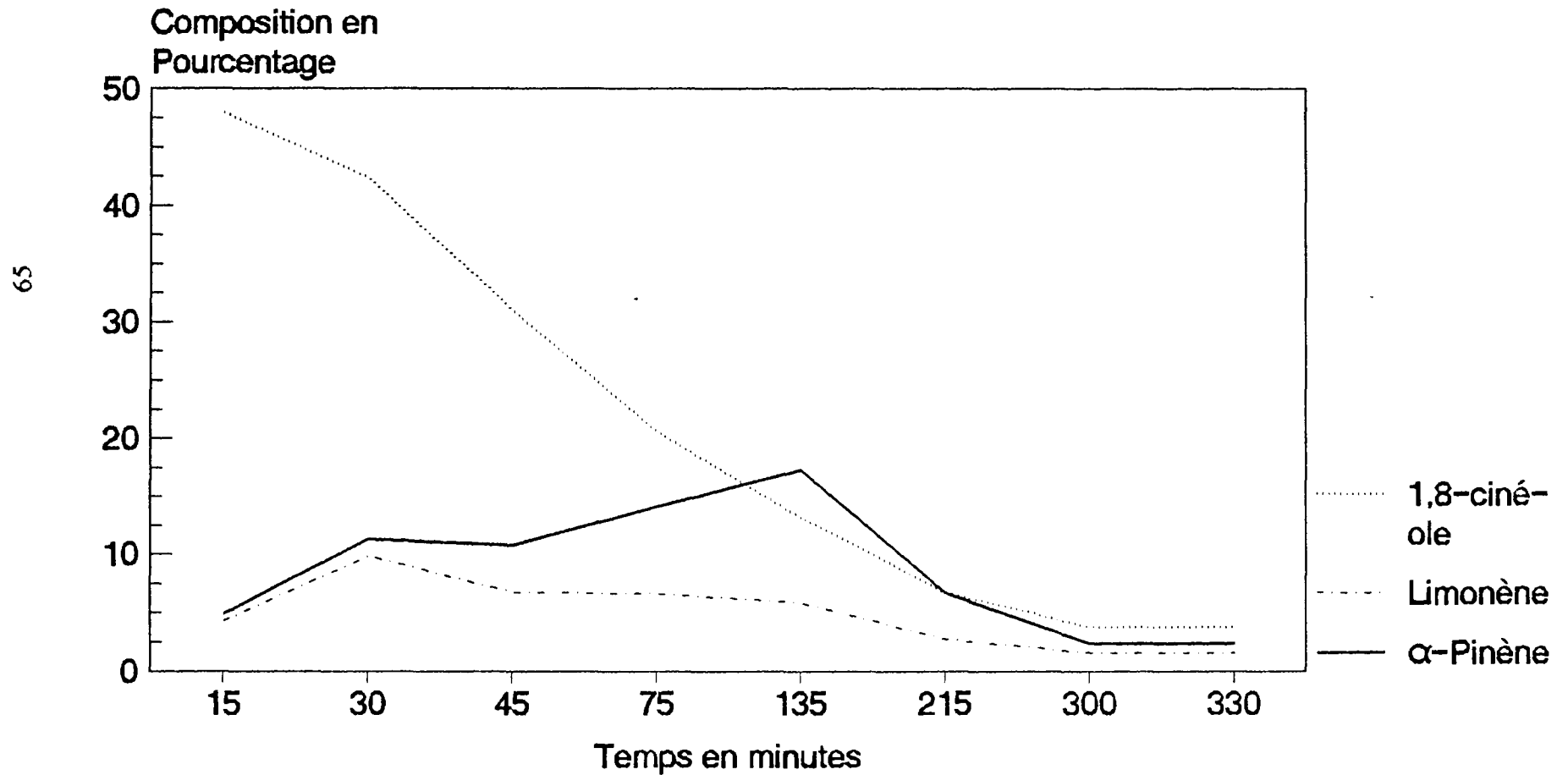


TABLEAU 18: Evolution de la concentration des composés majoritaires au cours d'une distillation prolongée.

