

Numéro d'ordre : D.U. 1009 (France)

**UNIVERSITE NATIONALE DU BENIN**  
( Faculté des Sciences et Techniques )

**UNIVERSITE BLAISE PASCAL - CLERMONT - FERRAND II**  
( U.F.R. de Recherche Scientifique et Technique )

**ECOLE DOCTORALE DES SCIENCES FONDAMENTALES**

## **THESE EN COTUTELLE**

Présentée pour le grade de

**DOCTEUR D'UNIVERSITE**  
( Spécialité CHIMIE ORGANIQUE )

par

**Eléonore YAYI**  
Diplômée d'Etudes Approfondies de Chimie

**Contribution à l'étude des huiles essentielles de plantes aromatiques du Bénin ; cas de l' *Ocimum basilicum*, *O. canum* et *O. gratissimum* dans la perspective de leur production.**

Soutenue publiquement le 20 Avril 1998 devant le jury

**Président :** M. G. LAMATY, Professeur à l'Université de Montpellier II

**Rapporteurs :** M. K. H. KOUMAGLO, Professeur à l'Université du Bénin ( Togo )

M. G. LAMATY, Professeur à l'Université de Montpellier II

**Examineurs :** M. G. ACCROMBESSI, Professeur à l'Université Nationale du Bénin

M. J-C CHALCHAT, M - C à l'Université Blaise Pascal de Clermont (Co-directeur)

M. G. LAMATY, Professeur à l'Université de Montpellier II

M. M. MOUDACHIROU, Professeur à l'Université Nationale du Bénin (Co-directeur)

*Je dédie cette thèse,*

*À mes chers parents, pour l'éducation qu'ils m'ont donnée et leur total soutien dans la réalisation de ce travail,*

*À Floriane et Félix pour leur amour et les sacrifices  
endurés,*

*À mes frères et soeurs, pour leurs prières et  
soutiens,*

*À ma famille,*

*À mes amis*

## SOMMAIRE

REMERCIEMENTS	1
INTRODUCTION	4
PREMIÈRE PARTIE	7
CHAPITRE I: GÉNÉRALITÉS SUR LES HUILES ESSENTIELLES	8
I : HISTORIQUE	9
II : DÉFINITIONS	9
III : RÉPARTITION BOTANIQUE ET LOCALISATION	10
III-1 Répartition botanique	10
III-2 Localisation	10
IV FONCTIONS DES HUILES ESSENTIELLES	11
V PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DES HUILES ESSENTIELLES	12
VI COMPOSITION CHIMIQUE DES HUILES ESSENTIELLES	12
VI-1 Facteurs de variabilité	12
VI-2 Composition chimique	13
VII : PROCÉDÉS D'OBTENTION ET D'ANALYSE DES HUILES ESSENTIELLES	23
VII-1 Procédés d'obtention	23
VII-2 Procédés d'analyse de la composition chimique des huiles essentiels	25
VIII : PROPRIÉTÉS PHARMACOLOGIQUES DES HUILES ESSENTIELLES	28
IX : TOXICITÉ DES HUILES ESSENTIELLES	29
X : UTILISATIONS DES HUILES ESSENTIELLES	29
CHAPITRE 2: LE GENRE <i>OCIMUM</i>	31
I : GÉNÉRALITÉS	32
II <i>OCIMUM BASILICUM</i> L.	32
II-1 Noms et Synonymes	32
II-2 Ecologie	34
II-3 Botanique	34
II-4 Emplois	34

III	<i>OCIMUM CANUM SIMS</i>	35
III-1	Noms	35
III-2	Écologie	35
III-3	Description botanique	35
III-4	Les synonymes	37
III-5	Usages	37
IV	<i>OCIMUM GRATISSIMUM L.</i>	38
IV-1	Noms	38
IV-2	Écologie	38
IV-3	Description botanique	38
IV-4	Synonymes	38
IV-5	Usages	38
<b>CHAPITRE 3: MATÉRIEL ET MÉTHODES</b>		41
<b>SECTION I LE BÉNIN: PRÉSENTATION GÉNÉRALE</b>		42
I-1	Relief	42
I-2	Climats - Sols - Végétation	42
<b>SECTION II INVENTAIRE SYSTÉMATIQUE DES <i>OCIMUM</i> DU BÉNIN</b>		47
<b>SECTION III MISE EN CULTURES EXPÉRIMENTALES</b>		48
III-1	Sélection de souches mères	48
III-2	Protocole cultural	48
III-3	Récoltes	48
III-4	Analyse des sols	49
<b>SECTION IV ÉTUDES COMPLÉMENTAIRES</b>		50
IV-1	Variation du rendement et de la composition chimique des huiles essentielles au cours du séchage	50
IV-2	Variation diurne de la composition chimique et du rendement en huile essentielle	50
<b>SECTION V OBTENTION ET ANALYSE DES HUILES ESSENTIELLES</b>		50
V-1	Extraction des huiles essentielles	50
V-2	Analyse chimique des huiles essentielles	50

DEUXIÈME PARTIE	54
CHAPITRE 4: <i>OCIMUM BASILICUM</i> L.	55
SECTION : I TRAVAUX ANTÉRIEURS	56
I-1 Revue bibliographique	56
I-2 Classification par voie biosynthétique	58
I-3 Essai de classification binaire	65
I-4 Insuffisances	71
SECTION : II INVENTAIRE SYSTÉMATIQUE DES <i>OCIMUM BASILICUM</i> DU BÉNIN	72
II-1 Rendements	74
II-2 Composition chimique	74
SECTION III CULTURES EXPÉRIMENTALES	76
III-1 Description et caractéristiques des sites de culture	77
III-2 Influence des sites de culture sur le rendement et la composition chimique des huiles essentielles	81
III-3 Influence des différents stades de floraison sur le rendement et la composition chimique des huiles essentielles	86
III-4 Influence du cycle végétatif sur le rendement et la composition chimique des huiles essentielles.	92
SECTION IV ÉTUDES COMPLÉMENTAIRES	98
IV-1 Effet de séchage sur le rendement et la composition chimique d'huile essentielle d' <i>O. basilicum</i> du type A	99
IV- 2 Variation diurne du rendement et de la composition chimique de <i>O. basilicum</i> de type AD	101
CONCLUSION	102
CHAPITRE 5 : <i>OCIMUM CANUM</i> Sims	104
SECTION I TRAVAUX ANTÉRIEURS	105

SECTION II INVENTAIRE SYSTEMATIQUE DES <i>OCIMUM</i> <i>CANUM</i> DU BÉNIN	110
SECTION III CULTURES EXPÉRIMENTALE	113
III-1 Influence des sites de culture sur le rendement et la composition chimique des huiles essentielles	115
III-2 Influence des stades de floraison sur le rendement et la composition chimique des huiles essentielles	119
III-3 Influence du cycle végétatif sur le rendement et la composition chimique des huiles essentielles du type J	125
SECTION IV ÉTUDES COMPLÉMENTAIRES	129
IV-1 Influence du temps de séchage sur le rendement et la composition chimique des huiles essentielles.	129
IV-2 Variation diurne du rendement et de la composition chimique des huiles essentielles.	131
CONCLUSION	131
CHAPITRE 6 : <i>OCIMUM GRATISSIMUM</i> L.	133
SECTION I TRAVAUX ANTÉRIEURS	134
SECTION II : INVENTAIRE DES <i>OCIMUM GRATISSIMUM</i> DU BÉNIN	141
II-1 Rendements en huiles essentielles	141
II-2 Composition chimique des huiles essentielles	142
SECTION III CULTURES EXPÉRIMENTALES	147
III-1 Influence du site de culture sur le rendement et la composition chimique des huiles essentielles	147
III-2 Influence des stades de floraison sur le rendement et la composition chimique des huiles essentielles	151
III-3 Influence du cycle végétatif sur le rendement et la composition chimique des huiles essentielles	155

SECTION IV ÉTUDES COMPLÉMENTAIRES	160
IV-1 Variation diurne du rendement et de la composition chimique des huiles essentielles	160
IV-2 Effet de séchage sur le rendement et la composition chimique des huiles essentielles	160
CONCLUSION	163
CONCLUSION GÉNÉRALE	164
BIBLIOGRAPHIE	167
ANNEXE	180
- CODE DES ABRÉVIATIONS	181
- TABLEAUX COMPLETS DE RÉSULTATS D'ANALYSES CHIMIQUES SUR LES TROIS ESPÈCES ÉTUDIÉES	182
- QUELQUES CHROMATOGRAMMES DES ESPÈCES ÉTUDIÉES	187

## **REMERCIEMENTS**

Ce travail a été réalisé, dans le cadre d'une cotutelle de thèse, sous la direction conjointe de Messieurs les Professeurs **M. Moudachirou** de l'Université Nationale du Bénin et **J.C. Chalchat** de l'Université Blaise Pascal de Clermont-Ferrand.

J'exprime à tous deux ma profonde gratitude pour la direction de ce travail. A aucun moment, ils n'ont ménagé leurs efforts et leurs peines dans la recherche de toute opportunité (Séminaire, stage, cours etc.) complétant ou conditionnant ce travail; bien au contraire, la pleine disponibilité, les aides morales, l'hospitalité, ont été leurs principales caractéristiques.

Mes sincères remerciements et ma gratitude vont également à Monsieur le Professeur **G. Lamaty**, de l'Université Montpellier II, Responsable des Accords Interuniversitaires UM II/ UNB dans le domaine de la Chimie. Il a suivi la réalisation de ce travail depuis le début et m'a prodigué conseils et encouragements pendant sa réalisation. Il a également contribué au financement de mes séjours en France et m'a accueilli dans son Laboratoire pour finaliser cette thèse; j'en garde un souvenir émouvant.

Au Professeur **H. K. Koumaglo** de l'Université de Lomé au Togo, j'adresse mes sincères remerciements pour avoir accepté de juger ce travail et d'en être un des rapporteurs.

Je remercie le Professeur **G. Accrombessi**, de l'Université Nationale du Bénin, pour avoir guidé mes premiers pas dans le monde de la Recherche et avoir accepté de juger ce travail.

J'exprime ma profonde gratitude à Monsieur **A.M. Ayédoun**, Maître Assistant à l'Université Nationale du Bénin, qui a toujours été à mes côtés dans la mise en place et le bon déroulement de mes travaux. Que tout le personnel d'AROM-BENIN dont il est le Directeur, trouve à travers lui l'expression de mon entière satisfaction pour l'entretien des cultures réalisées à Kansoukpa.

J'exprime également ici mes vifs remerciements à Monsieur le Professeur **P. Bouchet**, de l'Université Montpellier II qui a toujours été d'une totale disponibilité à mon égard pour m'aider dans la scanérisation des images, la réalisation des tableaux de

résultats et des histogrammes. Que tous les autres Professeurs du Laboratoire de Chimie Organique de l'Université Montpellier II voient à travers lui ma profonde gratitude pour les encouragements qu'ils n'ont cessé de me prodiguer lors de la rédaction de ce travail.

Je remercie les Directeurs des différentes Stations de Recherche qui ont abrité mes cultures, pour avoir mis à ma disposition des parcelles d'expérimentation ainsi que le personnel requis. Je remercie particulièrement, à travers eux :

- M. **Igué** pour les analyses de sols et le suivi des cultures du CENAP.
- M. **Adjé** pour l'entretien des cultures de Pobè
- M. **Toukourou** pour le suivi des cultures de Niaouli.
- **Le Révérend Père Antoine** de la Paroisse St Joseph de Savè pour les cultures réalisées sous sa responsabilité.
- M. **Aïhounton** pour les cultures mises en place à Parakou.

J'exprime toute ma reconnaissance à Monsieur **A. Houssounou**, de l'Asecna BÉNIN, pour l'établissement des données climatologiques relatives à mes sites de culture.

A tout le personnel des Laboratoires des Huiles Essentielles de l'Université Blaise Pascal de Clermont-Ferrand, de Chimie Organique Physique de L'Université Montpellier II et des Plantes à Parfum, Aromatiques et Médicinales de l'Université Nationale du Bénin, j'adresse mes très vifs remerciements pour l'atmosphère agréable et détendue dans laquelle j'ai mené mes travaux de recherche. Je remercie particulièrement:

- M. **Boukary**, de l'Université Nationale du Bénin, pour les extractions d'huiles essentielles faites pendant mes périodes d'absence du laboratoire, ainsi que
- mes jeunes collègues: **Bakary, Célestin, Hermeline, Thérèse, Céline** et **Sophie** pour leurs aides multiformes dans l'accomplissement de ce travail.

Que le Dr. **Ahanchédé Adam**, de la Faculté des Sciences Agronomiques de l'Université Nationale du Bénin, Président de l'Association Béninoise des Boursiers I.F.S., trouve ici l'expression de ma profonde gratitude pour son aide dans mes diverses récoltes et dans l'élaboration du projet de recherches financé par la Fondation Internationale pour la Science (I.F.S.).

Je voudrais enfin adresser mes remerciements particuliers aux Organismes publics et privés et aux Ministères des différents pays, sans le soutien matériel desquels ce travail n'aurait pu être mené à bien:

- le Ministère Français de l'Éducation Nationale, pour la bourse de cotutelle de thèse qu'il a mise à ma disposition dans le cadre des Accords interuniversitaires Université de Clermont II / UNB.

- la Mission Française de Coopération et d'Action Culturelle à Cotonou pour la bourse de stage dont j'ai bénéficié à travers les Accords interuniversitaires UM II / UNB.

- la Fondation Internationale pour la Science, enfin, qui a mis à ma disposition un financement considérable (Bourse de recherche + Bourse de voyage) sans lequel l'achat de matériel et de produits de Laboratoire, les déplacements à l'intérieur du pays, les essais de culture et les séjours à l'étranger n'auraient pu se réaliser.

Qu'ils voient dans ce travail les fruits de leur soutien et qu'ils soient assurés de ma grande disponibilité à poursuivre et développer ce travail grâce aux aides futures qu'ils voudront bien m'accorder.

## INTRODUCTION

C'est toujours une tâche difficile, pour un jeune chercheur commençant la préparation d'une thèse dans une Université d'un pays dit "émergent", que de se choisir un thème de recherche qui concilie autant d'exigences contradictoires que:

l'intérêt scientifique et l'originalité du sujet tout d'abord, la modestie des moyens et des équipements mis à sa disposition ensuite, la nécessité enfin de participer à l'essor économique et intellectuel du pays où il vit en promouvant les richesses potentielles dont celui-ci est pourvu et qu'il convient de mettre en valeur d'une façon ordonnée et raisonnable.

Pour un jeune chimiste organicien ce choix est heureusement facilité en ce sens que toute la nature vivante autour de lui, faune et flore, est de la "matière organique" et qu'il n'a qu'à jeter un œil curieux sur le monde qui l'entoure pour trouver mille sujets d'études et mille secrets à percer. Pour notre part c'est la flore du Bénin qui nous a tout de suite attiré, par sa variété, son exubérance, les très nombreuses espèces végétales qu'elle renferme et l'importance des "commodités" qu'elle met déjà à la disposition de l'homme. De tous temps celui-ci, et au Bénin comme ailleurs, a su tirer profit de la végétation qui l'entoure pour satisfaire à ses besoins immédiats dans tous les domaines de la vie courante : nourriture (céréales, fruits, matières oléagineuses, etc...), logement (bois d'œuvre pour la construction des habitations), chauffage domestique et santé (la pharmacopée traditionnelle utilise quasi exclusivement les plantes dites médicinales pour le traitement des affections les plus diverses). Les domaines d'utilisation des plantes sont donc extrêmement vastes et variés et il n'est donc pas trop difficile de trouver un sujet de recherche qui allie la nouveauté scientifique, caractéristique primordiale de tout travail de thèse, à un intérêt économique certain, pouvant déboucher à court terme sur la création de petites industries de production et de commercialisation.

Plutôt que de nous intéresser aux plantes donnant des métabolites primaires, plantes céréalières ou oléagineuses par exemple, déjà bien connues et recensées dans nos régions, et dont l'étude est plus du domaine des biologistes (améliorations génétiques) ou des agronomes (améliorations des techniques de culture) que du chimiste, nous avons préféré orienter notre travail vers les plantes produisant des métabolites secondaires, composés chimiques produits par la plante en petite quantité, de structure très variées et qui trouvent une application dans une foule de domaines; les plus connus de ces métabolites secondaires sont les composés à activité pharmacodynamique reconnue, utilisés par les tradipraticiens et recherchés activement par les grandes sociétés pharmaceutiques internationales comme modèles de

médicaments du futur; c'est par exemple, le cas du taxol, extrait de l'if (Taxacée), pour ne citer que le cas le plus récent.

Pour notre part nous avons préféré tourner notre regard vers une seconde catégorie de plantes à métabolites secondaires, les plantes dites "aromatiques" produisant une huile essentielle, volatile et odorante que l'on peut extraire par des moyens simples et peu onéreux.

Ces plantes aromatiques, et leurs huiles essentielles, sont connues et utilisées depuis la nuit des temps et leur intérêt ne faiblit pas, bien au contraire: à côté des grandes utilisations traditionnelles, - la pharmacie (via l'aromathérapie) et la fabrication des parfums et des cosmétiques -, sont venues s'ajouter assez récemment les utilisations en agro-alimentaire (vogue récente des additifs naturels, préférés aux produits de synthèse) et dans l'industrie chimique fine (en tant que source de matières premières biotransformables).

Les pays africains, et plus généralement les pays intertropicaux, situés approximativement entre les 30èmes parallèles Nord et Sud, sont une source encore largement inexplorée de plantes aromatiques; au cours d'un séminaire organisé en 1985 à Brazzaville sous le patronage de l'ACCT, un intervenant extérieur a attiré l'attention des chercheurs africains sur les richesses insoupçonnées qu'il y avait dans leurs forêts et leurs savanes et sur l'intérêt qu'il y aurait à les étudier de plus près; reprises et diffusées par un magazine local [1], ces idées ont fait leur chemin dans l'esprit de bon nombre de scientifiques africains et une recherche active et vigoureuse se développe depuis quelques années dans la plupart des Universités Francophones d'Afrique Centrale et d'Afrique de l'Ouest. Un premier recensement, partiel, des plantes utiles du Bénin a été réalisé par Adjanooun en 1989 [2] et ce travail a servi de point de départ aux laboratoires de Biochimie et de Chimie de l'U.N.B. pour entreprendre l'étude systématique des plantes aromatiques béninoises [3].

C'est ce courant de recherche que nous avons décidé de rejoindre en orientant nos travaux dans l'étude d'un genre de plantes aromatiques très répandu au Bénin, le genre *Ocimum*, dont 3 espèces, *O. Basilicum*, *O. canum* et *O. gratissimum*, poussent spontanément dans toutes les régions du pays et sont très largement utilisées par les populations locales qui, assez souvent, les mettent en culture autour des habitations et les proposent sur les marchés. Ces 3 espèces sont toutes originaires du Sud-Est asiatique mais, eu égard à leur intérêt économique et à leur facilité d'adaptation, elles se sont répandues sur toutes les régions du globe, tant dans les zones tempérées que tropicales.

Leur adaptabilité, leur "plasticité génétique" est d'ailleurs à l'origine de ce travail: les recherches déjà effectuées dans d'autres pays sur ces espèces ont montré une très grande diversité de composition des huiles essentielles qu'elles produisent, donnant naissance à de très nombreux chémotypes et/ou écotypes, morphologiquement

semblables mais fournissant des essences totalement différentes. Tant que l'on n'a pas fait l'extraction et l'analyse de l'essence d'un *Ocimum* provenant d'une station donnée, il est impossible de dire s'il appartient à un "type" déjà connu ou s'il s'agit d'un type nouveau.

Après une première partie, divisée en 3 chapitres, dans laquelle nous avons fait d'abord une brève présentation des Huiles Essentielles, du Genre *Ocimum* ensuite, du Matériel et des Méthodes utilisées dans ce travail enfin, nous décrivons dans une deuxième partie (chapitres 4 à 6) les principaux aspects de notre travail. Le chapitre 4 est consacré à *O. basilicum*, le chapitre 5 à *O. canum* et le chapitre 6 à *O. grat-ssimum*; les recherches ayant été menées concomitamment et les expériences effectuées sur les trois espèces étant identiques, le plan des 3 chapitres est le même; dans chacun d'eux nous décrivons successivement :

- Une analyse des travaux antérieurs en essayant de classer rationnellement les différents types rencontrés dans la littérature,

- Un inventaire systématique des différentes espèces d'*Ocimum* croissant au Bénin, le matériel végétal ayant été récolté sur une douzaine de stations tant dans le Sud que dans le Nord du pays,

- Une mise en culture de types sélectionnés d'*Ocimum*; l'inventaire systématique décrit ci-dessus nous a permis de repérer plusieurs *Ocimum* bien "typés", récoltés à des endroits différents, et sans qu'il nous soit possible de dire si les différences observées étaient des variations chémotypiques (liées au patrimoine génétique de la plante) ou écotypiques (liées à sa zone géographique de croissance); nous avons donc prélevé des graines de ces *Ocimum* et les avons mises en culture, côte à côte, sur 5 sites différents par leurs caractéristiques pédologiques et climatiques.