Temps en minutes	Composés majoritaires		
	α -pinène	Limonène	1,8-cinéole
15	4.82	4.31	47.97
30	11.32	9.82	42.36
45	10.77	6.74	31.02
75	14.11	6.59	20.59
135	17.31	5.84	13.20
215	6.73	2.75	6.70
300	2.73	1.57	3.77
330	2.37	1.17	3.57

Fig 18 : Influence de la durée d'extraction sur l'huile essentielle E. camaldulensis (Calavi Août)



**d - Comparaison des huiles essentielles des feuilles, fleurs et graines
d'*Eucalyptus camaldulensis*.**

L'étude comparative des huiles essentielles de la feuille, de la fleur et de la graine de l'*Eucalyptus camaldulensis* (Tableau 19) révèle une variation appréciable des teneurs en constituants majoritaires.

Ainsi, l' α et le β - pinène ont-ils un taux élevé dans la fleur (19,4 et 23,93 %) que dans la feuille (12,94 et 16,55 %) et la graine (14,8 et 13,4 %) .

On note également une teneur élevée du 1,8-cinéole et du P-cymène dans la feuille (32,47 et 8,65 %) par rapport à la graine (20,62 et 5,78 %) et à la fleur (19,84 et 4,00 %).

Pour ce qui concerne la graine, deux composés, α -terpineol et le globulol- β y sont plus importants (13,54 et 5,85 %) que dans la feuille (6,12 et 3,17 %) et dans la fleur (7,34 et 2,36 %) .

Par contre le limonène a une teneur presque identique dans ces trois organes.

Tableau 19 : Tableau comparatif des constituants chimiques des huiles essentielles (Feuilles, Fleurs, graines) d'*E. camaldulensis* (Calavi, Avril)

Constituants Chimiques	Feuilles	Fleurs	Graines
α-pinène	12.94	19.40	14.80
Camphène	0.38	0.57	0.82
β-pinène	16.55	23.93	13.40
α -Phellandrène	3.61	3.48	0.56
Limonène	4.73	5.20	5.77
1,8-Cinéole	32.47	19.84	20.62
γ -Terpinène	2.18	0.79	0.62
p-Cymène	8.65	4.00	5.78
Alcool Fenchique	0.66	1.74	2.14
Aromadendrène	1.06	0.46	0.60
Terpinène-4-ol	1.28	1.67	1.93
Alloaromadendrène	0.20	0.11	0.17
Trans-Pinocarvéol	0.30	0.39	1.15
α-terpinéol	6.12	7.34	13.54
Elémol	0.12	0.09	0.20
Epiglobulol	0.51	0.38	0.86
Globulol	3.17	2.36	5.85
Viridiflorol	0.48	0.30	0.61
TOTAL:	95.37	92.05	89.22
COMPOSES NON IDENTIFIES:	4.63	7.95	10.78

TROISIEME PARTIE

SUGGESTIONS ET CONCLUSION GENERALE

* SUGGESTIONS

Les résultats que nous avons obtenus dans l'étude de l'*Eucalyptus citriodora* cultivé au Bénin permettent d'envisager, a priori, le développement de la culture de cette espèce riche en Citronellal (> 75,3%) dans un but d'exploitation commerciale.

Cependant, une étude plus détaillée de la variation de la composition chimique de l'huile essentielle :

- sur les autres mois de l'année autres que ceux de la présente recherche.
- sur les autres étapes végétatives de la plante (la notre étant la plante adulte) mériterait d'être entreprise afin de tirer une conclusion plus fiable sur l'*Eucalyptus citriodora* du Bénin.

En ce qui concerne l'espèce *Camaldulensis*, acclimaté au Bénin, la moitié de son huile essentielle (59%) est constituée de 1,8 - Cinéole.

L'exploitation de cette espèce pour son huile essentielle ne peut être envisagée qu'après une bonne rectification afin d'augmenter la teneur de ce composé.