- Une étude de la variation du rendement et de la composition chimique en fonction du cycle végétatif de la plante et de son stade de floraison,

- Des études annexes sur l'influence du temps de séchage du matériel végétal et de l'heure de récolte de la plante sur les caractéristiques chimiques de l'huile essentielle.

Le but de notre travail était de connaître tous les types d'*Ocimum* croissant au Bénin, de déterminer s'il s'agissait pour chacun d'eux d'un chémotype ou d'un écotype, de préciser le lieu de culture et la période de récolte pour optimiser, pour chacun d'eux, le rendement en huile essentielle et la composition de cette essence en vue de l'utilisation que l'on veut en faire.

La conclusion qui termine notre travail dira si ce but a été atteint ou si d'autres travaux sont encore nécessaires pour maîtriser totalement la culture d'espèces aussi versatiles.

# **PREMIÈRE PARTIE**

## **GÉNÉRALITÉS SUR LES HUILES ESSENTIELLES**

### **LE GENRE *OCIMUM***

### **MATÉRIEL ET MÉTHODES**

## **CHAPITRE I:**

### **GÉNÉRALITÉS SUR LES HUILES ESSENTIELLES**

## I HISTORIQUE

L'utilisation des matières odorantes naturelles remonte aux âges les plus reculés, où l'homme a cherché dans les végétaux, sa nourriture, ses remèdes, ses parfums.

Par exemple, chez les égyptiens, le parfum était utilisé pour des fins métaphysiques et cosmiques. Les indiens en font une utilisation religieuse [4].

L'homme avait une connaissance poussée des vertus des plantes et en faisait correspondre une catégorie à chacun de ses besoins.

De nos jours, à cette connaissance globale des plantes s'est superposée celle des huiles essentielles auxquelles de nombreuses vertus sont reconnues. C'est à un médecin Catalan, Arnaud de Villeneuve [5], que revient le mérite d'avoir décrit en premier, en Occident, la méthode de distillation à la vapeur d'eau .

Ces huiles représentent actuellement un vaste domaine d'études pour de nombreux chercheurs du fait de leur importance incontestable dans les grands secteurs économiques que sont les industries pharmaceutiques, agro-alimentaires, des parfums et cosmétiques.

## II DÉFINITIONS

L'AFNOR définit une huile essentielle comme étant « le produit obtenu à partir d'une matière première végétale soit par entraînement à la vapeur, soit par des procédés mécaniques à partir de l'épicarpe des *Citrus*, soit par distillation à sec. L'huile essentielle est ensuite séparée de la phase aqueuse par des procédés physiques » [6].

Dans la majorité des cas elle représente le surnageant de l'hydrodistillat ou, lorsque sa densité est supérieure à 1, le fond du vase de décantation.

Cette définition est spécifique et n'inclut pas les produits obtenus par l'extraction à l'aide de solvants ou de tout autre procédé. La profession utilise alors des désignations particulières qu'il ne faut pas confondre et il convient d'en définir quelques unes. On distingue ainsi:

- les concrètes: elles sont obtenues par extraction à l'aide d'un solvant non aqueux, de substances végétales fraîches.
- les résinoïdes: ce sont les produits obtenus par l'extraction à l'aide de solvant non aqueux, des substances végétales desséchées, de résines ou de baumes.
- les absolues: elles proviennent de l'extraction par l'alcool, à basse température, des concrètes et des résinoïdes.

- les essences **déterpénées**: elles sont obtenues par distillation sous pression réduite des huiles essentielles, ce qui conduit à l'élimination des fractions volatiles, terpéniques, irritantes et généralement de mauvaise conservation.

Selon leurs applications en agro-alimentaire et leur caractère organoleptique qui peuvent leur être propres, on définit:

- **une épice**: drogue d'origine végétale, aromatique ou piquante, destinée à l'assaisonnement des mets (gingembre, poivre).

- **un aromate**: substance d'origine naturelle exhalant une odeur pénétrante et agréable.

- **un condiment**: substance simple ou composée, de saveur prononcée, destinée à être incorporée aux aliments pour augmenter leur valeur gustative (exemple : le Maggi cube) [7].

L'incorporation de ces divers ingrédients confère à la préparation un caractère olfactif et/ou gustatif, particulier et spécifique, correspondant à ce que l'on désigne par **arôme**.

### **III RÉPARTITION BOTANIQUE ET LOCALISATION**

#### **III-1 Répartition botanique**

Les huiles essentielles sont largement répandues dans le règne végétal et sont particulièrement abondantes dans certaines familles comme: les Rutacées, les Labiées, les Conifères, les Myrtacées, les Ombellifères et les Lauracées pour ne citer que les plus importantes.

Elles peuvent se retrouver dans tous les organes végétaux comme: les sommités fleuries (lavande, menthe), les fleurs (rose, jasmin, ylang-ylang), les feuilles (eucalyptus), les écorces (cassia, cannellier), les bois (camphrier, santal), les racines (vétiver, angélique), les rhizomes (gingembre), les fruits (anis, fenouil, citron) [7].

#### **III-2 Localisation**

La synthèse et l'accumulation d'une huile essentielle dans les végétaux, sont généralement liées à l'existence de structures histologiques spécialisées, localisées en certains points des tissus, le plus souvent situés sur ou à proximité de la surface de la plante.

Ces structures peuvent être: [Fig.1]

- des cellules sécrétrices isolées (Lauracées, Magnoliacées) pouvant être épidermiques ou internes.

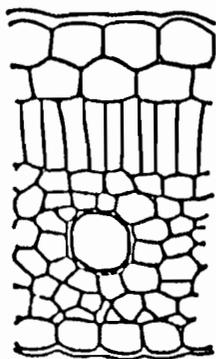
- des poils sécréteurs externes (Labiées, Géraniacées) ou internes (Eucalyptus)

- de poches sécrétrices schizogènes (Myrtacées) ou schizolysigènes (Aurantiacées)

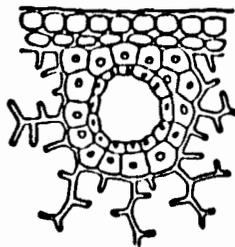
- des canaux sécréteurs (Ombellifères, Conifères) [8,9].

Elles diffèrent par leur taille, leur parois ou leur contenu, caractérisant parfois une famille donnée. Elles jouent un rôle important dans la détermination des conditions d'extraction des produits volatils qu'elles contiennent [10].

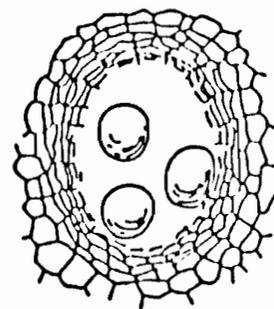
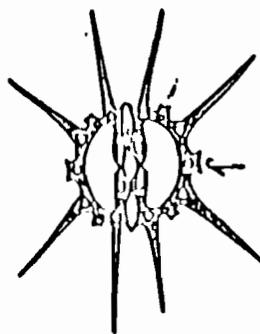
**Figure 1:** Quelques organes sécréteurs d'huiles essentielles



**Cellules sécrétrices**



**canaux sécréteurs**



**Poches schizolysigènes**

#### **IV FONCTIONS DES HUILES ESSENTIELLES**

Elles sont mal connues, mais de façon générale, il est admis que les huiles essentielles jouent un rôle attractif vis à vis d'insectes et favorisent ainsi la pollinisation. Un des cas tout à fait remarquable est celui de la pollinisation des orchidées (du genre *Ophrys*) par les hyménoptères aculéates, insectes du genre *Andrena* et *Colletes*. [11].

Il a été observé qu'à une espèce d'*Ophrys* correspondait une espèce d'hyménoptère et que la pollinisation était uniquement assurée par le sexe mâle [12]. D'autres travaux complémentaires ont montré que le choix du mâle pour une espèce donnée dépendait à la fois des effluves odorantes de la fleur et de la forme de son labelle (charnu, brillamment coloré et contrasté, avec de nombreuses pilosités) [13].

Ainsi le mâle tente de s'accoupler avec le labelle et détacherait au cours de ses mouvements des pollinies qui viennent se fixer sur sa tête et qui seraient ensuite transportées vers une autre fleur [11].

Les huiles essentielles constitueraient aussi un moyen de défense vis à vis des prédateurs (microorganismes, champignons, herbivores) et sembleraient avoir une action télétoxique sur les germinations, du fait de la localisation périphérique des éléments sécréteurs [7].

## **V PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DES HUILES ESSENTIELLES**

Les huiles essentielles sont généralement liquides à la température ordinaire, d'odeur aromatique et rarement colorées quand elles sont fraîches.

Leur densité est le plus souvent inférieure à 1, à l'exception de quelques huiles essentielles telles que celles de cannelle, de girofle et de saffran qui ont une densité supérieure à celle de l'eau.

Elles ont un indice de réfraction élevé et sont le plus souvent douées de pouvoir rotatoire.

Elles sont volatiles et entraînaient à la vapeur d'eau.

Très peu solubles dans l'eau, elles lui communiquent leur odeur.

Elles sont solubles dans l'alcool, l'éther, et dans la plupart des solvants organiques et huiles fixes.

## **VI COMPOSITION CHIMIQUE DES HUILES ESSENTIELLES**

### **VI-1 Facteurs de variabilité**

Pour un genre donné, le rendement et la composition chimique de son huile essentielle varient selon :

#### **VI-1-1 l'espèce botanique**

Illustrons ce cas-ci par l'exemple de l'«essence de thym». Sous ce nom général se classent :

- \* l'essence de *Thymus vulgaris* L. , espèce officinale à thymol,
- \* l'essence de *T. capitatus* Hoff et Link, à carvacrol,
- \* l'essence *T. satureioides* Casson et Bal., à bornéol,
- \* l'essence de *T. zygis* L., à thymol.

Toutes ces essences ont des profils chimiques différents et sont quand même commercialisées le plus souvent sous la même dénomination [7].

#### **VI-1-2 le chémotype**

Pour une espèce végétale donnée, il peut exister des formes ou variétés chimiques ne pouvant être distinguées sur le plan botanique et produisant par contre des huiles essentielles de composition chimique différente: on parle alors de chémotype.

Ce phénomène observé chez de nombreuses espèces permet la possibilité d'une sélection.

C'est le cas par exemple de *T.vulgaris*, espèce végétale botaniquement et caryologiquement stable, pour laquelle sept chémotypes ont été mis en évidence: à thymol, à carvacrol, à géraniol, à linalol, à  $\alpha$ -terpinéol, à thuyan-4-ol, à cis myrcén-8-ol [7].

### **VI-1-3 le cycle végétatif**

La proportion des différents constituants d'une huile essentielle peut varier de façon importante au cours du développement physiologique de la plante; elle peut être fonction de l'âge de la plante et de la période de récolte. On peut illustrer ce cas par l'étude réalisée sur *Tagetes minuta* d'origine Rwandaise [14]; les auteurs, dans le but d'étudier la variabilité de la composition chimique de l'huile essentielle afin de déterminer la période correspondant aux teneurs optimales en dihydrotagétone, en tagétones et en tagéténones, ont procédé à une culture de *Tagetes minuta* et à des récoltes en fonction des stades de développement de la plante. Ils ont alors montré que:

- la dihydrotagétone, en quantité moyenne dans les feuilles au début de floraison quadruple ses proportions en fin de floraison.
- les tagétones, dont les teneurs sont intéressantes dans les feuilles de jeunes plantes voient leurs pourcentages diminuer de moitié à la pleine floraison.
- les tagéténones sont, quant à elles, en proportion très faible dans les feuilles.

### **VI-1-4 l'environnement**

Les facteurs liés à l'environnement tels que: le sol, le climat, les pratiques culturales, (densité de plantation, condition d'irrigation, utilisation d'engrais etc.) peuvent également modifier la composition chimique des huiles essentielles.

### **VI-1-5 l'organe végétal**

Si tous les organes d'une même espèce végétale peuvent renfermer une huile essentielle, la composition chimique de cette dernière peut varier selon sa localisation: par exemple, dans le cas de l'oranger amer, l'essence de néroli bigarade (provenant des fleurs) est différente de l'essence de petitgrain bigarade (provenant des feuilles et des fruits immatures) et de l'essence d'oranger amer (provenant des zestes) [7].

## **VI-2 Composition chimique**

L'étude de la composition chimique des huiles essentielles montre qu'il s'agit de mélanges complexes et variables de constituants appartenant exclusivement à deux groupes caractérisés par des origines biosynthétiques distinctes:

- le groupe des terpénoïdes (notamment les monoterpènes, les sesquiterpènes ainsi que leurs dérivés oxygénés),
- le groupe des composés aromatiques dérivés du phénylpropane.

## a) Les terpénoïdes

### a-1 Généralités

Plus de 22.000 isoprénoïdes sont connus actuellement [15]. Cette grande famille de substances naturelles est caractérisée par un squelette carboné formé à partir d'assemblages réguliers de sous-unités isoprénoïdes. Ils répondent dans la majorité des cas à la formule générale  $(C_5H_8)_n$ . Suivant les valeurs de  $n$  on obtient les hémiterpènes ( $n=1$ ), les monoterpènes ( $n=2$ ), les sesquiterpènes ( $n=3$ ), les triterpènes ( $n=6$ ), les tétraterpènes ( $n=8$ ) et les polyterpènes.

Seuls les mono et sesquiterpènes acycliques, monocycliques ou polycycliques sont habituellement rencontrés dans les huiles essentielles car ils sont les seuls à posséder une volatilité suffisante pour atteindre les sites olfactifs de la paroi nasale.

Quelques structures de ces carbures terpéniques sont regroupées dans les figures 2 et 3.

Il est à souligner que la diversité des structures rencontrées s'explique par la haute réactivité des carbocations impliqués dans les processus biosynthétiques.

### a-2 Biosynthèse

D'une manière générale, la biosynthèse des terpènes suit trois étapes fondamentales [7]:

- Formation du précurseur acyclique,
- Cyclisation et formation des différents squelettes,
- Transformations secondaires.

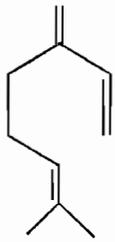
Les travaux magistraux de certains auteurs [16] ont permis de comprendre dès les années 50 comment les organes des végétaux synthétisent les isoprénoïdes.

Le squelette de base de l'unité isoprénique se forme à partir d'acétate activé sous forme d'acétylcoenzyme A. Trois condensations de Claisen successives à partir de ce thioester fournissent l'hydroxyméthylglutarylcoenzyme A qui est réduit à son tour en acide mévalonique. Trois phosphorylations suivies d'une décarboxylation conduisent du squelette en  $C_6$  du mévalonate à celui en  $C_5$  du pyrophosphate d'isopentényle (PPI) qui n'est rien d'autre que l'équivalent biologique de l'isoprène.

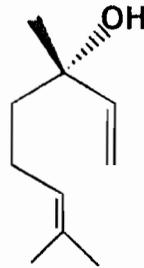
- l'étape initiale correspond à une condensation aldolique de l'acétylcoenzyme A sur l'acétoacétylcoenzyme A conduisant à la formation du (3S)-3-hydroxy-3-méthylglutaryl coenzyme A. Ce dernier serait ensuite réduit en acide (3R)-mévalonique (MVA).

- la deuxième étape débute par la conversion du MVA en pyrophosphate d'isopentényle (PPI) qui s'isomérisé selon un processus réversible en pyrophosphate de diméthylallyle (PPDMA), espèce plus réactive et susceptible d'alkyler divers sites nucléophiles.

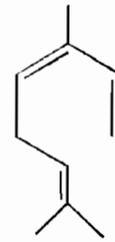
**Figure 2:** Structures de quelques monoterpènes rencontrés dans les huiles essentielles



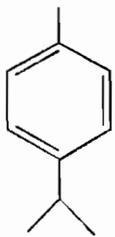
myrcène



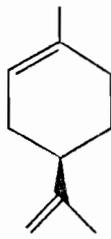
linalol



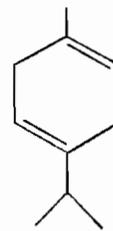
cis-β-ocimène



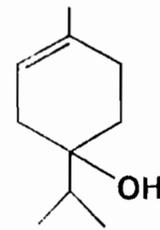
p-cymène



limonène



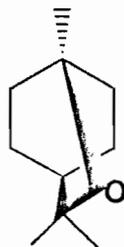
γ-terpinène



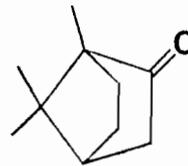
terpinèn-4-ol



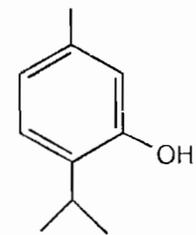
α-pinène



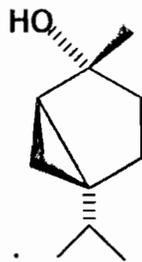
1,8-cinéole



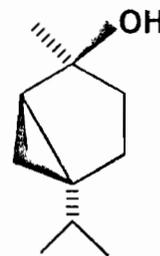
camphre



thymol

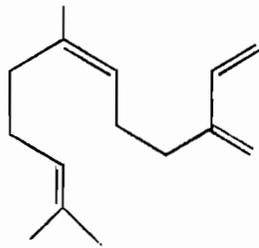


hydrate de sabinène (cis)

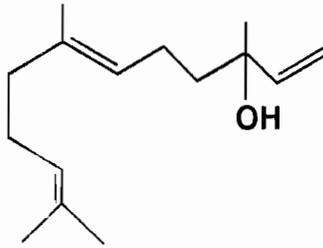


hydrate de sabinène (trans)

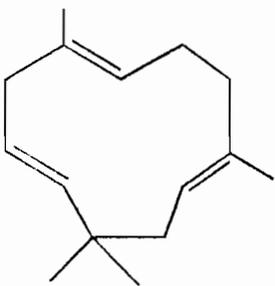
**Figure 3 :** Structures de quelques sesquiterpènes rencontrés dans les huiles essentielles



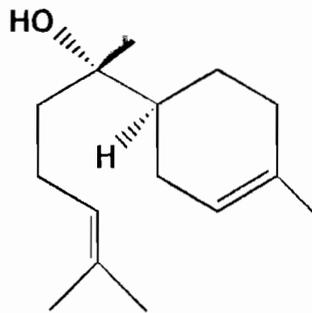
cis-β-farnésène



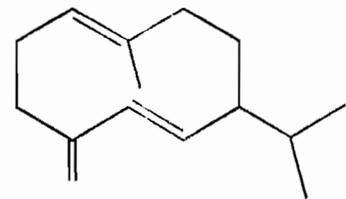
trans-nérolidol



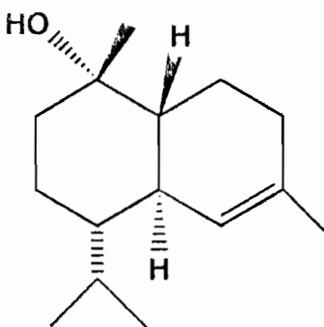
α-Humulène



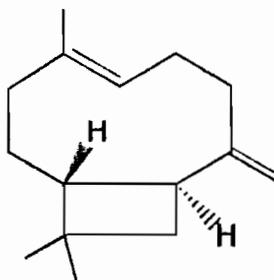
α-Bisabolol



Germacrène D



T-Cadinol



β-caryophyllène



trans-α-bergamotène

Elle s'achève avec la condensation Tête-à-Queue (TQ) des deux unités en C<sub>5</sub> : PPI et PPDMA et conduit à la formation du pyrophosphate de géranyle (PPG).

- la troisième étape regroupe les condensations TQ ou TT à partir du GPP et différentes autres isomérisations. (Fig.4).

De telles investigations ont été étendues par la suite à d'autres organismes comme la levure ou les végétaux, et à d'autres séries d'isoprénoïdes. Le schéma biogénétique précédent, impliquant le mévalonate comme précurseur, s'est trouvé dans l'ensemble confirmé.

Ce passage par l'acide mévalonique comme précurseur du PPI a été très récemment remis en cause par Rohmer d'une part [17], Bacher d'autre part [18] et leurs collaborateurs ; par la mesure du taux d'incorporation et de la localisation dans les métabolites secondaires de carbone marqué ils ont pu montrer que, au moins dans certains cas (menthe poivrée, algues vertes, certaines bactéries), les terpénoïdes formés n'ont pas pour précurseur l'acide 3R-mévalonique mais un précurseur provenant de la voie métabolique des glucides: le pyruvate, le glycéraldéhyde-3 phosphate et le désoxyxylulose (Fig.5).

Ces expériences demandent, bien sûr, à être confirmées mais, quel que soit le résultat des recherches futures, les travaux de Rohmer et Bacher ne remettent en cause que la nature du précurseur des unités isopréniques et non la biosynthèse des terpénoïdes par enchaînement TQ de ces unités isopréniques. Elles ne changent rien à l'existence de deux grandes voies de biosynthèse des produits aromatiques : la voie des terpénoïdes et la voie du phénylpropane.

### **b) La série aromatique**

Les composés de cette série sont en général moins fréquents que les dérivés terpéniques.

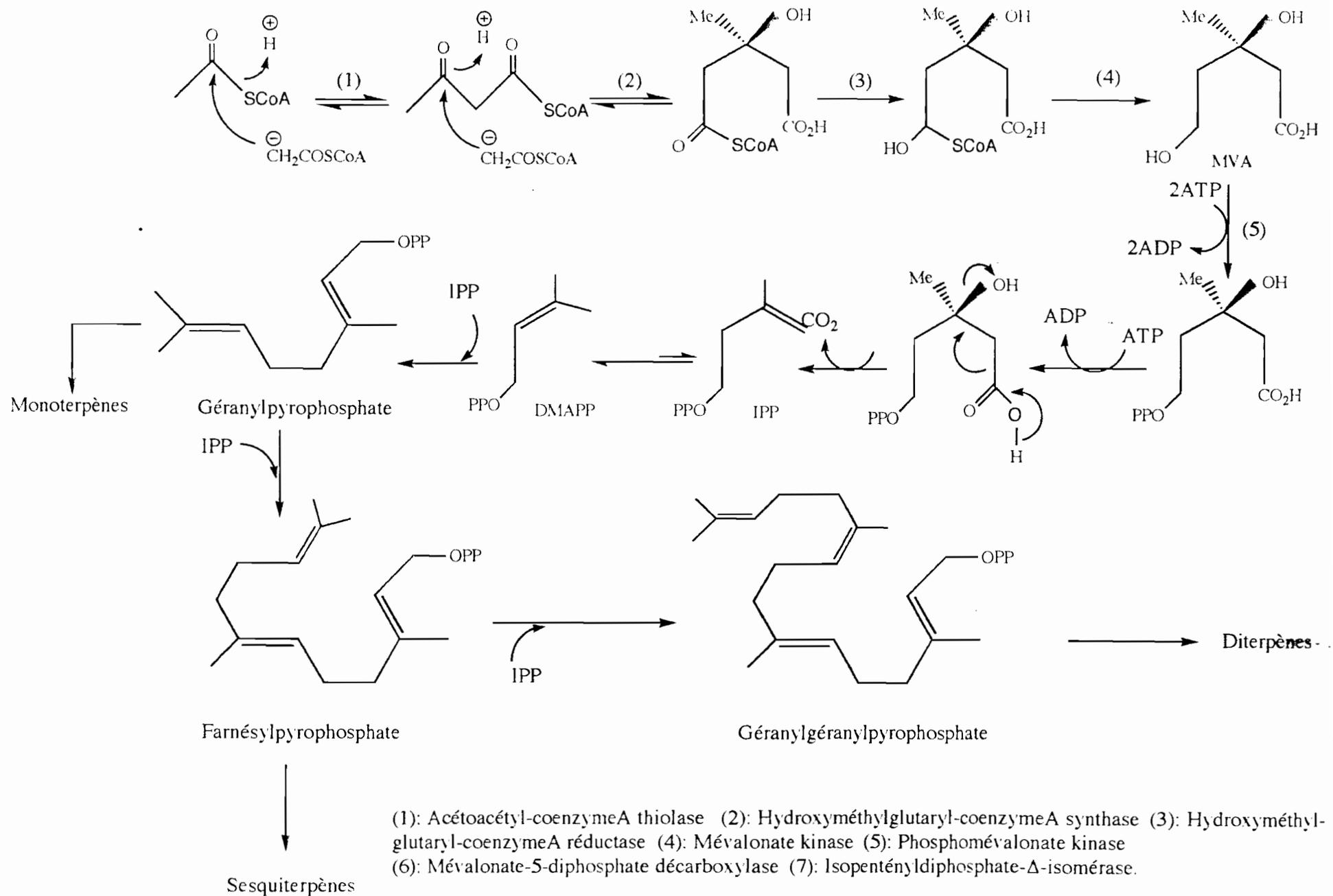
Biogénétiquement, ces arènes dériveraient du métabolisme de l'acide shikimique, une des voies d'aromagenèse conduisant aux acides aminés aromatiques, à la phénylalanine et à la tyrosine. Une désamination conduit ensuite aux acides cinnamiques et à leurs nombreux dérivés (acides benzoïques, phénols simples, coumarines, lignanes, lignines, etc.) (Fig.6).

Quelques structures de ces arènes sont données dans la figure 7.

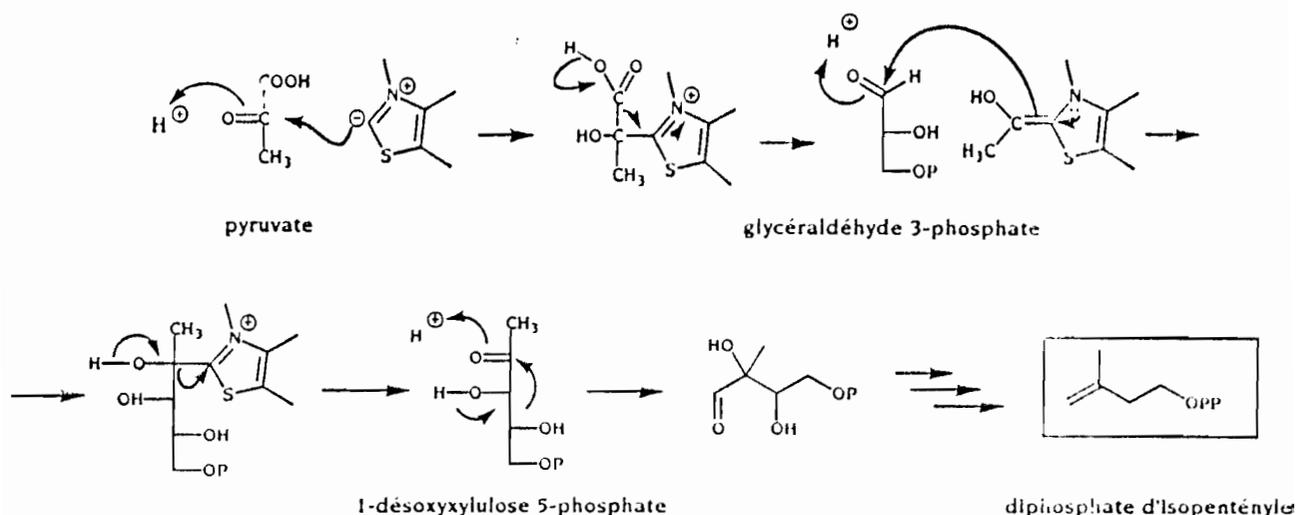
Ces composés aromatiques constituent un ensemble important car ils sont généralement responsables des caractères organoleptiques des huiles essentielles: par exemple, l'eugénol est responsable de l'odeur du clou de girofle, le cinnamate de méthyle et le méthylchavicol caractérisent certaines variétés d'*Ocimum basilicum*.

Figure 4: Biosynthèse des terpènes à partir de l'acide mévalonique

18



**Figure 5** : Nouvelle voie de synthèse des isoprénoïdes via le pyruvate et le glycéraldéhyde-3-phosphate



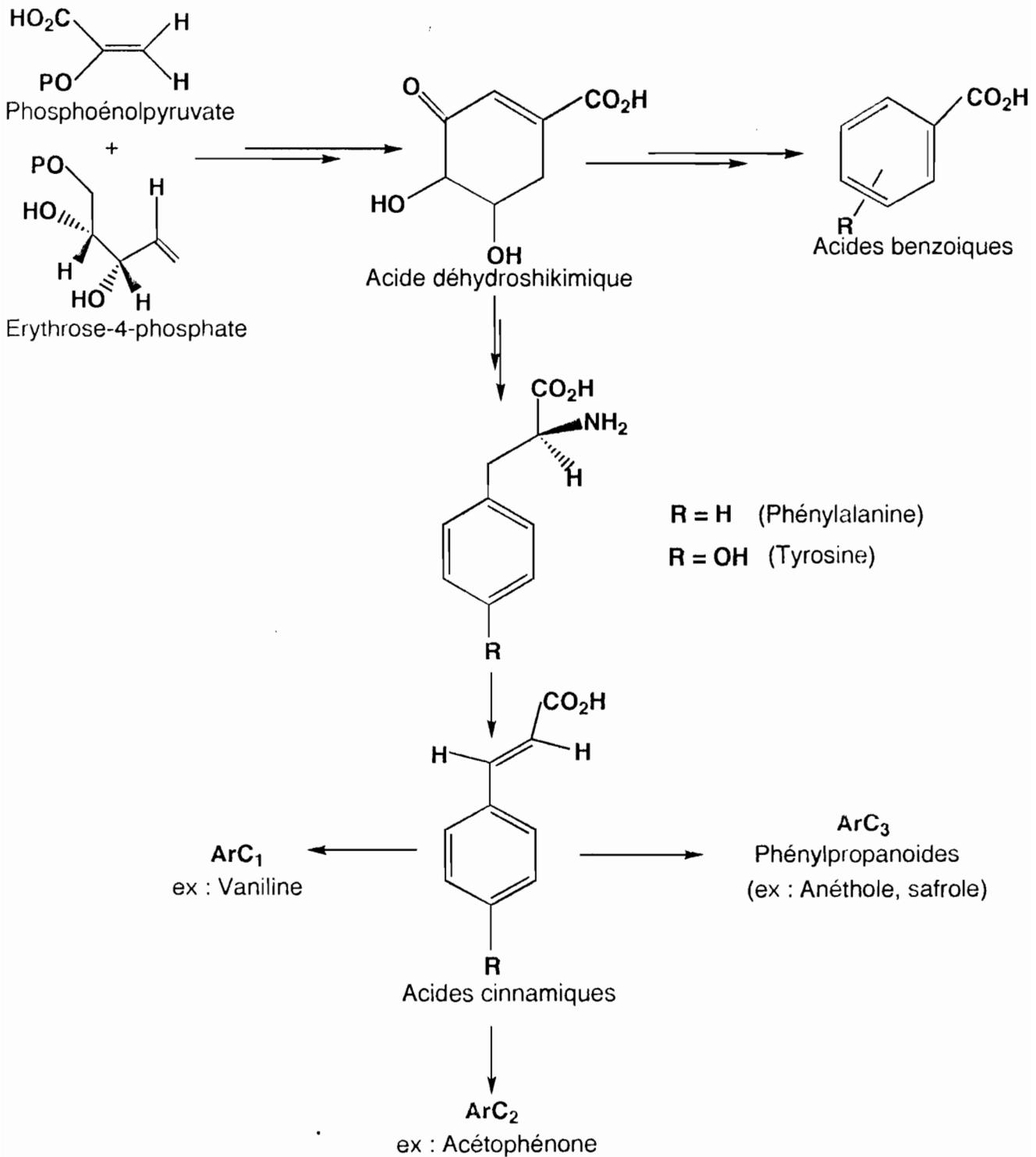
### e) Les composés d'origines diverses

Certaines huiles essentielles renferment de petites quantités de composés aliphatiques non terpéniques et généralement de poids moléculaires faibles; par exemple on peut citer: les alcools (le cis hex-3-énol dans l'huile essentielle de *Robinia pseudacacia*, l'octèn-3-ol dans l'essence de la lavande), les aldéhydes (l'octanal, le décanal dans les essences de citrus, le trans 2-hexénal, "aldéhyde de feuilles" présent dans la plupart des essences de végétaux etc...), les esters acycliques (présents principalement dans les arômes fruits), les lactones.

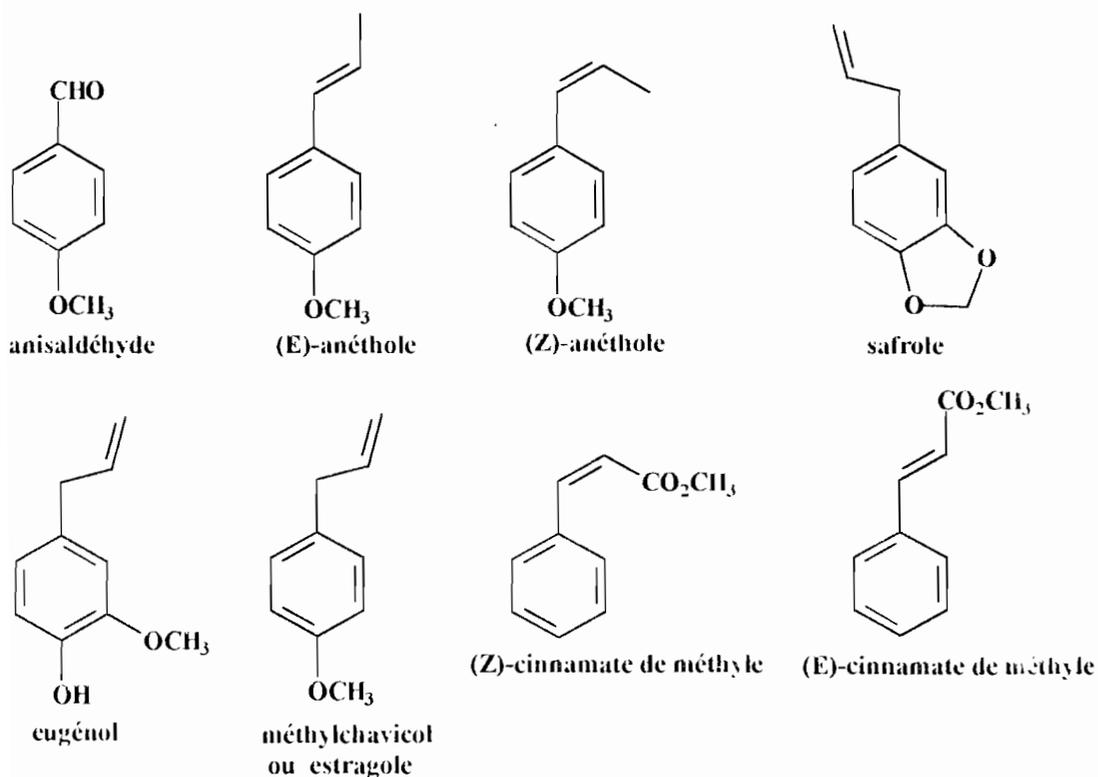
Il n'est pas aussi rare de trouver dans certaines concrètes, des produits de masse moléculaire plus importante tels que les coumarines, homologues supérieurs des phénylpropanes.

Parmi ces composés, ceux en C<sub>6</sub>, notamment: l'hexénal, le cis 3-hexénal, le trans 2-hexénal et le cis 3-hexénol seraient à l'origine des caractères odorants de certains fruits ou des feuilles vertes de certains végétaux [19]. Il en est de même des aldéhydes en C<sub>9</sub> et de leurs alcools correspondants qui eux seraient responsables des odeurs de certains fruits de la famille des Cucurbitacées (par exemple le 2,6-nonadiénol et le 2,6-nonadiénal principaux composés odorants de l'arôme de concombre) [20].

**Figure 6 : Biosynthèse des constituants volatils par la voie de l'acide shikimique**



**Figure 7 :** Structures de quelques arènes dérivés du phénylpropane.



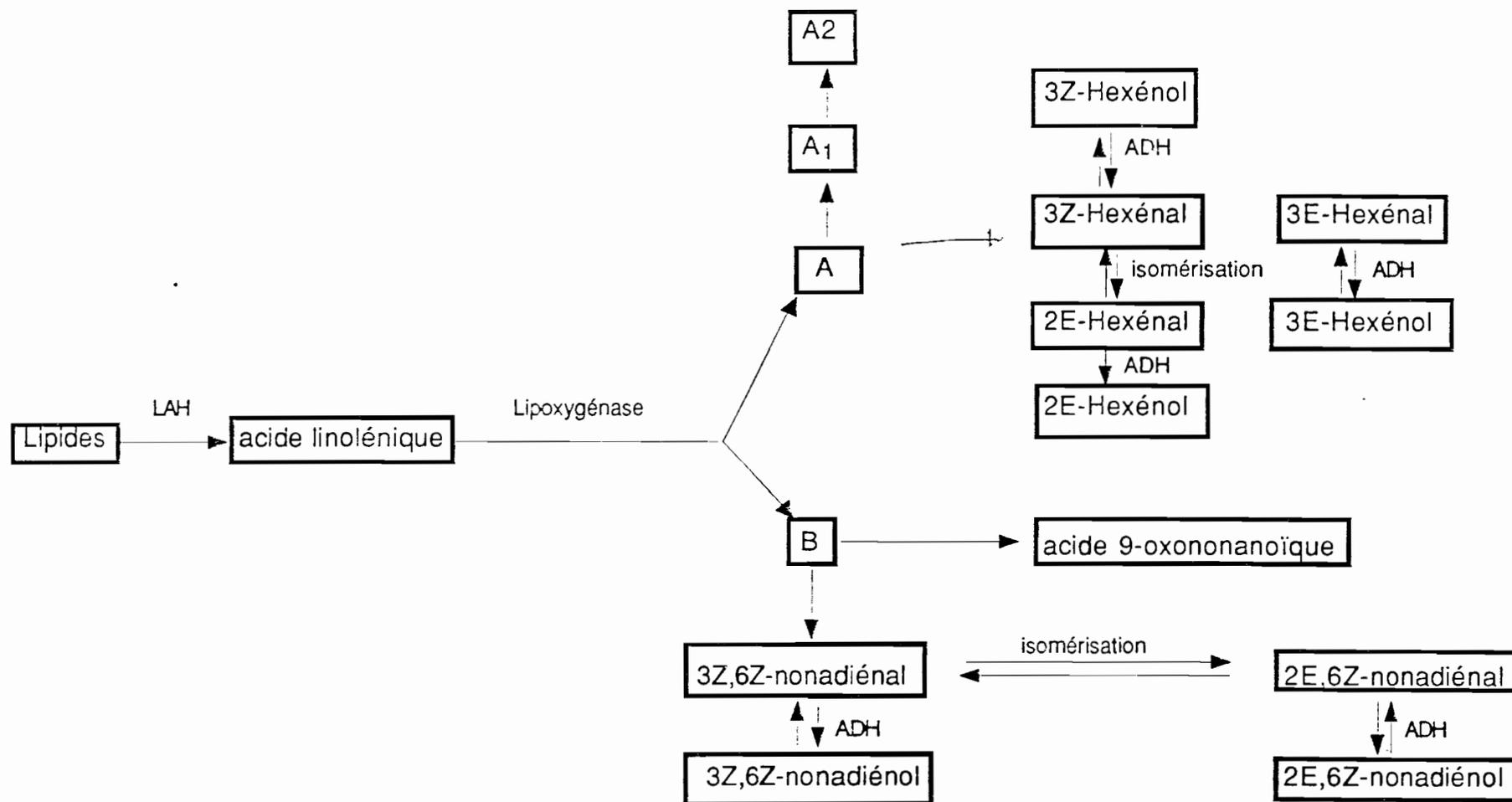
Biogénétiquement, ces composés dérivent des acides linoléïques et linoléniques [21], à travers un processus à cinq étapes fondamentales:

- hydrolyse acide des lipides,
- peroxydation des acides linoléïques,
- clivage des hydroperoxydes de ces acides gras,
- réduction des aldéhydes en alcools,
- isomérisation du cis 3-hexénal en trans 2-hexénal

Toutes ces étapes sont regroupées dans la figure 8.

Figure 8: Biosynthèse de quelques composés de structure linéaire trouvés dans les huiles essentielles

22



LAH = Lipolytic acyl Hydrolase  
 A<sub>1</sub> = Acide 12-oxododécèn-(9Z)-oïque  
 A<sub>2</sub> = Acide 12-oxododécèn-(10E)-oïque

ADH = Alcool déhydrogénase  
 A = Acide 13-hydroperoxyoctadéca-(9Z,11E, 15Z)-triénoïque  
 B = Acide 9-hydroperoxyoctadéca-(10E,12Z, 15Z)-triénoïque

## **VII : PROCÉDÉS D'OBTENTION ET D'ANALYSE DES HUILES ESSENTIELLES**

### **VII-1 Procédés d'obtention [7]**

#### **a) Entraînement à la vapeur d'eau**

C'est la méthode la plus utilisée pour l'extraction des huiles essentielles. Elle possède plusieurs variantes dont deux sont très fréquemment utilisées.

**a-1:** le matériel végétal est immergé dans l'eau et ce mélange est porté à l'ébullition. Les principes volatils sont ensuite entraînés et, après condensation du distillat, ils sont séparés par simple décantation.

Cette méthode, encore appelée hydrodistillation, présente l'avantage d'être simple, efficace et nécessite un appareillage peu coûteux. Cependant elle n'est pas sans inconvénients en ce sens qu'elle donne parfois une odeur de "bouilli" à l'huile essentielle, dûe à une éventuelle cuisson des plantes. Elle peut également donner naissance à des réactions secondaires (hydrolyse, isomérisation etc.)