Ainsi suggérons-nous une multiplication de l'*Eucalyptus Citriodora* planté à Calavi.

Cette multiplication peut se faire sur le site de Calavi et sur d'autres sites pour vérifier l'influence effective du lieu de culture sur la teneur et la composition chimique de l'huile essentielle.

Pour la multiplication végétative, nous proposons la technique du bouturage comme indiquée dans plusieurs publications⁴⁰⁻⁴². Certains auteurs³⁷⁻³⁹ ont rendu compte de cette technique et de son application en vue d'une exploitation industrielle. Les différentes étapes de cette multiplication végétative sont :

- recépage des pieds d'un parc multiplicatif,
- récolte des rejets, essentiellement préventifs à un stade bien déterminé où le coup d'oeil du récolteur est primordial,
- transport rapide et façonnage de ces rejets pour la production de bouture 4 feuilles.
- traitement antifongique (Bénomyl) ;
- stimulation hormonale par trempage de la base de la bouture dans une poudre contenant de l'acide β -indole-butyrique ;
- mise en place des boutures dans des sacs en plastique contenant un sol léger et filtrant :
- Brumisation permanente de jour durant 20 à 25 jours. Au bout de cette période, les racines sont apparentes en bord du pot
- sevrage durant trente jours, présence de l'ombrière, brumisation progressivement réduite, apparition rapide d'une ou plusieurs pousses aériennes.

Ultérieurement, nous devons engager un important programme de recherche d'accompagnement avec le développement de tests clonaux et l'utilisation de parcs multiplicatifs et de parcs à clones.

Les tests clonaux permettent de déterminer les paramètres génétiques et de comparer les performances. Les parcs multiplicatifs, quant à eux, permettront la propagation végétative contrôlée d'individus soigneusement sélectionnés pour une production à l'échelle industrielle.

* CONCLUSION GENERALE

Le présent travail de recherche nous a amené à étudier la variation intra et interspécifique du rendement et de la composition chimique des huiles essentielles d'*Eucalyptus citriodora* et d'*Eucalyptus camaldulensis*.

Il ressort de ces travaux que :

Les états (frais et sec) des feuilles influencent le rendement en volume des huiles essentielles. Il est plus élevé pour le matériel végétal sec que pour les feuilles fraîches.

Le mode d'extraction a une action sur la production en huile essentielle des feuilles. Elle est plus élevée pour l'entraînement à la vapeur que pour l'hydrodistillation.

Les rendements en huiles essentielles dépendent des lieux de récolte probablement à cause de la composition des sols.

Quant aux périodes de récolte, elles apparaissent déterminantes sur les rendements d'*Eucalyptus citriodora* de Calavi, d'*Eucalyptus camaldulensis* de Calavi et de Sèmè. Elles ne le sont pratiquement sur les rendements de l'*Eucalyptus citriodora* de Kétou

L'effet du stockage est remarquable sur la variation du rendement; plus la conservation dure, moins le rendement est élevé.

En somme, les huiles essentielles étudiées sont de bonnes compositions avec un taux relativement élevé de citronellal (> 75,3% pour l'*Eucalyptus citriodora* de Calavi) et de 1,8-cinéole (71.3% en moyenne pour l'*Eucalyptus camaldulensis* de Sèmè) et présentent donc un intérêt économique majeur.

Certaines d'entre elles se distinguent cependant par la présence de composés (relativement) abondants qui interdit leur utilisation en médecine. (Par exemple, l'huile essentielle d'*Eucalyptus camaldulensis* de Calavi a une teneur en α -phellandrène de 0,53 à 6,78%).

Les différences entre les individus au sein d'une même espèce nécessite un travail de présélection des plants destinés à la multiplication végétative.

Suite à ces résultats, il nous appartient dans "un objectif huile essentielle" de procéder au clonage des individus jugés les plus intéressants (ou de poursuivre l'étude des autres espèces d'*Eucalyptus* acclimatées au Bénin) et de vérifier si les caractéristiques chimiques sont bien transmises à leur descendance.