**a-2 :** le matériel végétal est séparé de l'eau.

La plante, placée sur la grille perforée d'un alambic, au dessus de l'eau, est traversée par un courant de vapeur d'eau. Les huiles essentielles entraînées par la vapeur, peu solubles dans l'eau, sont alors séparées du distillat par décantation, après refroidissement de ce dernier. Cette méthode reste la plus utilisée des méthodes industrielles.

#### **b) Extraction par expression**

Il s'agit ici d'un procédé conduisant à l'obtention des essences d'agrumes (citron, orange, etc.) qui, facilement peroxydables, ne supporteraient pas une extraction à chaud.

Le principe est basé sur une scarification des péricarpes d'agrumes suivie d'une récupération manuelle ou mécanique du contenu des poches sécrétrices rompues.

Cette technique présente l'avantage d'être simple, pratique, peu onéreuse et conduit à l'obtention de substances sans modification chimique. Malheureusement son emploi est limité aux essences d'agrumes.

#### **c) Extraction par solvant**

Ce procédé conduit à l'obtention des concrètes, des résinoïdes et des absolues.

Le matériel est épuisé par un solvant organique volatil, qui sera ensuite éliminé par distillation sous pression réduite puis recyclé. On obtient en fin d'opération un mélange odorant de consistance pâteuse ou solide due à la présence des cires extraites par le solvant: c'est la concrète.

Le choix d'un solvant extractif est guidé par un ensemble de paramètres techniques, économiques et législatifs:

- \* le pouvoir solvant
- \* la température d'ébullition
- \* le pouvoir de pénétration des parois cellulaires
- \* la miscibilité avec l'eau
- \* la facilité de recyclage
- \* le prix de revient
- \* la sécurité de manipulation
- \* la toxicité
- \* la législation

Cette méthode est plus élaborée que l'entraînement à la vapeur d'eau et permet l'obtention d'un extrait bien représentatif des caractéristiques olfactives globales de la plante. Elle permet également d'éviter des réactions secondaires d'hydrolyse. Cependant elle présente l'inconvénient d'être plus onéreuse que l'entraînement à la vapeur d'eau compte tenu de l'investissement en matériels et en coût des solvants.

#### **d) Procédés utilisant les huiles et les graisses**

Ils sont basés sur la liposolubilité des huiles essentielles dans les corps gras. L'extraction se fait soit à froid (enfleurage), soit à chaud (digestion) et utilise les organes végétaux fragiles comme les fleurs aromatiques.

##### **d-1 L'enfleurage**

Dans cette technique, les végétaux, en général les fleurs, sont mis en contact avec un corps gras (axonge). Celui-ci se sature alors en principes odorants; il est ensuite épuisé par un solvant qui sera enfin chassé sous vide.

##### **d-2 La digestion**

Dans ce procédé, les végétaux sont immergés directement dans un corps gras fondu. L'essence absolue est alors obtenue par lavages répétés des phases grasses à l'alcool.

Malheureusement, cette méthode est très délicate, coûteuse et remplacée par l'extraction au solvant.

#### **e) Extraction par des gaz supercritiques [22]**

C'est un procédé récent donnant en général des extraits de qualité différente de tous ceux obtenus dans les autres procédés. C'est un cas particulier de l'extraction par solvant avec la différence qu'ici le solvant est un gaz liquéfié (butane, propane, gaz carbonique) qui est ensuite évaporé par simple décompression.

L'utilisation du CO<sub>2</sub> à l'état supercritique paraît être la plus utilisée. En effet le CO<sub>2</sub> présente les paramètres suivants:

- \* facilité de manipulation ( Tc=31°C, Pc=73,8 Bars),
- \* non toxique, ininflammable et sans odeur,
- \* bon marché et disponible avec une grande pureté.

#### **f) Extraction par micro-ondes [23]**

Cette méthode plus récente permet d'obtenir rapidement l'huile essentielle à l'aide d'une irradiation du matériel végétal par micro-ondes en absence ou en présence de solvant aqueux; cette irradiation peut être faite sous pression normale ou réduite (procédé HDMOV).

### **VII-2 Procédés d'analyse de la composition chimique des huiles essentielles**

#### **a) Analyse physico-chimique**

Elle permet d'obtenir des caractéristiques spécifiques de chaque huile essentielle et peut servir de critères de qualité entre producteurs et acheteurs par exemple.

On peut citer: la densité, l'indice de réfraction, le pouvoir rotatoire, le point de congélation, l'indice d'acide, d'ester et de carbonyle, la solubilité dans l'éthanol [6].

#### **b) Détermination des constituants de l'huile essentielle**

##### **b-1 La Chromatographie en Phase Gazeuse (CPG)**

La CPG sur colonnes capillaires est la méthode d'analyse qualitative et quantitative des huiles essentielles la plus utilisée à l'heure actuelle (Fig.9).

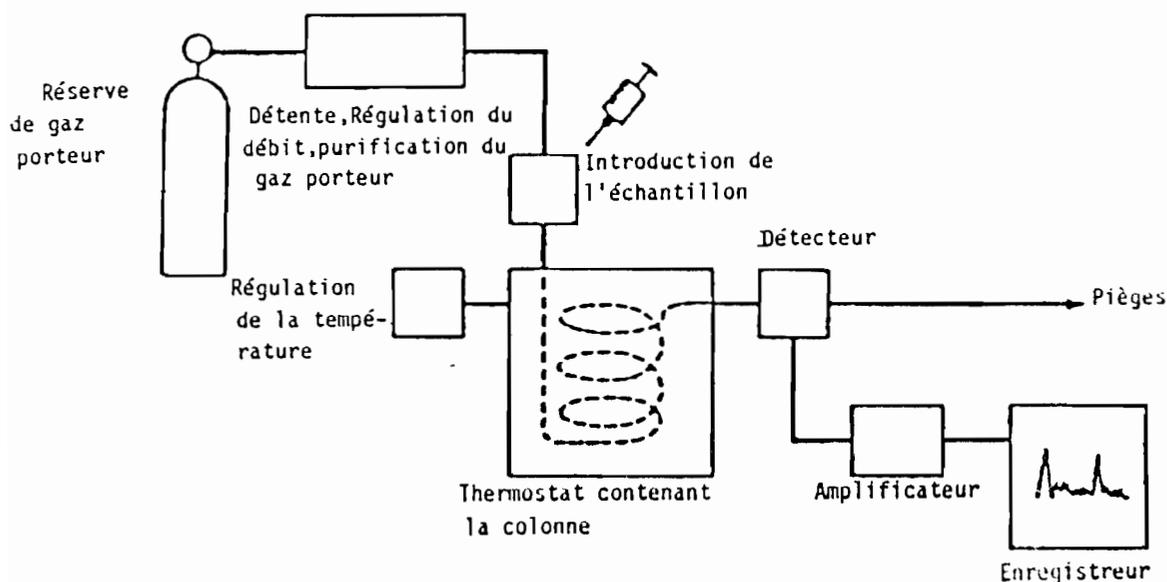
##### **Principe:**

Les différents constituants d'un mélange préalablement vaporisé au niveau de l'injecteur, sont élués dans la colonne (phase stationnaire) par un gaz vecteur (phase mobile) à des vitesses différentes selon leur volatilité et leur solubilité dans la phase stationnaire. Le détecteur transmet au système d'enregistrement un signal chaque fois qu'un produit arrive en sortie de colonne; ce signal est caractérisé par un temps de rétention et une aire .

## b-2 Le couplage CPG/SM

C'est un procédé d'analyse complémentaire au précédent. Il permet de caractériser chaque constituant d'une huile essentielle. On compare ensuite les spectres de masse obtenus avec ceux des composés de référence [24, 25, 26].

**Figure 9 :** Montage pour Chromatographie en Phase Gazeuse



### Principe:

Cette technique consiste à injecter une petite quantité, de l'ordre du microlitre, d'une solution à 2% d'huile essentielle dans un solvant dans une colonne chromatographique montée en série avec un spectromètre de masse, celui-ci faisant office de détecteur.

A la sortie de la colonne chromatographique, chaque composé passe directement dans la chambre d'ionisation du spectromètre, il est ensuite fragmenté sous l'action d'un faisceau électronique. Les fragments passent à travers un champ magnétique qui définit leur trajectoire en fonction de la masse; ceci permet la réception et l'analyse des différents fragments les uns après les autres sans balayage. Pour connaître la structure d'un composé, son spectre enregistré est comparé aux spectres de référence.

Cette méthode d'analyse qui part d'infimes quantités de substances permet de connaître, dans la plupart des cas, la masse moléculaire exacte de chaque constituant et fournit une information complémentaire sur la structure des différents composés à partir des fragments observés. Elle présente toutefois l'inconvénient de fournir parfois à deux composés différents, des spectres de masse identiques : c'est le cas par exemple des isomères du menthol et ceux du farnésol. Ceci peut s'expliquer par une éventuelle réaction de transposition de squelette dans la chambre d'ionisation. Signalons, par exemple, le cas du germacrène B qui se transforme en  $\beta$ -cubébène sous l'action de

l'ionisation électronique par réaction sigmatropique dès la première étape de la fragmentation. Ces composés présenteront par conséquent des spectres de masse identiques [26].

### **b-3 Identification par les indices de rétention**

L'indice de rétention est un paramètre caractéristique de chaque constituant d'une huile essentielle.

Pour un composé donné, cet indice varie avec le caractère polaire ou apolaire de la colonne: en effet les valeurs de ces indices sont plus élevées sur une colonne polaire que sur une colonne apolaire parce que les composés sont plus retenus sur la colonne polaire.

Ces indices sont calculés après co-injection de l'huile essentielle avec un mélange d'alcane linéaires sur l'une et/ou l'autre colonne.

Pour une analyse en programmation de température, l'indice de rétention linéaire ou indice de Kovats (IK) est donné par la formule suivante:

$$IK = 100 n + 100[(TR(X) - TR(C_n)) / (TR(C_{n+1}) - TR(C_n))] , \text{ avec}$$

TR(X): Temps de rétention du composé inconnu,

TR(C<sub>n</sub>): " " de l'alcane à n atomes de carbone,

TR(C<sub>n+1</sub>): " " " " à n+1 atomes de carbone

X: composé inconnu élué entre C<sub>n</sub> et C<sub>n+1</sub>

Ces indices expérimentaux sont ensuite comparés à ceux de la littérature [27] ainsi qu'à ceux de la banque de données du laboratoire.

Seules ces deux techniques que nous venons de décrire brièvement ont été utilisées pour l'analyse de tous nos échantillons d'huiles.

### **b-4 Identification par enrichissement**

Elle consiste à injecter une huile essentielle dans laquelle on a introduit un composé de référence, sur une colonne chromatographique et à comparer le chromatogramme obtenu avec celui de l'huile essentielle pure.

La présence du composé recherché se traduit par une augmentation de l'aire du pic correspondant sur le chromatogramme du mélange. Dans le cas contraire, on observe un épaulement ou un pic distinct lorsque le produit de référence ne se trouve pas dans l'huile.

Néanmoins sur une colonne donnée, deux composés peuvent avoir le même temps de rétention; ce qui nécessite de réaliser l'analyse sur deux colonnes différentes.

#### b-5 Identification d'un constituant par la mise en œuvre de la chromatographie liquide-solide sur gel de silice

Lorsque les techniques précédentes ne permettent pas l'identification d'un constituant de l'huile essentielle, on peut être amené à l'isoler par chromatographie liquide-solide. L'identification est réalisée par la mise en œuvre d'autres techniques d'analyse telles que la Résonance Magnétique Nucléaire (RMN), l'Infra-Rouge (IR).

### VIII : PROPRIÉTÉS PHARMACOLOGIQUES DES HUILES ESSENTIELLES

Les huiles essentielles présentent un vaste éventail de propriétés biologiques. Mais nous ne développerons, très brièvement, que quelques unes qui nous paraissent fondamentales.

#### \* Pouvoir antiseptique [7]

Il s'exerce vis à vis de bactéries pathogènes variées, voire certaines souches antibiorésistantes. Certaines huiles essentielles sont également actives sur des champignons inférieurs responsables des mycoses et aussi sur des levures (*Candida*): il s'agit des huiles essentielles de cannelle, thym, girofle, lavande, eucalyptus, (espèces les plus antiseptiques).

#### \* Propriétés irritantes

Les huiles essentielles, administrées par voie interne déclenchent des phénomènes d'irritation à différents niveaux. Elles peuvent également engendrer une vasodilatation rénale causée par leur effet diurétique. C'est le cas par exemple des huiles essentielles d'eucalyptus, de niaouli, de pin, qui stimulent les cellules à mucus et augmentent les mouvements de l'épithélium cilié au niveau de l'arbre bronchique [7].

On connaît de nos jours de nombreux produits à base d'huiles essentielles (pommades, crèmes, gels ...) destinés à soulager les entorses, les courbatures ou autres algies articulaires ou musculaires.

#### \* Propriétés spasmolytiques, sédatives

Certaines huiles essentielles sont réputées efficaces pour calmer ou supprimer les spasmes gastro-intestinaux en intensifiant la sécrétion gastrique; ceci peut conduire à l'amélioration de certaines insomnies ou de troubles psycho-somatiques divers: il s'agit notamment des huiles essentielles à anéthole, celles de beaucoup d'ombellifères, de menthe ou de verveine [7].

## IX : TOXICITÉ DES HUILES ESSENTIELLES [7]

Il s'agit ici d'un aspect très important dans l'utilisation des huiles essentielles pour des pratiques telles que l'aromathérapie. Malheureusement ces huiles sont accessibles au public "naïf"; ce qui conduit à une utilisation parfois abusive ou à une automédication parfois très dangereuse.

Même si les données sur la toxicité chronique des huiles essentielles sont encore embryonnaires, il n'est pas inutile de signaler que l'utilisation abusive de ces huiles présente un certain nombre de risques, dont les plus connus sont:

- les crises épileptiformes et tétaniformes provoquées par les huiles à thujone,
- les convulsions (pour les huiles à anéthole ), hémorragies utérines, hématuries,

## X : UTILISATIONS DES HUILES ESSENTIELLES

Les huiles essentielles, par leurs propriétés nombreuses et variées, sont utilisées dans différents secteurs industriels:

### \* Pharmacie

Elles sont utilisées généralement pour aromatiser des spécialités. Il en est de même de leurs isolats. Elles peuvent également être utilisées, du fait de leur volatilité, pour la désinfection des locaux. Leur pouvoir antimicrobien peut dans certains cas justifier leur utilisation en aromathérapie.

Exemple: les huiles riches en 1,8-cinéole (>70%) et ne comportant que des traces de phellandrène sont incorporées dans les inhalants, les embrocations et les savons; elles sont également utilisées comme antiseptiques [28,29].

### \* Industries alimentaires

Aussi bien les plantes aromatiques que leurs huiles essentielles sont utilisées dans la conservation des denrées alimentaires . Elles y sont ajoutées pour rehausser le goût ou empêcher le développement des contaminants alimentaires [30,31].

Exemples: le poivre, le gingembre, la cardamome, les *Ocimum basilicum*, *canum* , *gratissimum* etc...

### \* Parfumerie et Cosmétologie

Un grand nombre d'huiles essentielles est utilisé dans l'élaboration des parfums et produits de toilettes. Ces huiles préservent les produits cosmétiques par leur activité antiseptique tout en leur assurant leur odeur agréable [32].

Certains isolats de ces huiles peuvent faire l'objet de transformation chimique aboutissant à la création de nouvelles odeurs. Ainsi l'eugénoïl extrait de l'huile

essentielle de girofle permet, par isomérisation, d'obtenir l'isocugénol caractérisé par son odeur "oeillet" très appréciée [33].

C'est aussi le cas du citronellal, présent dans l'essence d'*Eucalyptus citriodora* à plus de 70%, et qui est utilisé dans les industries de la parfumerie pour la synthèse du citronellol et surtout de l'hydroxycitronellal [34].

**\* Autres:**

Les huiles essentielles sont aussi utilisées dans de nombreuses autres industries surtout chimiques pour séparer les sulfures métalliques (processus de flottation). Leurs isolats peuvent également servir de matières premières de base dans la synthèse de principes actifs thérapeutiques, de vitamines, d'intermédiaires [7].

## **CHAPITRE 2**

### **LE GENRE *OCIMUM***

## I GÉNÉRALITÉS

Le genre *Ocimum* appartient à la famille des LAMIACÉES (ou LABIÉES), à l'ordre des Lamiales, à la classe des Dicotylédones et à la sous classe des Gamosépales.

Il s'agit du genre le plus important de cette famille, avec plus de deux cents espèces, variétés ou formes répandues dans toutes les régions tempérées et chaudes du globe, notamment au niveau des forêts tropicales du continent Africain [35, 36, 37].

Ces nombreuses espèces et variétés aromatiques ont un intérêt économique non négligeable, mais ne sont que partiellement exploitées comme plantes aromatiques, ornementales ou médicinales.

L'existence d'importants problèmes de systématique et de nomenclature, notamment le haut degré de polymorphisme et la multiplicité des types chimiques, rend la classification de ces espèces et variétés très difficile.

Une première classification réalisée par Briquet [38] distingue trois groupes:

- Le premier renferme les plantes herbacées organisées en buissons telles que:

*O. basilicum* L., *O. canum* Sims, *O. kilimandscharicum* Guerke.

- Le deuxième contient les plantes organisées en sous arbrisseaux telles que:

*O. gratissimum* L., *O. suave* Willd.

- Le dernier est constitué de deux espèces: *O. lamiifolium* Hochst et *O. sanctum* L.

Ces différents problèmes justifient la diversité d'études relatives à ces espèces pour des finalités aussi variées que sont :

- \* la mise en évidence des chémotypes,
- \* l'optimisation du rendement en huile essentielle
- \* les activités biologiques,
- \* les mises au point bibliographiques, etc...

Seules les trois espèces rencontrées dans la flore béninoise vont être développées dans les lignes suivantes.

## II OCIMUM BASILICUM L. (Planche 1)

### II-1 Noms et Synonymes [39]

\* **Noms usuels** : basilic, herbe royale.

\* **Noms vernaculaires**:

- Nagot/ Yoruba: Gbagbo Tchiyin - Ewé Obè

- Fon /Goun: Akohoun - Hissi hissi

- Mina: Koklodamè



**Planche 1** : *Ocimum basilicum*.L en période de floraison  
Récolte Kansoukpa juillet 1997

\* Synonymes: *O. dichotomum* Hochst. ex Benth, *O. lanceolatum* Schum. et Thonn.

## II-2 Ecologie [2]

*O. basilicum*, originaire de l'Asie tropicale est actuellement répandu dans toutes les régions tropicales et tempérées. Généralement cultivé dans les jardins, il pousse de manière spontanée autour des habitations.

## II-3 Botanique [2]

Il s'agit d'une plante annuelle, parfois vivace, pouvant atteindre 40 à 50 cm de haut. Elle présente des feuilles simples, opposées, ovales ou obovales, cunées à la base, acuminées au sommet et faiblement dentées dans la partie supérieure.

Le limbe est elliptique et sa surface ponctuée de petites glandes vertes avec 4 à 6 nervures latérales parfois recouvertes de poils,

Les tiges sont quadrangulaires,

Les inflorescences sont en forme d'épis.

## II-4 Emplois

Ils sont variés et peuvent être différents d'une région à l'autre suivant les pratiques culturelles. Les différents usages varient également en fonction de l'organe végétal :

### \* la plante entière

Au Sénégal comme au Cameroun, elle est utilisée en infusion pour ses propriétés stimulantes, antispasmodiques, stomachiques et carminatives [40-42].

En Amérique du Sud, son jus est réputé comme vermifuge [43].

En Tunisie, elle est utilisée comme aphrodisiaque et entre également dans le traitement des maux de tête et de la stérilité chez la femme [44].

### \* les feuilles

Elles sont utilisées principalement dans l'aromatisation des préparations culinaires, du vinaigre et des boissons. On leur reconnaît également des vertus curatives: en macération dans un peu d'eau elles passent pour guérir les otites, en infusion elles entrent dans le traitement des céphalgies et des pyrexies. Le jus est quant à lui utilisé pour expulser les larves de *Lucida* parasitant les fosses nasales de l'homme ou bien dans le traitement des affections oculaires [43,45].

### \* les sommités fleuries

En décoction, elles entrent dans le traitement des douleurs rhumatismales.

\* **les racines:** Elles sont surtout utilisées contre les maladies de la peau.

Outre l'usage largement répandu des différentes parties de la plante, l'huile essentielle de basilic peut être utilisée dans les industries agroalimentaires (type à méthylchavicol) et la parfumerie, notamment dans les compositions parfumantes haut de gamme, (type «Européen»); en aromathérapie ses propriétés toniques, stimulantes et antispasmodiques la font utiliser dans le traitement de l'asthénie, de l'anxiété, des spasmes d'estomac et des céphalées et migraines.

### III OCIMUM CANUM SIMS (Planche 2)

#### III-1 Noms [39]

- \* **Vulgaire:** basilic blanc
- \* **Vernaculaires:**
  - Nagot /Yoruba: Ofin; Efirin-Wèwè
  - Fon /Goun: Kessou Kessou; Hatchiayo
  - Mina: Ahamè
  - Bariba: Anonon; Nyaka

#### III-2 Écologie

Comme tous les *Ocimum*, *O. canum* est originaire d'Asie du Sud-Est. Son implantation en Afrique Subsaharienne est très ancienne. Elle s'est acclimatée spontanément dans les régions de savane et pousse à l'état sauvage le long des chemins, dans les friches et près des habitations où elle fait parfois l'objet de culture familiale.

#### III-3 Description botanique [2]

C'est une plante généralement annuelle, très parfumée, qui quelquefois peut repartir de sa base lignée après un cycle végétatif. Sensiblement plus petite que *O. basilicum*; sa taille moyenne est de 30 à 40 cm, bien que des pieds atteignant 1 m de haut aient été signalés au Sénégal.

Sa tige est quadrangulaire, pubescente, ramifiée dès la base ; ses feuilles ont des pétioles de 5-15 mm et des limbes de 2x6 mm, oblongs, lancéolés, cunés aux deux extrémités. Elles sont entières ou légèrement denticulées et ponctuées de glandes à la face inférieure.

Les fleurs blanches, sont groupées en épis terminaux de 10 à 20 cm de long et disposées en verticille autour de l'axe de l'épi. Les pédoncules des fleurs et les calices sont pubescents.

Planche 2 : *Ocimum canum*. Sims Pleine floraison Plantation de Niaouli août 1997



#### III-4 Les synonymes

Une grande confusion règne dans la littérature quant à l'appellation même de cette espèce.

La plupart des auteurs en font une espèce à part entière dans le genre *Ocimum*, mais certains en font un synonyme de *O. americanum* alors que d'autres la considèrent comme une variété du basilic et la nomment par conséquent *O. basilicum* var. *canum*.

Il n'est pas de notre compétence de chimiste d'intervenir dans une querelle de botanistes. En nous appuyant derrière l'avis autorisé de Pasquier [37], nous avons considéré que *O. canum* était une espèce différente de *O. americanum* et n'avons retenu parmi les travaux antérieurs que ceux qui portaient nommément sur *O. canum*.

#### III-5 Usages

Les propriétés condimentaires de *O. canum* sont connues et appréciées de la plupart des populations africaines; ainsi, il entre dans l'aromatisation de nombreux plats de la cuisine traditionnelle. Ses vertus thérapeutiques ne sont pas moins évidentes; il est utilisé en médecine traditionnelle dans de nombreux pays pour traiter les affections les plus diverses; par exemple:

- au Bénin, le décocté aqueux de la plante est bu pour combattre les vomissements, les coliques et les diarrhées, tandis le suc des feuilles est instillé dans les yeux pour le traitement des affections oculaires [2].

- au Togo, le marc du décocté aqueux des feuilles est utilisé en massage contre les arthroses [47].

- au Nigéria comme au Rwanda, la plante combattrait les états fébriles, les maux de tête et la conjonctivite [48].

- au Sénégal, ce sont les courbatures, la migraine, l'asthénie, les oreillons et les gingivites que l'on traite par *O. canum* [41].

On pourrait allonger la liste des affections traitées par *O. canum*; mais parmi ces emplois très divers la plante est surtout unanimement appréciée pour le traitement des céphalées et des affections oculaires et intestinales.

## IV OCIMUM GRATISSIMUM L. (Planche 3)

### IV-1 Noms [38]

- \* Vulgaires: Grand basilic, Plante moustique
- \* Vernaculaires:
  - Nagot /Yoruba: Simomba, Efirin n'la
  - Fon /Goun: Tchiayo
  - Mina : Essourou Zogbéli
  - Dendi: N'mar n'marsa

### IV-2 Ecologie

Originnaire comme tous les *Ocimum*, d'Asie du Sud-Est, *O. gratissimum* est acuellement une espèce pantropicale répandue sur tous les continents. Parfaitement acclimatée dans les zones de savane africaine, elle pousse spontanément sur les terrains pauvres, le long des chemins et autour des habitations.

### IV-3 Description botanique

C'est un arbrisseau pérenne et odoriférant pouvant atteindre 2m de haut, très ramifié dès la base. Les tiges sont quadrangulaires, les feuilles sont opposées, ovales et à marge dentée. Les fleurs sont blanches, groupées en épi de 10 à 20 cm de long et disposées en verticilles de 4 à 6 autour de l'axe de l'épi. Le fruit est une capsule.

### IV-4 Synonyme

La nomenclature botanique ne semble pas poser de problèmes: l'espèce ne possède pas les variétés ou cultivars d'*O. basilicum* et elle n'a été donnée comme synonyme de *O. viride* que par de rares auteurs [49,50]; cette synonymie ne paraît pas avoir perduré.

### IV-5 Usages

Très répandue dans les pays africains, elle est couramment vendue sur les marchés pour ses propriétés condimentaires et médicinales.

Ses vertus thérapeutiques sont universellement reconnues. Comme le spectre des affections qu'elle permet de traiter est extrêmement large et varie suivant les pays, nous ne mentionnerons ici que son usage dans les pays africains.



Planche 3 : *Ocimum gratissimum*.L avant floraison  
plantation de Niaouli, mois d'août 1997

- Au Cameroun, les infusions de *O. gratissimum* seraient toniques et pectorales; de plus, le suc des feuilles soulagerait les maux de tête, les vertiges, le rhume et la toux [51].

- Au Congo, les feuilles triturées sont souveraines contre les algies dentaires; tandis que le décocté aqueux traite le diabète et la constipation; quant aux vapeurs dégagées par immersion de la plante dans l'eau, elles sont dotées de propriétés antipyrétiques [52].

- En Côte d'Ivoire, ce sont les ophtalmies, les otites et les dermatoses que l'on soigne avec diverses préparations de la plante [53].

- Au Nigéria, Oliver [54] la prescrit dans le traitement des diarrhées alors que Sofowora [55] l'indique pour les affections respiratoires et comme anthelminthique. Cette même vertu lui est reconnue au Rwanda.

- Au Togo comme au Bénin, l'infusion de la plante est antitussive; le suc des feuilles fraîches est antidiarrhéique et antidysentérique; la macération aqueuse de la plante entre dans le traitement des hématuries et des uréthrites purulentes [2, 47].

De ses emplois extrêmement divers, *O. gratissimum*, sous l'une ou l'autre des différentes formes galéniques est active:

- \* contre les affections des voies respiratoires,
- \* comme antidiarrhéique,
- \* contre les algies dentaires.

Enfin, comme son nom courant l'indique, l'odeur qu'elle dégage est censée éloigner les moustiques des habitations.

## CHAPITRE 3

### MATÉRIEL ET MÉTHODES

## SECTION I LE BÉNIN; PRÉSENTATION GÉNÉRALE [56]

La République du Bénin est un Pays de l'Afrique au Sud du Sahara, entièrement situé dans la Zone Intertropicale (ZIT), entre 6°30' et 12°30' Latitude Nord et entre 1° et 3°40' Longitude Est. Il est limité au Sud par l'Océan Atlantique, au Nord par le Niger et le Burkina Faso, à l'Est par le Nigéria et à l'Ouest par le Togo.

Il couvre une superficie de 112.622 km<sup>2</sup> avec une population d'environ 5.000.000 d'habitants.

### I-1 Relief (Planche 4)

Le Bénin fait partie de la vieille surface d'aplanissement Ouest Africain. Il présente dans son ensemble, un relief peu accidenté dont les unités principales sont:

- les plaines côtières, basses (10 m environ d'altitude) au Sud et les plaines sédimentaires (constituées d'argile limoneuse et de dépôt d'alluvions) au Nord.

- les plateaux dont l'altitude varie entre 20 et 200 m constitués de terre de barre, dans le bas-Bénin, et les plateaux de grès de Kandi (Nord) d'altitude moyenne de l'ordre de 250 m.

- la pénéplaine (surface plane portant des reliefs résiduels) avec une altitude moyenne variant entre 200 et 300 m. On peut citer : les collines de Bembèrèkè, Nikki, etc...

- la chaîne de l'Atacora localisée au Nord-Ouest forme deux bourrelets parallèles séparés par une dépression (600 à 700 m d'altitude environ).

### I-2 Climats - Sols - Végétation (Planches 5 et 6)

Plusieurs facteurs conditionnent les climats du Bénin, on peut citer:

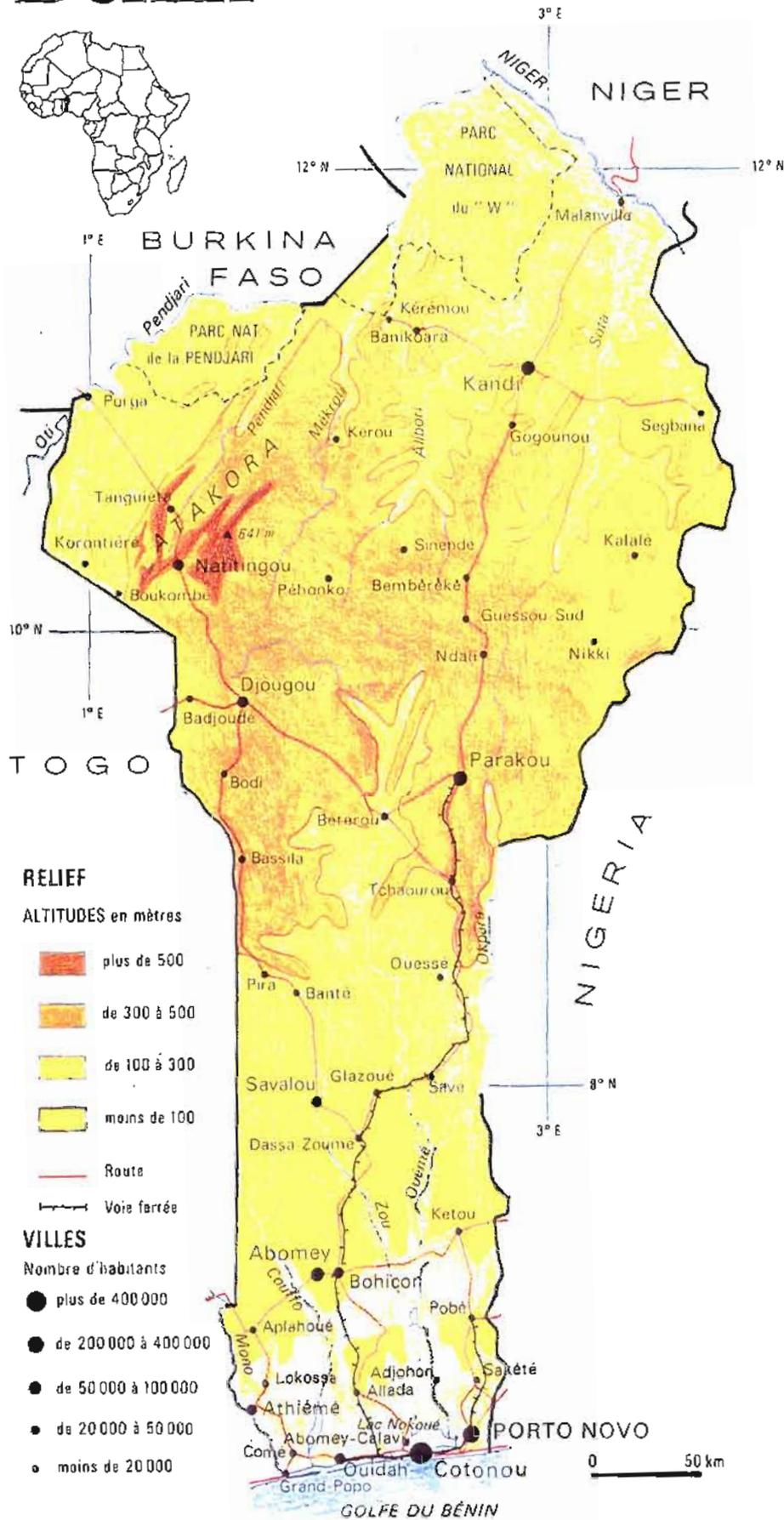
- la situation en latitude du pays qui le place dans la ZIT, domaine des climats chauds et humides,

- la présence de l'Océan Atlantique et de l'anticyclone de Sainte Hélène, qui favorise la mousson ou alizé maritime, soufflant d'Avril à Novembre au Sud et de Juin à Octobre au Nord,

- les effets de l'alizé continental ou harmattan venant du Sahara et soufflant de Décembre à Février au Sud et de Novembre à Mars au Nord,

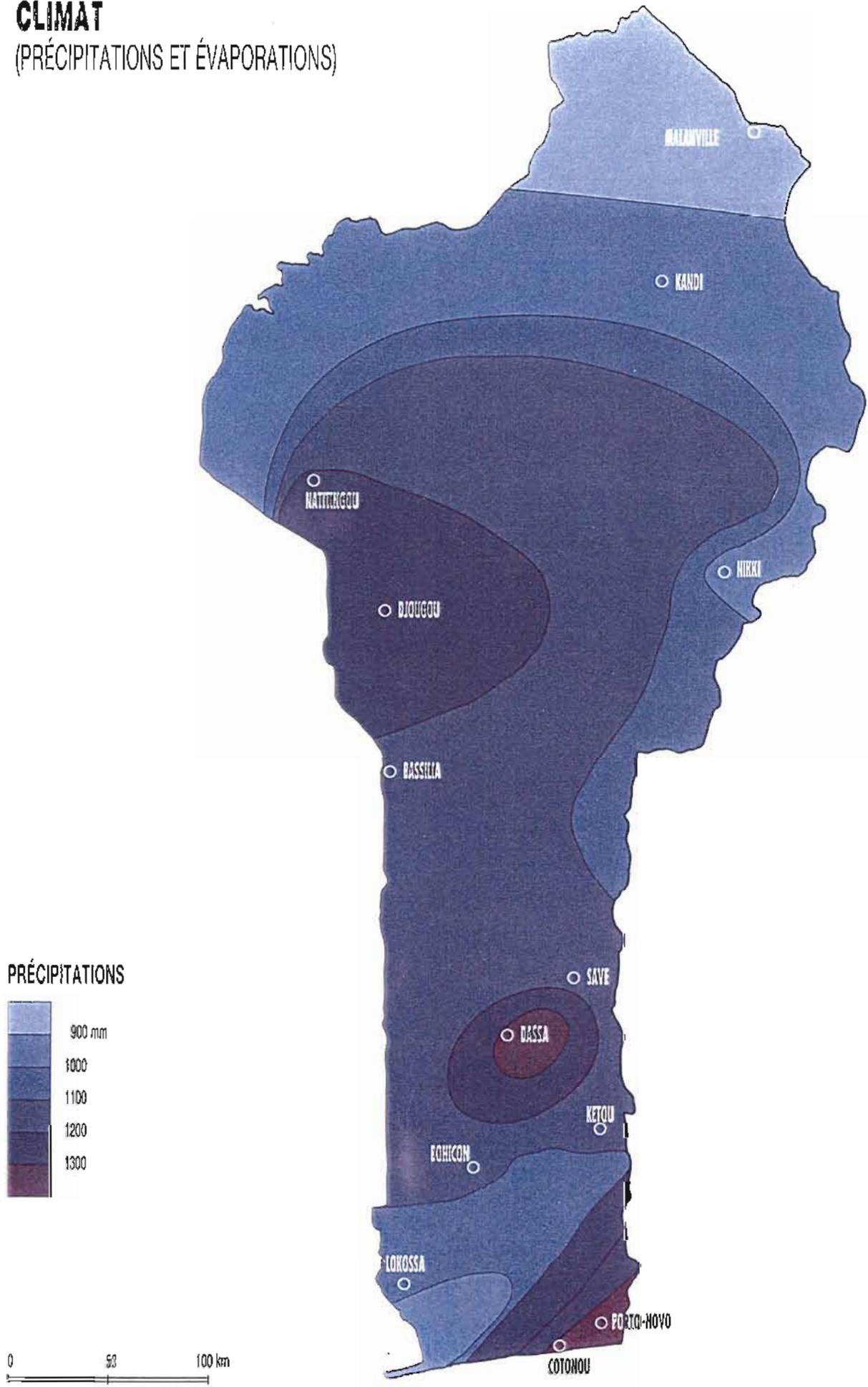
- les effets du Front Intertropical (FIT) provenant de la convergence de ces deux alizés.

# Bénin



# CLIMAT

(PRÉCIPITATIONS ET ÉVAPORATIONS)



- l'orientation de la côte qui est parallèle aux vents maritimes,
- la présence de la chaîne de l'Atacora qui crée un climat d'altitude au Nord-Ouest.

Tous ces facteurs permettent de constater plusieurs nuances climatiques au Bénin avec des types de sols et de végétation appropriés; ceci crée ainsi une interdépendance entre les climats, les sols et la végétation, conduisant à la division de l'ensemble du pays en trois blocs principaux:

le domaine subéquatorial ou béninien, le domaine tropical et le domaine atacorien.

### **I-2-1 Le domaine béninien**

Il s'étend de la côte à la latitude de Savè.

Les températures varient entre 24 et 32 °C.

L'amplitude thermique est faible (5°C) et on observe quatre saisons:

- une grande saison pluvieuse d'Avril à Juillet
- une petite saison sèche d'Août à début Septembre
- une petite saison pluvieuse de mi-Septembre à Novembre
- une grande saison sèche de Décembre à Mars.

La pluviométrie moyenne annuelle varie entre 900 et 1300 mm.

Plusieurs types de sols caractérisent ce domaine:

\* les sols halomorphes existant sur le long du littoral et sur lesquels se développe la mangrove.

\* les sols ferrallitiques portant une végétation naturelle de forêt décidue à feuilles caduques, de savane arborée et arbustive.

\* les vertisols et les sols hydromorphes des vallées et dépressions, portant une végétation dégradée; on y trouve également des plantations développées pour des fins économiques; on peut citer: les palmiers à huile, les cocotiers, les tecks, les filaos.

### **I-2-2 Le domaine tropical**

Il s'étend au delà de Savè et connaît un climat à deux nuances: le sud-tropical et le nord-tropical.

#### **- le sud-tropical**

Il se situe dans la région comprise entre Savè et Bembèrèkè.

Les températures sont élevées (30-34 °C), avec une amplitude thermique plus élevée que celle du domaine précédent (10 °C).

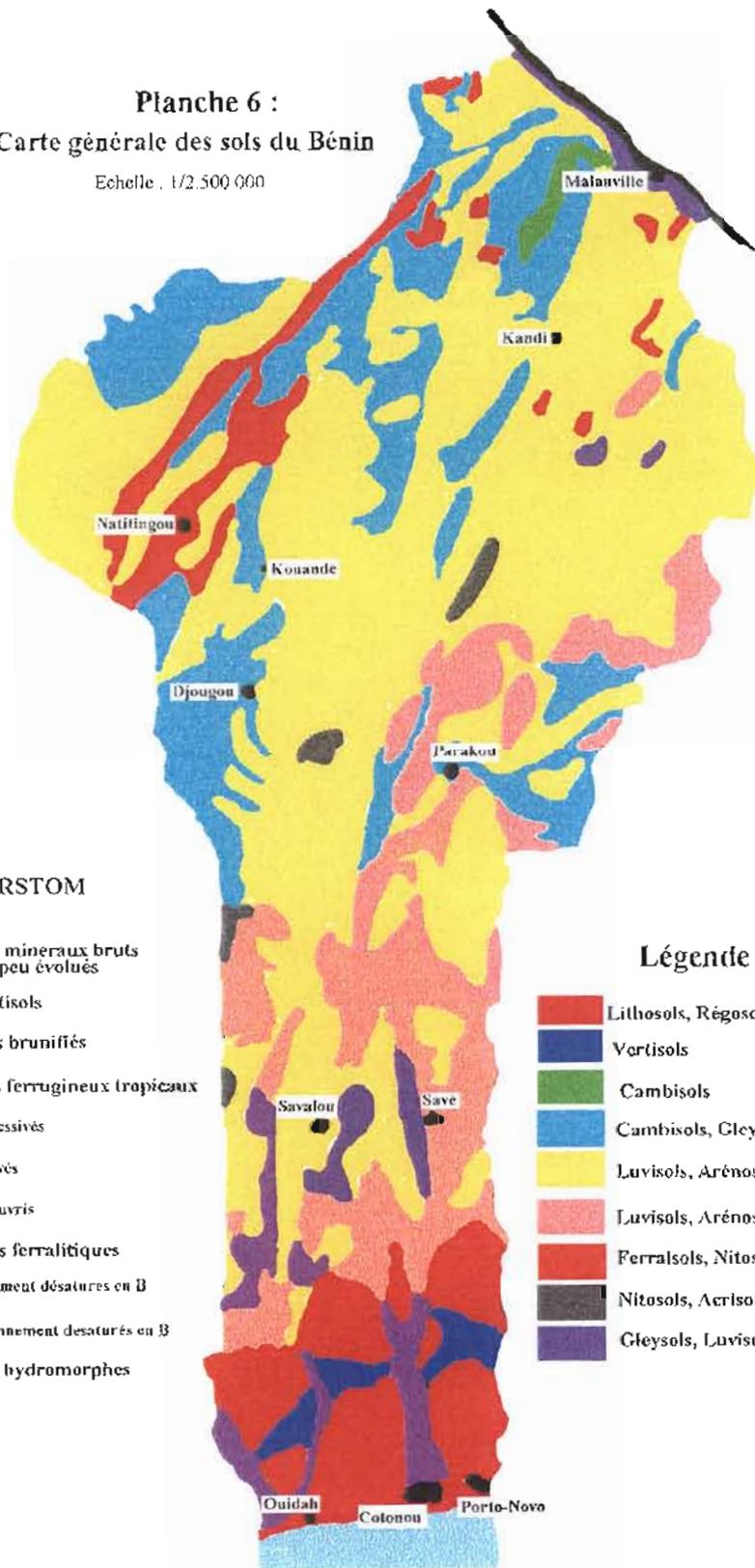
On y relève deux saisons bien distinctes:

- une saison pluvieuse de 4 à 5 mois (Mai-Octobre)
- une saison sèche d'une durée de 7 à 8 mois (Novembre-Mai)

#### **- le nord-tropical**

Il est localisé dans la région comprise entre Bembèrèkè et le Fleuve Niger.