On pourra alors envisager la mise en place de parcs multiplicatifs.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**1 - MARTIN et COSSALTER,**

" Les Eucalyptus des Iles de la Sonde, Bois et Forêt des tropiques" 1975-1976 n° 163-168.

2 - J.H. FAUVEL,

Parf Cosm, Sav, 1961, 4 (3) p. 99.

3 - ZRIRA S., BENJILALI. B. et LAMATY G.,

12è J.I.H.E 1993, EPPOS, Instituto Tétraédron 1994, P. 882.

4 - M.R. JACOBS,

" Growth habits of the Eucalyptus" Commonwealth Government Printer, Canberra 1955. p. 1-262.

4' M. GUYOT,

Systematique des Angiospermes : référence particulière à la flore togolaise. Lomé. Ed. Togo (1992)

5 - C. MARJON,

" Contribution à l'étude botanique chimique et taxonomique du genre *Forrythia* Vahl (Oleaceae)", Thèse de Doctorat d'Etat Université de Montpellier I (1990).

6 - **G.M. KIYABOU,**

" Les Eucalyptus du Congo : Variation inter et intra spécifique du rendement et de la composition de leurs huiles essentielles" Thèse de Doctorat, Université de Montpellier II, (1992).

7 - **P. FRAMCHROMME et Coll,**

Aromatologie : De la plante aromatique à l'huile essentielle" Aromathérapie exactement. livre 1, Enc. 1990, p. 54.

8 - **E. GUENTHER,**

The essence oil Vol 2 372 374 (1949).

9 - **S. ZHAOBANG, Y. QIZHUANG, W. YONQYIN et L. GUANGO,**

linchan nuaxue yu gongye, 1987 7 (2) p. 35 (réf chem. abs. 108 : 1836 144).

10 - **S.TALAJAJ,**

W. Afr. Pharmacist 97 (1994).

11 - **P. ROVESTI,**

Ann Acad Bres Creny 44, 91, (1972).

12 - **S.D. ELAKOVICH, B.O. OGUNTIMIN,**

J. Nat. Prod 50 , 503, (1987).

13 - **G. LAMATY, G.MEMUR, L. BESSIERE, J.M. ONAMBA et T. SILOU,**

Phytochem **29** (2) 521-522 (1990).

14 - KOUMAGLO K.H., MOUDACHIROU M. ADDAE-MENSAH, GARNEAU F.X.,

Végétaux aromatiques des Iles de l'Océan Indien et du Continent Africain 13 " JIHE, 34, (1994).

15 - R. JOLLOIS et Coll,

Aromathérapie exactement livre 3 Clefs pour l'aromathérapie : la molécules aromatique, matière, énergie, information. Enc. 1990. p. 81-91.

16 - S.DALET,

" Contribution à l'étude des propriétés antivirales de quelques huiles essentielles produites à Madagascar sur les poliovirus 1,2, et 3" Mémoire de diplôme d'études approfondies en Sciences appliquées option : Biochimie, université de Madagascar EESS Juin (1990).

17 - MARUZELLA J. C., LICHTENSTEIN M. B,

J. Amer. Pharm. Assoc. **45** 1956, P. 378 - 381.

18 - SHUKLA H.S, DUBEY. P, CHATURVEDI. R. V,

Antivirals proprieties of essential oils of Foeniculum vulgare and Limpinela anisum L. Agronomie 9, 1989, p. 277-279.

19 - TSCHUIKU O.W et Coll,

Farmatsevt. Zh (Kiew) 1960, 15, **6**, 42 ; 1963 ; CZ 134, 14402.

20 - **KIENHOLZ et KEMKES,**

Arzneim Forsch, 1960, 10, 917.

21 - **MARUZELLA J.C.,**

Amer Perfum 1962, 77, 67.