**Planche 6 :**  
**Carte générale des sols du Bénin**  
 Echelle : 1/2.500.000



— 12°

— 10°

**Légende ORSTOM**

- Sols minéraux bruts peu évolués
- Vertisols
- Sols brunifiés
- Sols ferrugineux tropicaux**
- Peu lessivés
- Lessivés
- Appauvris
- Sols ferralitiqes**
- Faiblement désaturés en B
- Moyennement désaturés en B
- Sols hydromorphes

**Légende FAO**

- Lithosols, Régosols, Fluvisols, Arénosols
- Vertisols
- Cambisols
- Cambisols, Gleysols
- Luvisols, Arénosols
- Luvisols, Arénosols, Cambisols
- Ferralsols, Nitosols, Cambisols
- Nitosols, Acrisols, Cambisols
- Gleysols, Luvisols

— 8°

— 7°

Les températures sont également élevées (34 °C) avec une forte amplitude thermique (10 à 15°C)

Cette zone est caractérisée aussi par deux saisons: une longue saison sèche d'environ 9 mois et une saison pluvieuse de 3 mois.

La pluviométrie moyenne annuelle est comprise entre 900 et 1000 mm.

Les sols de ce domaine sont ferrugineux et portent une végétation de savane dominée par le néré, le karité, le baobab, le kapokier, le caïlcédrat. Cette savane arborée devient arbustive lorsqu'on s'approche de Malanville.

Il se développe par ailleurs, le long des cours d'eau, des forêts-galeries.

### **I-2-3 Le domaine atacorien**

Il concerne le Nord-Ouest du Bénin, dominé par la chaîne de l'Atacora.

Les températures sont ici fraîches à cause de l'altitude.

Il existe également une saison sèche et une saison pluvieuse, avec des pluies assez fréquentes et abondantes (> 1300 mm / an).

Les sols sont ferrugineux, minéraux, caillouteux et hydromorphes.

La végétation est composée de savane, de forêt réservée et de forêts galeries.

## **SECTION II INVENTAIRE SYSTÉMATIQUE DES *OCIMUM* DU BÉNIN**

Les différentes espèces végétales, - *O. basilicum*, *O. canum* et *O. gratissimum* -, ont été récoltées de Mars 1994 à Octobre 1997 dans plusieurs localités à l'intérieur du pays et en divers endroits de la ville de Cotonou :

- Aéroport, Midédji, Houéyiho, Ste Rita, Godomey dans Cotonou (Sud),
- Womey, Cocotomey, Campus autour de Cotonou,
- Pobè (Sud-Est),
- Gankpétin, Savè, Kilibo (Centre),
- Parakou, Ina, Kandi, Malanville (Nord-Est),
- Aléjo, Copargo, Natitingou, Tanguiéta (Nord-Ouest).

Elles sont la plupart du temps récoltées dans leur biotope et quelques fois en culture dans les maisons et les jardins. Ces récoltes sont parfois effectuées simultanément sur plusieurs endroits à l'intérieur d'une même localité et réparties en des lots distincts.

Le matériel végétal considéré est en général la partie aérienne des plantes et plus particulièrement les feuilles et les sommités fleuries; il est ensuite ramené au laboratoire où il est pesé et/ou séché dans un endroit sec et propre à l'abri de la lumière.

Pour certaines études, en particulier relative à l'influence du temps de séchage (*vide infra* Chap. 4, Section -IV), il est extrait à l'état frais pour obtenir une huile essentielle de référence.

## **SECTION III MISE EN CULTURES EXPÉRIMENTALES**

### **III-1 Sélection de souches mères**

Suivant leur composition chimique et leur origine, un certain nombre d'échantillons d'huiles essentielles de chacune des espèces a été retenu pour servir de référence. Les graines correspondantes ont été mises en culture répétée sur plusieurs sites; ces derniers ont été choisis en fonction de la nature des sols et de leur situation géographique. Ce sont:

- \* le CENAP (Centre National d'Agro-Pédologie) à Calavi,
- \* la SRPH (Station de Recherche sur le Palmier à Huile) à Pobè,
- \* la SRCV (Station de Recherche sur les Cultures Vivrières) de Niaouli à Attogon,
- \* le domaine de la Mission Catholique de Savè,
- \* la ferme d'élevage de la DPA (Direction Production Animale) à Parakou.

### **III-2 Protocole cultural**

#### **\* Pépinière**

Sur chaque site, les graines ont été mises en pépinière en ligne sur des parcelles de 1 m<sup>2</sup> ; celles ci ont été préalablement enrichies de fumure organique pour faciliter la reprise et le développement des plants.

#### **\* Repiquage**

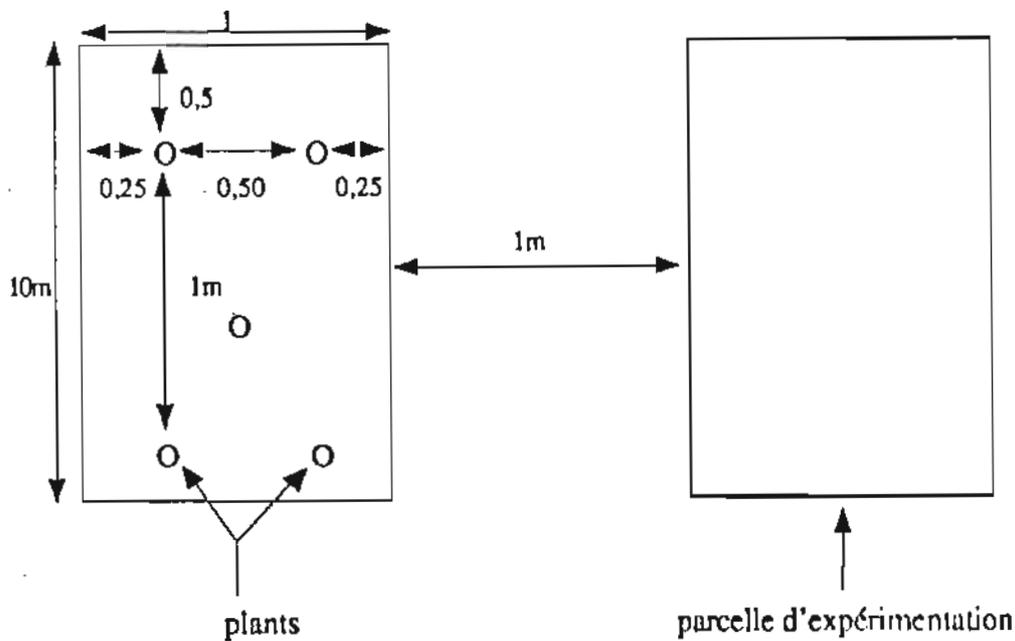
Au bout de six semaines environ après la mise en pépinière, nous avons procédé au repiquage des plants avec deux répétitions, sur des planches de 1x10 m (Fig.10).

L'entretien des plants a été assuré par les techniciens des différentes stations comme suit:

- arrosage régulier (matin et soir) ou par les averses.
- arrachage de mauvaises herbes
- protection contre les animaux ou insectes ravageurs.

### **III-3 Récoltes**

Sur chaque site de culture et sur chaque planche, les récoltes périodiques en fonction des différents stades de floraison des plants ont été effectuées en vue d'étudier



**Figure 10:** Disposition des plants sur les parcelles d'expérimentation

la variation de la composition chimique et du rendement en huile essentielle. Nous les avons faites à 3 périodes espacées dans le temps :

- apparition des boutons floraux ou début de floraison
- floraison moyenne,
- pleine floraison.

Par ailleurs des graines de *O. basilicum*, de *O. canum* et de *O. gratissimum* ont été mises en culture, suivant le même protocole expérimental dans un champ de production de plantes aromatiques à Kansoukpa (Calavi). Des récoltes mensuelles non dupliquées ont faites pour chaque espèce tout au long de leur cycle végétatif.

#### III-4 Analyse des sols

Sur chaque site et avant la mise en culture des graines, deux types de prélèvement de sol ont été effectués:

- prélèvement à plusieurs endroits, à une profondeur de 0-20 cm, puis mélange des tous les échantillons,
- prélèvement aux mêmes endroits que précédemment mais à une profondeur de 20-40 cm

Ces différents échantillons ont été analysés au CENAP.

## SECTION IV ÉTUDES COMPLÉMENTAIRES

### IV-1 Variation du rendement et de la composition chimique des huiles essentielles au cours du séchage

Au stade de pleine floraison des plantes, une récolte plus ou moins massive des feuilles a été faite pour chaque espèce végétale et a été divisée en plusieurs lots de masses égales. Ceux-ci ont été étalés dans un endroit bien sec et extraits successivement à intervalles réguliers de 72 heures.

### IV-2 Variation diurne de la composition chimique et du rendement en huile essentielle

Cette étude a été effectuée également pour les espèces cultivées à Kansoukpa, en période de pleine floraison.

Des récoltes de matériel végétal ont été faites à différents moments de la journée sur un ou deux pieds pour chaque espèce et ont été séchées pendant deux jours au laboratoire. Les huiles ont ensuite été extraites et analysées.

## SECTION V OBTENTION ET ANALYSE DES HUILES ESSENTIELLES

### V-1 Extraction des huiles essentielles

Elle a été effectuée par hydrodistillation avec un appareil de type Clevenger (Fig 11) pendant une durée de 90 mn en général, pour chaque lot de récolte.

L'huile essentielle, après décantation et séchage sur sulfate de sodium, est récupérée dans un flacon puis conservée dans une chambre froide à l'abri de la lumière.

Le rendement en huile essentielle est calculé par rapport à la masse d'huile obtenue pour une masse de matière végétale fraîche donnée:

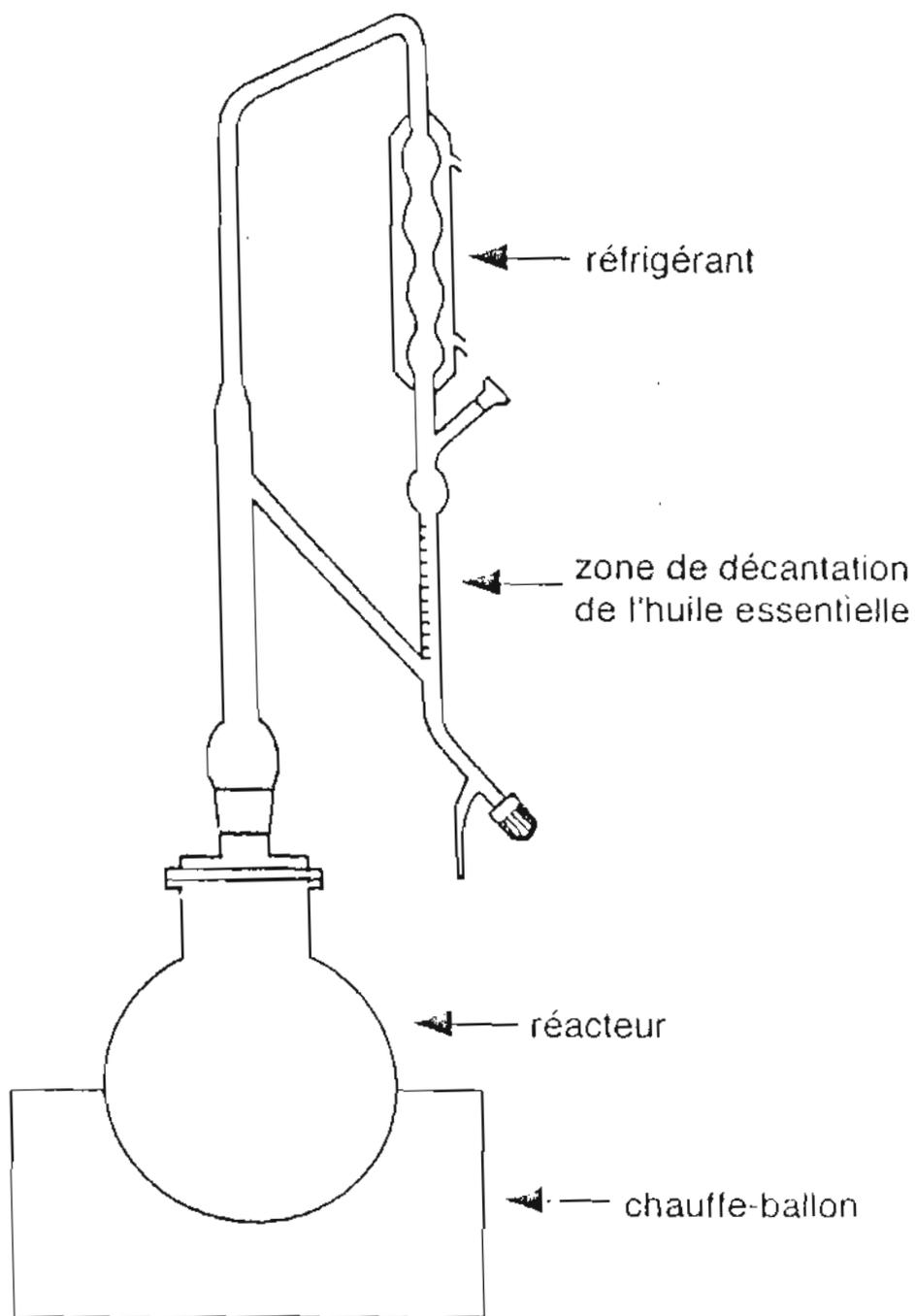
$r = m_{HE}/m$  avec  $m_{HE}$  la masse d'huile essentielle et  $m$  celle de la matière végétale fraîche.

Dans le cas de matériel végétal séché, ce rendement est ramené au poids de matériel végétal frais en tenant compte de la perte en eau.

### V-2 Analyse chimique des huiles essentielles

Comme nous l'avons signalé dans la première partie de ce travail, nous avons utilisé la CPG et le couplage CPG/SM pour l'analyse de nos huiles.

Ces analyses ont été effectuées à Clermont-Ferrand puis à Montpellier dans les conditions opératoires suivantes:



Hydrodistillation avec extracteur en verre de type Clevenger

*Figure 11*

## À CLERMONT-FERRAND

### a) *Chromatographie en phase gazeuse*

Chromatographe DELSI IGC 121C, équipé d'une colonne capillaire CP WAX 52 CB (25 m x 0,3mm de diamètre intérieur) et d'un détecteur à ionisation de flamme

Conditions opératoires:

- Gaz vecteur : Azote U, débit en sortie de colonne : 1 ml/mn  
rapport de fuite : 1/60 = 1 ml/mn, pression : 0,8 bar.
- Gaz combustible : Hydrogène, débit 30 ml/mn sous une pression de 1 bar.
- Gaz comburant : Air comprimé, débit 300 ml/mn sous une pression de 1 bar.
- Températures: de l'injecteur : 240°C, du détecteur : 250°C.
- Programmation de température du four : palier isotherme à 50°C pendant 5 mn puis gradient de 2°/mn pendant 85 mn jusqu'à une température finale de 220 °C.
- Volume injecté : 0,05 µl d'huile essentielle.

### b) *Couplage Chromatographie en Phase Gazeuse/Spectrométrie de Masse*

Détecteur de Masse quadrupolaire Hewlett Packard, modèle 5970 avec ionisation par impact électronique (70 eV), couplé à un chromatographe Sigma 300 équipé d'une colonne CP WAX 51 CB (50 m x 0,3 mm de diamètre intérieur).

Les conditions opératoires sont les mêmes que précédemment à l'exception de la programmation de température : palier isotherme à 50°C pendant 5 mn, puis gradient de 2°C/mn jusqu'à 250 °C et palier isotherme à 250°C pendant 5 mn.

## À MONTPELLIER

### a) *Chromatographie en phase gazeuse*

Chromatographe SHIMADZU, modèle GC.14-A relié à un intégrateur SHIMADZU, modèle C-R4A Chromatopac. Il est équipé de deux colonnes capillaires polaire ( Carbowax 20M) et non-polaire (OV 101) de 25 m de long et de 0,22 mm de diamètre intérieur.

Conditions opératoires :

- Gaz vecteur : Azote U, débit en sortie de colonne : 0,9 ml/mn  
rapport de fuite 1/50
- Programmation de température du four : Gradient de température de 5°C/mn de 50°C à 200°C.
- Températures : de l'injecteur : 210°C, du détecteur : 250°C
- Volume injecté : 1 µl d'une solution à 5% dans le pentane ou le dichlorométhane.

*b) Couplage Chromatographie en Phase Gazeuse/ Spectrométrie de Masse*

Détecteur de Masse quadropolaire Hewlett Packard, modèle 5970 avec ionisation par impact électronique (70 eV), équipé d'une colonne capillaire non-polaire (DB-1) en silice fondue de 25 m de long et 0,23 mm de diamètre intérieur.

- Gaz vecteur : Hélium, débit 0,9 ml/mn
- Programmation de température : palier isotherme de 1mn à 60°C puis gradient de température de 3°C/mn jusqu'à 180°C.
- Volume injecté : comme ci-dessus.

**DEUXIÈME PARTIE**

*OCIMUM BASILICUM L.*

*OCIMUM CANUM Sims*

*OCIMUM GRATISSIMUM L.*

CHAPITRE 4

*OCIMUM BASILICUM L.*

## SECTION I TRAVAUX ANTÉRIEURS

### I-1 Revue bibliographique

Des trois espèces auxquelles nous nous sommes intéressés, *O. basilicum* est de loin la plus importante par son intérêt économique et sa diffusion dans le monde; ceci explique et justifie le nombre et la diversité des travaux réalisés par les précédents auteurs. Génétiquement "mal fixée" cette espèce présente une multitude de formes, variétés ou sous-espèces qui rendent particulièrement difficile tout essai de classification rationnelle des huiles essentielles qu'elle donne. Ce problème de la grande variété de composition des essences de basilic est connu depuis longtemps et a été abordé par Guenther [36] tout d'abord, puis par Zola et Garnéro [57] et, plus récemment, par le Conservatoire National des Plantes Aromatiques, Médicinales et Industrielles (CNPMAI) [37]; la classification actuelle, basée sur l'origine géographique et le constituant principal de l'huile essentielle, conduit à définir quatre types d' *O. basilicum* (Tableau 1):

Tableau 1: Types chimiques d'*O. basilicum* L.

Type <i>O. basilicum</i> L.	Aire géographique	Constituants principaux
Type Européen (basilic doux à linalol)	Europe Amérique (USA) Afrique du Nord	Linalol (40%) Méthylchavicol (25%)
Type Réunion (à méthylchavicol)	Réunion Comores Madagascar	Méthylchavicol (85%) Traces de linalol
Type à trans cinnamate de méthyle	Bulgarie Sicile Egypte Inde Haïti	Linalol Méthylchavicol trans Cinnamate de méthyle
Type à eugénol	Java ex-URSS Seychelles Maroc	Linalol Eugénol

Ces deux derniers types sont fréquemment rencontrés dans les pays tropicaux du Sud-Est Asiatique : Inde, Indonésie, Viet-Nam, etc...

Le nombre d' études se multipliant au cours des ans, il est apparu que la classification proposée était beaucoup trop simpliste et que le problème était infiniment plus compliqué qu'on ne l'avait estimé tout d'abord. Citons quelques exemples récents :

- En étudiant l'influence du cycle végétatif sur le rendement et la composition chimique de l'huile essentielle d'un *O. basilicum* cultivé en Israël, Fleisher [58] a mis en évidence, en 1981, deux chémotypes: le chémotype A à linalol (37-47%) - méthylchavicol (19-43%), et le chémotype B à linalol (49-55%) - eugénol (19-28%). Ces huiles contiennent en plus une quantité non négligeable de 1,8-cinéole (4,5-8,8%).