22 - **H. P. MUNZING SCHELS H.,**

J. Soc; Cosm; Chem, 1972 : 23,841.

23 - **MUZING H.P. et Coll,**

Thuszcze, Scrodki Pcorace KOSMET 1974, 18,335.

24 - **VALNET . J,**

Plantes med. plytother. 1973, 7, 163.

25 - **PELLECUER J. et Coll,**

Huiles essentielles bactéricides et fongicides, Revue de l'Institut Pasteur de Lyon
1976 9, 2, 135-159.

26 - **CONNE D.E., BOUCHAT L. R,**

Effects of essentials oils from plants on growth of food spoilage yearts ; J. of Food.
Sc. 1984, 49, 429-434.

- 27 - **ROSS S. A, EL - Keltawi N. E, MEGALLA S. E.,**
Antimicrobial activity of some Egyptian aromatics plants *Fitoterapia* 1980,4,201-205.
- 28 - **D. PENOEL,R. JOLLOIS et Coll,**
Thérapeutique: éléments de médecine aromatique. Aromatherapie exactement. livre 3, Enc. 1990. 272-287.
- 29 - **F.G.SANDRET,**
Annales de la recherche forestière au Maroc tome 9, Rapport 1965-1967, P. 259.
- 30 - **E.J. ADJANOHOUN, A.M.R. AHYI et Coll,**
Médecine Traditionnelle et pharmacopée. Contribution aux études ethnobotaniques et floristiques en République Populaire du Bénin du Congo ACCT Paris 1988, P. 15-58.
- 31 - **P. SATYA et G.K. SIMHA,**
Indian Perfumer, 1972, 16 , P.5.
- 32 - **A. GHANIM et J. ANDRANI,**
J. Pharm. Sci, 1978, 41 (2), P. 80.
- 33 - **D. LOW, B.D. RAWAL et W. GRIFFIN,**
planta Med, 1974, 26 (2), P. 184.
- 34 - **S. PRAKASH et G.K. SINHA,**
Indian perfumer, 1972, 16, P.5.

35 - **A.R. PENFOLD et F.R. MORRISON,**

" Museum of Applied Arts and Sciences (Bulletin) N°2 5th Edition) Sydney, (1951),

36 - **G.M. CHIPPENDALLE,**

" Eucalyptus Nomenclature" Australian Forestry Research, Canberra, 1976,7,P. 69.

37 - **B.J. SMALL,**

Aust Forestry, 1984, **44** (3), P. 170.

38 - **P.K. GUPTA et A.F. MASCARENHAS,**

Basic life Sci, 1983, **22**, P. 299.

39 - **M. MIRAMDA, J.P.ZAYAS et A. ROSADO,**

Rev.clenc. Quin, 1983, **14** (2), p.211.

40 - **A.K.SINGH, A.K. BHATTA CHARYA et Coll,**

Indian Forester, Mars 1983 , P.153.

41 - **E.V. LASSAK,**

Chemistry in Australlia 1983, P.396.

42 - **A.R. PENFOLD et J.L. WILLIS,**

"The Eucalyptus" Leonard Hill (books) Ltd/ London inter Science Publischer Inc, New York (1961).

43 - **B. KAMEL,**

"Contribution à l'étude de la feuille d'*E.globulus* Labill" Thèse de doctorat d'Etat, Faculté de Pharmacie Marseille, (1975) .

44 - **J.W. MWANGUI, A.N. GUANTAI et G. MURIUKI,**

E. Afr. Agr. For. J. 1981, **46** (4), P.89.

45 - **V.K. SOOD, J.P. RIER et R. C. GHOSH,**

Parfum Kosm, 1987, **68** (8), P. 495.

46 - **P. W. TOMPKINS,**

J. Ind. Eng. Chem, 1915, **7**, P.995.

47 - **M. MIRANDA, J.P. ZAYAS,**

rev. Cuba Farm, 1985, **19**, P. 128.

48 - **A. JEBBARI,**

"Investigation sur les possibilités de production d'huile essentielle d'Eucalyptus à Cinéol au Maroc" Mémoire de fin d'étude, option Technologie Alimentaire Institut d'Agronomie et Vétérinaire HASSAN II, Rabat, (1988) .

49 - **F.L. SQUIBBS,**

Ann. Rep. Dept. Agr. Scyhelles, 1936, **1**, P.10.

50 - **A.K. SINGH, A.K. BHATTACHARYA, K. SINGH et BN. DIWEDI,**
Indian Forester, Mars 1986, P. 223.

51 - **M. MIRANDA et J.P. ZAYAS,**
Rev. Cub Farm, 1985, **19**, P. 121.

52 - **A.M. ABOU- DAHAS et E.M. ABOU - ZEID,**
Egyptian journal of Botany, 1973, **16** (1-3), P. 345.

53 - **H. GAUSSEN,**
" Théories et Classification des climats et Microclimats" proceeding of the 8th
International Botanical Congress ; Paris 1954, P. 125.

54 - **J. RENEDO, OTERO J.A., MIRA J.R,**
plantes médicinales et phytothérapie Tome 24 Numéro 1 Janvier 1990, P. 31.

55 - **J. TRANCHANT,**
"Manuel pratique de chromatographie en phase Gazeuse" Ed. Masson et Cie,
Paris 1964, P. 115.

56 - **W. JENNINGS et T. SHIBAMOTO,**
"Quatitative Analysis of Flavor and Frangrance Volatiles by Glass Capillary Gaz
Chromatography" Academie Press Inc, New York, (1980) .

57 - **R.P. ADAMS,**

"Identification of essential oils by Ion trap Mass Spectroscopy" , Academic Press, Inc ; New York (1989) .

58 - **A.A SWIGAR et R.M. SILVERSTEIN,**

"Monoterpènes " Aldrich chemical Company, Inc, (1981) .

59 - **S. ZRIRA,**

"Contribution à l'étude des huiles essentielles de deux espèces d'Eucalyptus acclimatée au Maroc " mémoire de 3è Cycle Agronomie, institut Agronomique et Vétérinaire, Université HASSAN II Rabat, (1988) .

60 - **S.G. ARGAWAL, R.K. THAPPA et Coll,**

Indian J. Chem, 1976, **14 B** ; P. 388.

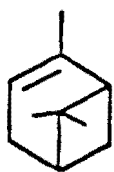
61 - **Y.D. CHEN, L. YANG, S. -X. LI et Z. -R, JIANG,**

Chem. Indust. Forest prod. 1983, **3 (2)**, P. 14.

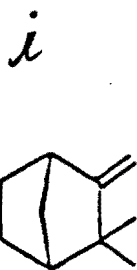
62 - **AFNOR**

Recueil des Normes Françaises sur les huiles essentielles" Association Française de Normation Paris, (1986) .