- Une étude comparative des huiles essentielles d'*O. basilicum* obtenues à partir des tiges, feuilles et fleurs, menée par Cheng et Liu [59] en 1983, a montré que les feuilles étaient riches en méthylchavicol (35%) et en méthyleugénol (30,5%), tandis que les tiges et les fleurs affichaient une prédominance en 1,8-cinéole - eugénol et en linalol - méthylchavicol respectivement.

- En 1986, Brophy et Jogia [60] ont signalé l'existence de deux types chimiques d'*O. basilicum* provenant de Fiji, qui ne diffèrent surtout que quantitativement: un type à linalol - cinnamate de méthyle - méthyleugénol (environ 24% de chaque composé), et un type à cinnamate de méthyle très prédominant (76%); ce dernier contient en plus une quantité non négligeable de linalol et de méthyleugénol (2 -10% environ).

- Une analyse chimique d'un *O. basilicum* d'origine nigériane, réalisée par Ekundayo [61] en 1987 a conduit à la mise en évidence de deux types chimiques: un type à méthylchavicol (84%) déjà connu dans la littérature et un type à linalol (30,7%) - eugénol (16,9%) dans lequel apparaissent le T-cadinol et le trans  $\alpha$ -bergamotène à des teneurs respectives de 7,4% et 10,5% .

- De leurs côtés, Mariani *et al.* [62] se sont intéressés, en 1991, à la composition chimique des effluves de trois cultivars d'*O. basilicum* d'origine italienne et ont retrouvé trois types chimiques: le premier est à linalol (45,7%) -  $\beta$ -caryophyllène (14,4%), le deuxième est à linalol (63,1%) - méthylchavicol (30,3%) et le troisième à 1,8-cinéole (26,8%) - linalol (44%) -  $\beta$ -caryophyllène (14,3%) accompagné d'eugénol (6%) et de méthyleugénol (6,8%).

- Quant à E. Reverchon *et al.* [63], ils ont rapporté en 1994, un type d'*O. basilicum* à méthylchavicol (47,6%) - méthyleugénol (21,5%) contenant en plus le linalol (7,6%), le cinnamate de méthyle (4,8%) et le trans  $\alpha$ -bergamotène (4,1%) comme produits minoritaires.

- Très récemment (entre 1992 et 1997), Mahmout [64], Bissangou [52], Ayédoun [3], Sidibé [22], Tchoumboungang [65] et Dethier [66], ont étudié dans le cadre de leur thèse de Doctorat, plusieurs espèces d'*O. basilicum* d'origines tchadienne, congolaise, béninoise, malienne, camerounaise et burundaise ; si les huiles essentielles d'origine camerounaise, tchadienne, béninoise et malienne sont principalement de type linalol (35-67%) - eugénol (12-21%), elles diffèrent par contre par la présence de certains composés secondaires à des teneurs variables plus ou moins considérables: par exemple un échantillon d'origine malienne est riche en méthyleugénol (40%) et en

linalol (20%), pendant qu'un autre, d'origine congolaise, est principalement constitué de méthyl-chavicol (51%), de linalol (29,4%) et de 1,8-cinéole (10,6%).

Parmi tous ces échantillons, une essence d'origine burundaise se particularise de par sa composition chimique: camphre (34%), limonène (14,2%), linalol (11,6%) et mériterait d'être étudiée de façon plus détaillée.

Il apparaît en somme une très large variabilité de la composition chimique de l'huile essentielle d'*O. basilicum* en fonction des facteurs aussi variés que difficiles à rationaliser. Le problème est donc effectivement beaucoup plus complexe que ne l'avaient supposé les premiers auteurs et, avant d'aborder la présentation et la discussion de nos propres résultats, nous avons voulu voir s'il était possible d'ordonner l'ensemble des éléments apportés par cette littérature aussi foisonnante.

## I-2 Classification par voie biosynthétique

Nous nous sommes basés pour cela sur les deux grandes voies biosynthétiques suivies par la plante pour l'élaboration des métabolites secondaires; toutes les huiles essentielles ont en général des compositions qualitativement très voisines mais quantitativement très différentes, regroupant des composés issus des deux grandes voies biosynthétiques classiques: la voie de l'acide mévalonique (Voie *m*) et celle de l'acide shikimique (Voie *s*). Ceci nous a donné l'idée de classer les différents chémotypes rencontrés suivant le pourcentage respectif des produits formés par l'une ou l'autre voie.

L'examen de 173 analyses publiées par ces auteurs nous a permis de constater que les composés provenant de la voie *s* sont peu nombreux par rapport à ceux issus de la voie *m*.

Pour évaluer la part de chaque voie, nous avons calculé, en nous basant sur les analyses publiées par chaque auteur, le pourcentage des composés issus de la voie *s* puis, par soustraction, celui des composés issus de la voie *m*. Nous pouvons, en première approximation, écrire:

$$\% m = 100 - \% s.$$

Le Tableau 2 donne le classement, par ordre croissant de  $\% m$ , des échantillons d'*O. basilicum*; il contient, outre le  $\%$  de la voie *m*, l'origine géographique de l'essence, les pourcentages des 4 ou 5 constituants principaux et/ou caractéristiques rangés par teneurs décroissantes et les références des publications qui s'y rapportent. Lorsque ces teneurs sont inférieurs à 5% le nom du produit est indiqué entre parenthèses. Pour conserver à ce tableau une taille raisonnable, les noms des produits sont codifiés et le code des abréviations est donné en fin de tableau.

L'analyse de ce tableau n'est pas facile car il ne se dégage pas de séparations bien tranchées qui nous auraient permis de distinguer nettement les chémotypes. Toutefois elle fait apparaître la possibilité de distinguer 3 grands groupes d'essences

Tableau 2 : Classification des *Ocimum basilicum* par voies biosynthétiques

% m	Origine	Principaux constituants					Réf.
9,0	BHOUTAN	MCH: 89,3	(LIN): 1,1	(CIN): 2,1	(BOC): 1,9		67
9,7	VIET NAM	MCH: 89,0	(LIN): 0,6	(CIN): 1,7	(TQO): 1,5		68
10,4	PAKISTAN	MCH: 87,2	(CIN): 3,2	(MEG): 2,4	(LIN): 2,3		69
10,4	USA	MCH: 88,6	(LIN): 2,2	(EUG): 1,0	(CIN): 0,7		70
10,6	PAKISTAN	MCH: 87,2	(CIN): 2,5	(MEG): 2,3	(LIN): <0,1		69
11,0	PAKISTAN	MCH: 86,3	(CIN): 3,4	(MEG): 2,7	(LIN): 1,1		69
11,5	COMORES	MCH: 85,5	(CIN): 3,3	(MEG): 1,4	(LIN): 1,0		68
11,6	THAÏLANDE	MCH: 88,0	(CIN): 2,4	(LIN): 0,5			71
11,6	MADAGASCAR	MCH: 86,0	(CIN): 2,8	(LIN): 2,0	(MEG): 1,0		68
11,7	COMORES	MCH: 86,3	(LIN): 0,9	(MEG): 1,4			72
11,7	TAÏWAN	MCH: 87,2	(CIN): 3,7	(MEG): 1,0	(LIN): 0,3		73
12,1	RÉUNION	MCH: 85,6	(CIN): 2,5	(TQO): 2,2	(MEG): 1,5	(LIN): <0,1	74
12,8	USA	MCH: 85,3	(CIN): 3,2	(LIN): 0,5	(MEG): 1,9		74
12,9	TAIWAN	MCH: 84,7	CIN: 5,5	(LIN): 0,4	(MEG): 2,4		75
12,9	PAKISTAN	MCH: 85,4	(CIN): 2,9	(LIN): 2,1	(MEG): 1,7		69
13,4	AUSTRALIE	MCH: 86,6	(CIN): 2,0	(LIN): 1,1			76
13,4	COMORES	MCH: 85,8	(CIN): 2,5	(LIN): 1,2	(EUG): 0,7		71
13,4	MADAGASCAR	MCH: 84,7	(LIN): 1,9	(MEG): 1,5			72
13,5	COMORES	MCH: 85,8	(CIN): 2,6	(LIN): 1,1			77
13,5	RÉUNION	MCH: 85,6	(CIN): 2,5	(LIN): 1,0			71
13,8	MADAGASCAR	MCH: 84,3	(CIN): 3,2	(LIN): 1,1	(MEG): 1,9		74
13,8	MADAGASCAR	MCH: 83,4	(CIN): 3,5	(LIN): 1,7	(MEG): 2,1		78
14,5	ÉGYPTE	MCH: 81,1	(CIN): 3,4	(LIN): 1,9	(MEG): 3,9		79
14,5	NIGÉRIA	MCH: 84,1	(CIN): 3,1	(LIN): 0,3			72
15,0	PAKISTAN	MCH: 83,6	(CIN): 3,3	(LIN): 2,7	(MEG): 1,4		69
15,6	TAIWAN	MCH: 83,4	(CIN): 4,1	(BOC): 1,9	(LIN): 1,4	(MEG): 0,9	80
16,5	PHILIPPINES	MCH: 82,8	(BCY): 4,1	(BOC): 2,0	(CIN): 1,1	(LIN): 0,1	81
16,7	COMORES	MCH: 81,2	(CIN): 2,7	(LIN): 1,8	(MEG): 1,3		74
18,0	USA	MCH: 81,2	(CIN): 3,0	(LIN): 1,5	(MEG): 0,5		70
20,9	FIDJI	CNM: 75,9	LIN: 7,2	(MEG): 3,2			60
21,3	INDE	MCH: 78,2	LIN: 16,9	CIN: 5,0			71
21,8	USA	MCH: 78,0	(LIN): 0,2	-			71
22,2	PAKISTAN	MCH: 74,3	LIN: 8,6	(CIN): 4,0	(MEG): 2,0		68
22,3	INDE	MCH: 77,5	LIN: 19,0	-			72
23,6	USA	MEG: 67,6	(EUG): 4,4	(MCH): 4,1	(CIN): 2,4	(LIN): 1,4	74

26,2	PHILIPPINES	CNM: 73,7	(LIN): 3,3	(BCY): 4,1				81
28,5	USA	MEG: 67,7	(CIN): 2,4	(EUG): 2,0	(MCH): 1,5	(LIN): 0,6		74
30,4	FINLANDE	MCH: 69,6	LIN: 8,8	(CIN): 4,0	(MEG): 2,0			82
30,4	FINLANDE	MCH: 66,4	LIN: 10,6	(CNM): 2,5				72
30,8	USA	MCH: 68,9	LIN: 16,8	(CIN): 2,1				71
31,0	USA	CNM: 64,0	LIN: 6,2	MCH: 5,0				74
31,6	USA	MCH: 49,0	MEG: 19,2	BOC: 5,4	LIN: 5,0	CIN: 5,0		70
32,7	CUBA	MCH: 66,8	CIN: 5,4	LIN: 5,0				83
34,1	CHINE	MCH: 35,0	MEG: 30,5	CIN: 8,1	LIN: 6,8	BCY: 6,1		84
36,2	FINLANDE	MCH: 63,3	LIN: 12,6	-				82
36,6	PHILIPPINES	MCH: 62,9	CIN: 6,8	BCY: 5,0	(LIN): 3,9			81
36,6	VIET NAM	MCH: 58,0	(CIN): 3,4	(LIN): 2,3	(FCO): 1,3	(MEG): 1,3		85
38,5	FRANCE	MCH: 54,6	LIN: 23,6	EUG: 6,9				72
42,2	PHILIPPINES	MCH: 56,2	LIN: 21,1	(CIN): 3,4	(EUG): 1,2			81
42,8	CUBA	MCH: 56,6	CIN: 15,5	LIN: 10,0				86
44,0	FIDJI	CNM: 28,1	MEG: 24,7	LIN: 22,3				60
44,9	USA	MCH: 39,3	LIN: 23,0	CNM: 5,5				74
46,2	Gde-BRETAGNE	EUG: 48,0	LIN: 30,5	CIN: 6,1	MEG: 5,8			88
47,8	USA	MCH: 52,1	LIN: 22,9	CIN: 5,7	(BOC): 2,1			74
47,9	PHILIPPINES	MCH: 50,5	LIN: 22,8	BCY: 5,0				81
48,9	CONGO	MCH: 51,1	LIN: 29,4	CIN: 10,6				52
49,4	AUSTRALIE	MCH: 48,6	LIN: 30,4	(CNM): 2,0	(CIN): 1,8			76
49,6	FINLANDE	MCH: 44,2	LIN: 19,6	CNM: 6,2				89
49,7	MAROC	CNM: 38,5	LIN: 34,2	(CIN): 3,8	(EUG): 2,0	(THY): 1,2		90
52,9	JAPON	EUG: 47,1	LIN: 24,2	CIN: 7,0				91
54,6	MALI	MEG: 40,4	LIN: 20,0	BCY: 9,5	EUG: 5,0			22
55,8	USA	MEG: 38,4	LIN: 21,2	CIN: 7,7	EUG: 5,1			74
56,7	ARGENTINE	LIN: 43,0	MCH: 42,0	(CIN): 3,3				92
57,1	PHILIPPINES	MCH: 39,1	LIN: 31,0	BCY: 5,0				81
57,3	USA	MCH: 43,6	LIN: 27,3	CIN: 13,6				70
58,6	ITALIE	MCH: 41,4	LIN: 41,2	TCO: 5,1				93
59,0	ARGENTINE	MCH: 38,7	LIN: 27,5	(CIN): 2,9	(BOC): 1,0			92
59,4	PHILIPPINES	MCH: 35,9	LIN: 33,8	(CIN): 4,4	(EUG): 4,4			81
59,8	ISRAEL	LIN: 41,7	CNM: 36,7	CIN: 5,6				94
60,2	USA	LIN: 38,4	MCH: 38,3	(CIN): 3,9	(EUG): 1,4			70
60,7	USA	LIN: 43,4	MCH: 38,5	CIN: 5,2	(CAM): 1,1			70
60,9	ISRAEL	LIN: 40,5	MCH: 28,9	EUG: 10,2	CIN: 8,5			84
61,1	Gde-BRETAGNE	EUG: 38,9	LIN: 38,6	CIN: 9,0				88
63,4	USA	LIN: 44,9	MCH: 32,4	CIN: 5,0				74
64,1	ITALIE	LIN: 43,8	MCH: 31,8	FCO: 5,2				57

64,3	USA	LIN: 44,9	MCH: 32,4	(CIN): 4,8	(EUG): 3,7			74
64,8	ITALIE	LIN: 43,8	MCH: 31,8	(CIN): 3,4	(EUG): 3,4			74
64,8	USA	LIN: 51,0	MCH: 21,0	EUG: 13,9				74
65,0	USA	LIN: 43,1	MCH: 34,5	(CIN): 2,9	(EUG): 0,4			71
65,2	ARGENTINE	LIN: 36,1	MCH: 34,7	CIN: 5,4	(CAM): 1,6			92
65,2	MAROC	LIN: 50,8	MCH: 21,1	EUG: 13,6				74
65,8	USA	LIN: 34,2	CNM: 27,8	EUG: 5,0				74
66,3	ITALIE	MCH: 30,0	LIN: 28,2	CIN: 5,5				95
67,3	ÉGYPTE	LIN: 45,6	MCH: 26,6	EUG: 5,9	FCO: 5,5	LIM: 5,0		77
67,8	ITALIE	LIN: 47,9	MCH: 32,2	CIN: 5,9				93
68,3	USA	LIN: 51,2	MCH: 20,5	EUG: 11,2	CIN: 8,6			70
68,9	FRANCE	LIN: 39,1	MCH: 23,2	EUG: 6,6				57
69,3	ÉGYPTE	LIN: 36,2	EUG: 29,1	(LIM): 4,6	(CIN): 4,1	(MCH): 1,6		96
69,6	ITALIE	LIN: 63,1	MCH: 30,3	(CIN): 3,2				62
69,7	FRANCE	LIN: 39,1	MCH: 23,2	EUG: 6,6				71
70,0	FRANCE	LIN: 40,7	MCH: 23,8	FCO: 6,7	EUG: 5,9			77
70,2	FRANCE	LIN: 39,9	MCH: 23,4	EUG: 6,2				72
70,2	USA	LIN: 51,3	MCH: 26,6	(CIN): 4,6	(EUG): 3,1			71
70,3	TURQUIE	LIN: 45,7	EUG: 13,4	MEG: 9,6				97
70,9	FRANCE	LIN: 51,1	MCH: 28,8	(CIN): 2,9	(TQO): 1,9			74
71,3	FINLANDE	LIN: 36,1	EUG: 23,7	MCH: 5,0				82
71,5	ARGENTINE	LIN: 50,3	MCH: 28,4	(CIN): 3,9				92
72,2	ARGENTINE	LIN: 45,4	MCH: 25,0	(CIN): 3,2	(EUG): 2,8			92
73,3	PORTUGAL	LIN: 38,2	MCH: 16,4	BCY: 7,0	(EUG): 5,1			98
73,5	USA	LIN: 55,1	MCH: 23,3	(CIN): 4,8	(EUG): 3,1			71
73,7	ISRAEL	LIN: 51,7	EUG: 24,2	CIN: 7,3				84
73,9	MALI	LIN: 42,3	EUG: 21,1	BCY: 7,5				22
74,0	USA	LIN: 49,6	MCH: 20,4	EUG: 5,4				70
74,3	AUSTRALIE	LIN: 46,2	MCH: 25,4	CIN: 8,0	(EUG): 2,1			76
76,5	FRANCE	LIN: 32,1	EUG: 22,5	(PCY): 1,2	(MCH): 0,5			99
76,8	ARGENTINE	LIN: 44,5	EUG: 20,8	CIN: 5,5				100
78,1	MAROC	LIN: 41,9	EUG: 19,2	CIN: 8,1				57
78,2	USA	LIN: 44,3	CNM: 12,9	EUG: 7,7				71
78,6	ARGENTINE	LIN: 50,6	EUG: 12,5	CIN: 9,4	MCH: 7,4			92
78,9	USA	LIN: 52,6	CNM: 11,3	MCH: 6,4				70
79,0	TCHAD	LIN: 40,8	EUG: 21,0	BGM: 9,0	TCO: 7,0			64
79,6	PORTUGAL	LIN: 55,8	EUG: 13,7	CIN: 5,0				101
80,5	ARGENTINE	LIN: 48,4	MCH: 19,5	(CIN): 3,6				92
80,5	ITALIE	LIN: 50,0	MCH: 16,5	(CIN): 4,0	(EUG): 2,5			102
80,6	FINLANDE	LIN: 56,2	EUG: 14,2	MCH: 5,2				82