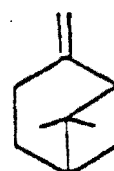
FORMULES DES COMPOSES CHIMIQUES



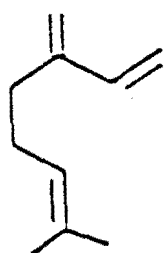
α -pinène



camphène



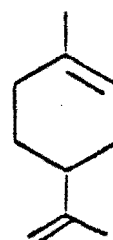
β -pinène



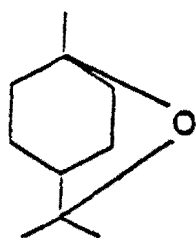
myrcène



α -phellandrène



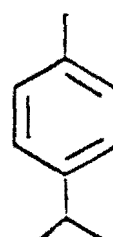
limonène



1,8-cinéole

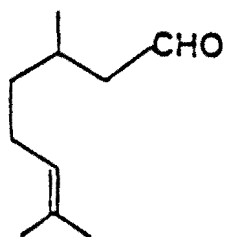


γ -terpinène

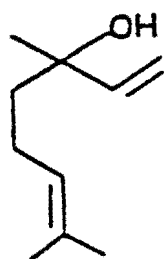


p-cymène

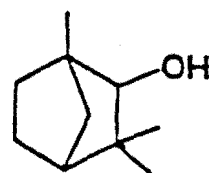
ii



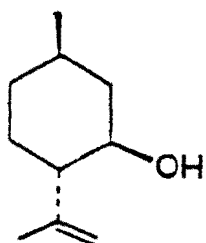
citronellal



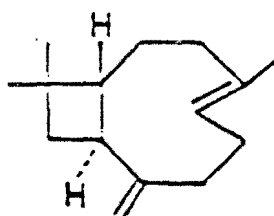
linalol



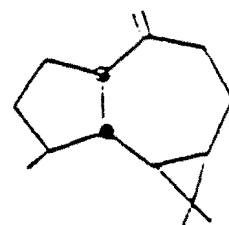
fenchol



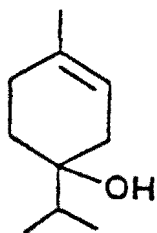
isopulégol



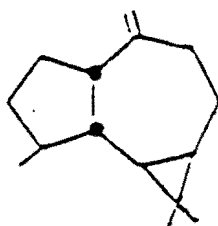
β -caryophyllène



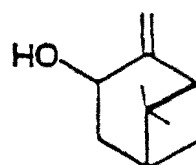
aromadendrène



terpinéol-4

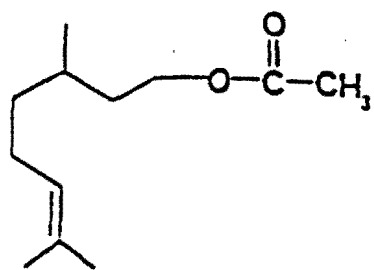


alloaromadendrène

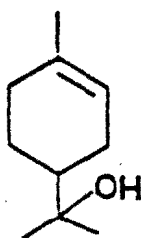


pinocarvéol

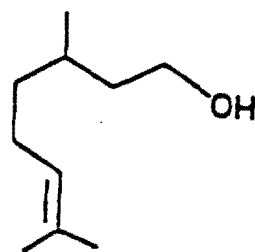
iii



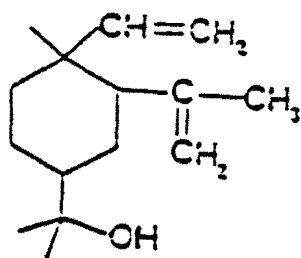
acétate de citronellyle



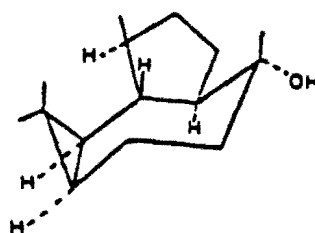
α -terpinéol



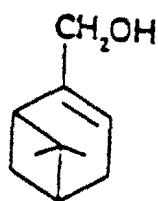
citronello



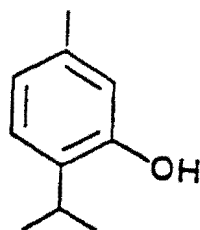
élémol



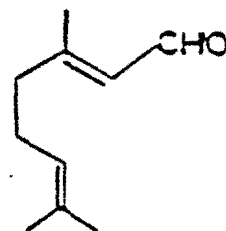
globulol



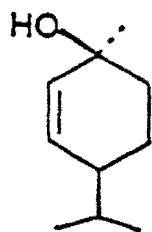
myrténol



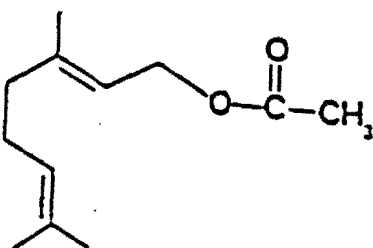
thymol



néral



cis-p-menth-2-èn-1-ol



acétate de géranyle