81,2	ARGENTINE	LIN:	44,3	EUG:	17,8	(TQO):	1,5	(CIN):	1,0	(IEG):	0,9	100
81,6	NIGÉRIA	LIN:	30,7	EUG:	16,9	TAB:	10,5	TCO:	7,4			87
82,0	ITALIE	LIN:	59,5	MCH:	18,1	CIN:	6,1	(TCO):	3,8			93
82,4	MALI	LIN:	43,9	EUG:	16,1	BCY:	9,5	(FAR):	4,7	(TCO):	4,3	22
82,5	USA	LIN:	30,2	EUG:	14,8	CAM:	5,0					74
82,6	MALI	LIN:	45,4	MCH:	9,7	BCY:	9,7	(EUG):	4,9	(CIN):	4,0	27
83,7	PHILIPPINES	LIN:	49,5	EUG:	16,2	BCY:	6,7					81
84,2	MALI	LIN:	64,9	EUG:	15,6	(BCY):	3,8	(BOC):	2,4	(MCH):	0,2	22
84,5	PHILIPPINES	LIN:	41,6	EUG:	14,8	BCY:	9,0	BCB:	5,0	CIN:	5,0	81
85,0	PAKISTAN	CIN:	18,3	LIN:	17,4	LIM:	15,2	MCH:	14,9	CAD:	12,4	103
85,1	AFRIQUE DU SUD	LIN:	54,4	EUG:	12,2	LIM:	5,0					77
85,1	ÉGYPTE	LIN:	51,6	EUG:	13,5	CIN:	6,8					79
85,2	USA	LIN:	66,6	MCH:	9,7	EUG:	5,0					71
85,2	CAMEROUN	LIN:	47,0	EUG:	14,0	CIN:	8,3	TCO:	5,0			65
85,6	YOUGOSLAVIE	LIN:	52,0	EUG:	8,0	MCH:	6,2	CIN:	5,0			71
86,1	USA	LIN:	67,1	CNM:	8,5	(MCH):	3,5	(CIN):	3,3	(EUG):	1,9	71
87,0	MALI	LIN:	67,5	EUG:	12,3	TCO:	5,2	(BCY):	4,6	(MCH):	0,4	22
87,5	ÉGYPTE	LIN:	48,1	EUG:	9,5	LIM:	9,3					77
87,8	ITALIE	LIN:	46,0	MCH:	8,1	(CIN):	4,2	(EUG):	2,5	(MEG):	1,6	102
88,3	ARGENTINE	LIN:	59,7	MCH:	6,6	(EUG):	3,9					92
89,2	USA	LIN:	59,6	EUG:	9,9	(CIN):	2,7	(MCH):	0,8			71
89,7	POLOGNE	LIN:	54,1	MCH:	8,7	GCD:	5,1	(MEG):	1,0			104
90,0	USA	LIN:	65,2	EUG:	9,7	CIN:	9,1					70
90,0	YOUGOSLAVIE	LIN:	56,0	MCH:	6,5	(CIN):	4,5	(GCD):	4,0	(TCO):	4,0	68
90,7	USA	LIN:	74,3	CNM:	7,1	(CIN):	4,4	(EUG):	1,8	(MCH):	0,4	71
91,2	ARGENTINE	SBN:	53,1	API:	7,7	EUG:	6,0	(CIN):	4,5	(IEG):	2,5	100
91,3	ARGENTINE	LIN:	56,8	EUG:	5,9	CIN:	5,8	(IEG):	2,7	(TQO):	2,3	100
91,4	USA	LIN:	74,2	EUG:	7,9	(CIN):	1,2	(MCH):	0,6			71
91,5	USA	LIN:	66,1	EUG:	7,7	CIN:	6,5	(MCH):	0,7			71
91,8	MALI	LIN:	64,0	EUG:	6,3	(TCO):	4,3	(BCY):	3,8	(MCH):	1,9	22
92,6	USA	LIN:	65,4	(CNM):	3,6	(CIN):	3,2	(EUG):	3,0	(MCH):	0,8	71
92,9	MALI	LIN:	48,5	BCY:	8,9	(CIN):	3,5	(EUG):	3,4	(MEG):	3,4	22
92,9	ITALIE	LIN:	45,7	BCY:	14,4	CIN:	7,0	LIM:	6,7			62
93,5	BULGARIE	LIN:	59,6	(MCH):	2,8	(EUG):	3,2					72
96,0	BULGARIE	LIN:	62,7	TQO:	7,2	(CIN):	4,6	(EUG):	3,4	(MCH):	0,6	68
96,1	ITALIE	LIN:	64,1	CIN:	9,9	TCO:	5,2	(EUG):	3,9	(TAB):	2,9	93
97,0	ÉGYPTE	LIN:	58,2	CIN:	7,2	(MCH):	2,3	(TQO):	1,8			68
97,2	USA	LIN:	67,2	CAM:	5,0	CIN:	5,0					70
97,6	ARGENTINE	LIN:	67,5	CIN:	9,3	(TQO):	4,4	(EUG):	1,6	(MCH):	0,4	100
97,8	ITALIE	LIN:	60,8	CIN:	11,5	TCO:	5,4	(TAB):	3,3	(EUG):	2,2	93

98,0	USA	LIN:	83,6	(MCH):	2,0	(CAM):	1,9			70
98,0	USA	LIN:	75,4	(CIN):	2,5	(EUG):	1,2	(MCH):	0,6	70
98,0	ITALIE	LIN:	69,4	(TCO):	7,6	(TQO):	3,1	(EUG):	2,0	93
98,1	USA	LIN:	75,4	(CIN):	3,9	(EUG):	1,2	(MCH):	0,6	71
98,6	USA	LIN:	63,2	(CIN):	14,8	(BOC):	1,0	(MCH):	1,0	70
98,8	USA	LIN:	83,9	(CIN):	1,4	(EUG):	0,5	(MCH):	0,4	74
98,9	USA	LIN:	64,7	(GRO):	16,9	(CIN):	2,7	(MCH):	1,0	70
98,9	ITALIE	LIN:	76,2	(CIN):	5,0	(TCO):	3,9	(EUG):	1,1	93
99,3	USA	LIN:	51,6	(GRO):	22,8	(MCH):	0,7			74
99,4	USA	LIN:	66,9	(CIN):	8,7	(MCH):	0,4			71
99,5	USA	LIN:	66,8	(CIN):	6,2	(MCH):	0,3			71
100	BURKINA FASO	CIN:	60,2	(ATO):	6,5	(BPI):	5,7			22
100	BURUNDI	CIN:	49,7	(LIM):	17,8	(BPI):	5,8			66
100	BURUNDI	LIN:	46,4	(TQO):	19,0	(TAB):	5,9			66
100	BURUNDI	CAM:	34,0	(LIM):	14,2	(LIN):	11,6	(CTA):	10,0	66
100	ITALIE	LIN:	69,9	(CIN):	12,9	(TCO):	6,3	(TAB):	2,9	93
100	ITALIE	LIN:	69,1	(CIN):	8,0	(TCO):	6,6			93
100	ITALIE	LIN:	69,4	(CIN):	12,3	(TCO):	2,1	(GCD):	1,3	93

#### CODE des ABRÉVIATIONS

ACG: Acétate de Géranyle	BPI : $\beta$ -Pinène	FCO : Fenchol	MEG : Méthyleugénol
AEU: Acétate d'Eugényle	BSL : $\beta$ -Sélinène	GCA : $\gamma$ -Cadinène	MUJ : Muurolène ( $\alpha$ )
API : $\alpha$ -Pinène	CAD : Cadinène	GCD : Germacrène D	MYR : Myrcène
ATO: $\alpha$ -Terpinéol	CAM: Camphre	GRA : Géranial	NRA : Néral
ATR: $\alpha$ -Terpinène	CIN : 1,8-Cinéole	GRO : Géraniol	NRO : Nérol
ATU: $\alpha$ -Thujène	CMP: Camphène	GTR : $\gamma$ -Terpinène	PCY : p-Cymène
BCB : $\beta$ -Cubébène	CNA : Citronellal	HSB : Hydrate de Sabinène	SBN : Sabinène
BOC : $\beta$ -Caryophyllène Oxyde	CNM: Cinnamate de Méthyle (E et/ou Z)	IEG : Iso-eugénol	TAB : trans $\alpha$ -Bergamotène
BCY : $\beta$ -Caryophyllène	CTA : Citral (Géranial + Néral)	LIM : Limonène	TCO : T-Cadinol
BOG : Bicyclogermacrène	EUG : Eugénol	LIN : Linalol	TrY : Thymol
BEL : $\beta$ -Élémène	FAR : Farnésène	LCN : Longifolène	TPN : Terpinolène
BOC : $\beta$ -Ocimène (cis et/ou trans)	FCN : Fenchone	MCH : Méthylchavicol	TQO : Terpinène-4-ol

suivant la valeur du % *m*. Nous avons extrait de ce tableau un certain nombre d'essences représentatives de chaque groupe, et pour lesquelles nous possédons des analyses assez complètes; nous les avons représentées dans différentes figures.

Groupe I : % *m* < 20 (28 essences)

Il est constitué des échantillons du type à méthylchavicol (> 80%); le principal composé de ce groupe est issu de la voie de l'acide shikimique; il est accompagné de constituants minoritaires( % < 4) tels que le 1,8-cinéole, le linalol, le  $\beta$ -caryophyllène, le  $\beta$ -ocimène, le méthyleugénol et le terpinèn-4-ol (Fig.12).

Ce type a été signalé dans les pays suivants: Bhoutan, Comores, Réunion, Vietnam, Thaïlande, Australie, Madagascar, Pakistan, Egypte, USA (plants issus de graines exotiques), Philippines, Taïwan et Nigériu; il constitue le type "Réunion" déjà signalé par Guenther.

Groupe II : 20 < % *m* < 85 (96 essences)

C'est le groupe le plus important où se localisent la plupart des types mixtes rencontrés. Les principaux composés sont issus des deux voies biosynthétiques: la voie de l'acide mévalonique étant représentée principalement par le linalol ou le 1,8-cinéole accompagnés de nombreux autres mono et sesquiterpénoïdes, tandis que celle de l'acide shikimique est représentée par le méthylchavicol, le méthyleugénol, l'eugénol et le cinnamate de méthyle. Les échantillons d'essence proviennent de tous les pays du monde, tant de la zone tempérée que tropicale, et on y rencontre les 3 autres types signalés précédemment par Guenther.

L'examen un peu plus approfondi du Tableau 2 nous montre que l'on peut distinguer 3 sous-groupes, à l'intérieur de ce groupe II, suivant la valeur du rapport *r* des teneurs en méthylchavicol et en linalol:

a) Celui à méthylchavicol - linalol ( $4 < r < 10$ , avec  $r = \% \text{ méthylchavicol} / \% \text{ linalol}$ )

Le méthylchavicol pouvant être remplacé dans certains cas par le cinnamate de méthyle et dans d'autres, accompagné de méthyleugénol (Fig.13). Il apparaît à travers cette figure que la voie de l'acide shikimique est prédominante.

Ce type se retrouve en Inde, au Pakistan, en Finlande, aux USA, à Cuba etc..

b) Celui à méthylchavicol - linalol avec  $1 < r < 4$  (Fig.14).

Comme précédemment, le méthylchavicol faisant place suivant les cas à l'eugénol, au méthyleugénol ou au cinnamate de méthyle. Quant au linalol, il est souvent accompagné d'une quantité non négligeable de 1,8-cinéole.

Ce type a été signalé dans les pays suivants: France, Congo, Australie, Italie, Argentine, Japon, Philippines, Cuba, Egypte.

c) Celui à linalol - méthylchavicol avec  $r < 0,5$  (Fig.15).

Ici également, les deux voies biosynthétiques coexistent mais avec une prédominance de la voie de l'acide mévalonique; celle-ci étant représentée essentiellement par le linalol. La voie de l'acide shikimique est quant à elle représentée par le méthylchavicol, l'eugénol ou le cinnamate de méthyle.

Ce type a été signalé notamment en Turquie, en Finlande, aux USA, au Nigéria, au Portugal, etc...

### Groupe III : % $m > 85$ (46 essences)

A l'opposé du premier groupe il contient les essences issues principalement de la voie de l'acide mévalonique: le linalol est le composé généralement prédominant à l'exception de deux essences riches en 1,8-cinéole. Elles aussi ont été observées dans tous les pays du globe (Fig.16).

Le linalol est accompagné parfois des composés secondaires tels que: cinnamate de méthyle, eugénol, méthylchavicol,  $\beta$ -caryophyllène, terpinèn-4-ol, 1,8-cinéole, camphre, géraniol qui apparaissent à des teneurs comprises entre 5 et 18 %.

Ce type se rencontre principalement aux USA, au Mali, en Italie, en Argentine et quelques fois en Pologne, Egypte, Bulgarie et au Burundi.

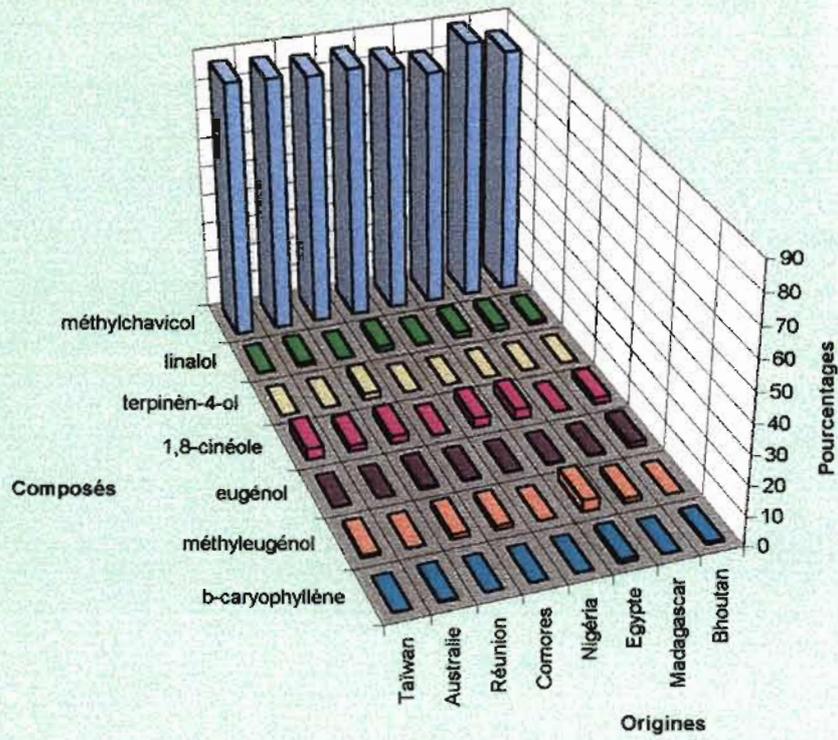
Faisons, pour terminer ce rapide tour d'horizon, une remarque commune aux trois groupes : le tableau contient 45 essences "originaires" des USA: il s'agit d'échantillons d'huiles provenant de plants cultivés à partir des graines d'origines diverses et inconnues et non de plantes endémiques aux USA. On peut probablement en déduire que les graines ont conservé leur patrimoine génétique lorsqu'elles ont été semées en dehors de leur biotope naturel et ont donné des essences plus ou moins semblables à celles de leur origine; elles ne sont, en aucune façon, représentatives des essences d'*O. basilicum* américaines.

Soulignons, enfin, que trois essences sont tout à fait surprenantes par leur composition: % $m = 85,0$  (Pakistan), % $m = 91,2$  (Argentine) et % $m = 100$  (Burundi, échantillon 3); la première ne contient aucun produit prédominant, la seconde est riche en sabinène, la troisième en camphre. Ces compositions atypiques n'ont jamais été retrouvées par ailleurs et il convient, nous semble-t-il, d'attendre confirmation avant de les considérer comme de véritables chémotypes.

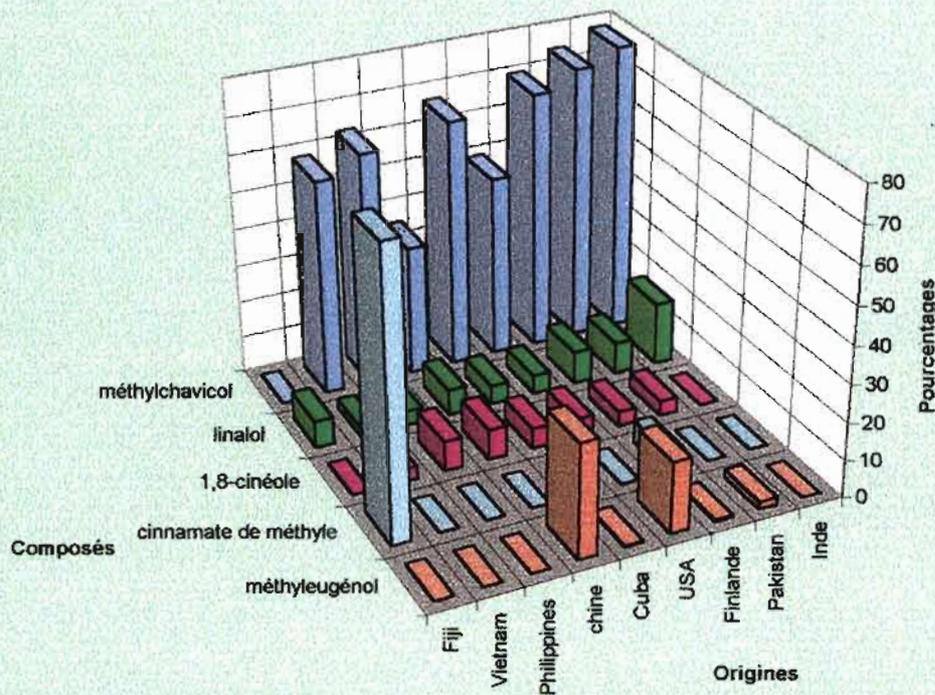
### I-3 Essai de classification binaire

La classification en 3 grands groupes est insuffisante en ce sens qu'elle ne permet pas une distinction "fine" des différents chémotypes : elle ajoute peu de chose à la classification proposée par Guenther il y a plus de 50 ans. Nous avons

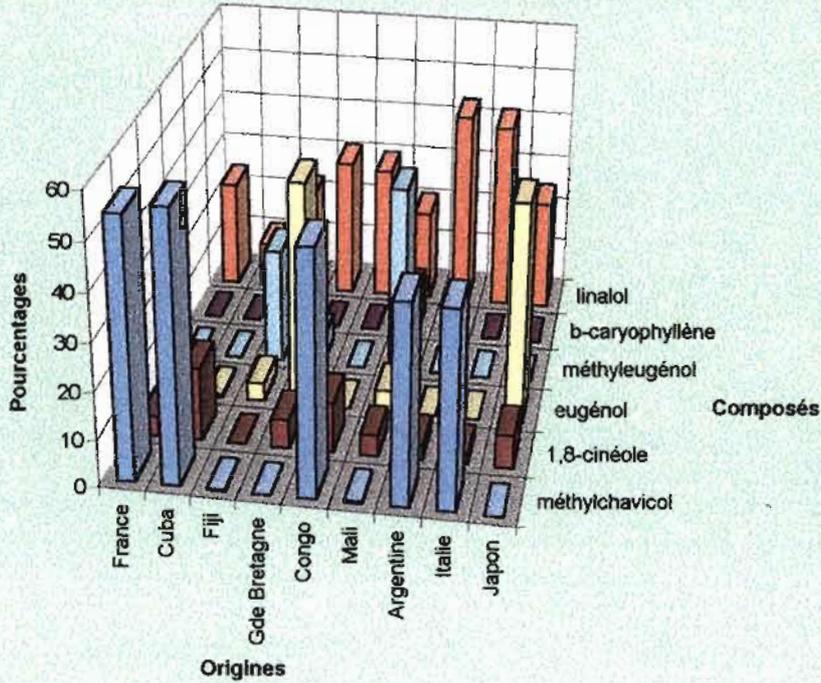
**Figure 12: Quelques types d'*O. basilicum* d'origines diverses (% m < 20)**



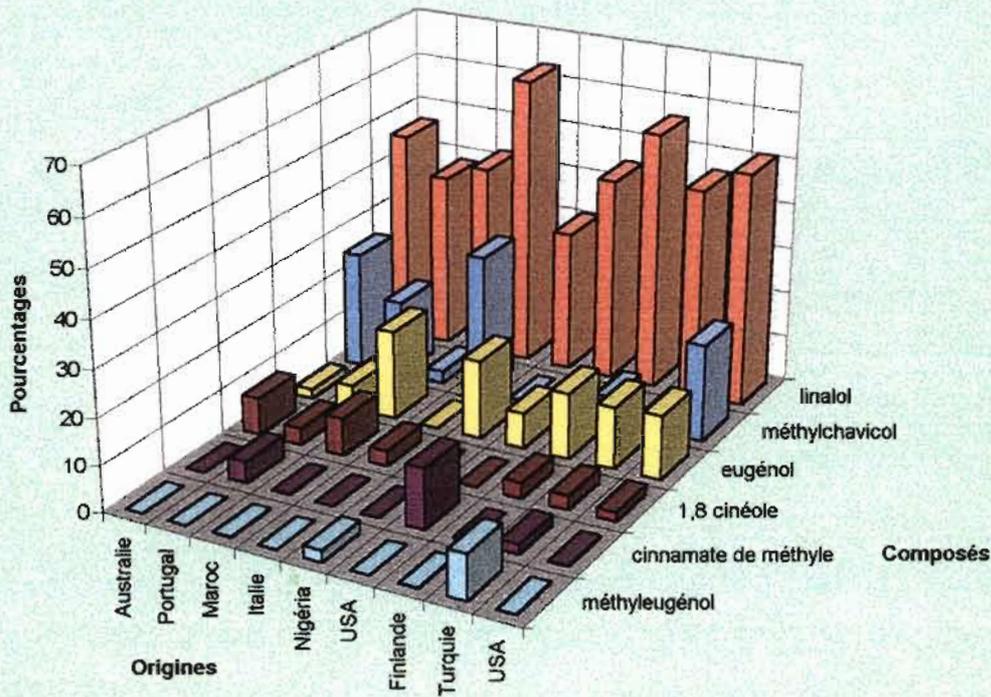
**Figure 13: Quelques types d'*O. basilicum* d'origines diverses (20 < % m < 85 ; 4 < r < 10)**



**Figure 14: Quelques types d'*O. basilicum* d'origines diverses**  
 (  $20 < \% m < 85$  ;  $1 < r < 4$  )



**Figure 15: Quelques types d'*O. basilicum* d'origines diverses**  
 (  $20 < \% m < 85$  ;  $r \geq 2$  )





poussé plus loin l'analyse du tableau 2 et avons recherché s'il y avait un moyen de scinder en sous-ensembles plus petits les groupes précédents, particulièrement le groupe II, de loin le plus complexe. Après quelques tâtonnements nous avons remarqué que les composés "majoritaires" et "majoritaires en second" de tous les échantillons étaient toujours les mêmes et en nombre extrêmement limité; d'où l'idée d'identifier les essences par un binôme de 2 lettres, la première désignant le produit "majoritaire", la seconde désignant le produit "majoritaire en second".

Sept produits se retrouvent toujours en tête dans les compositions des huiles essentielles :

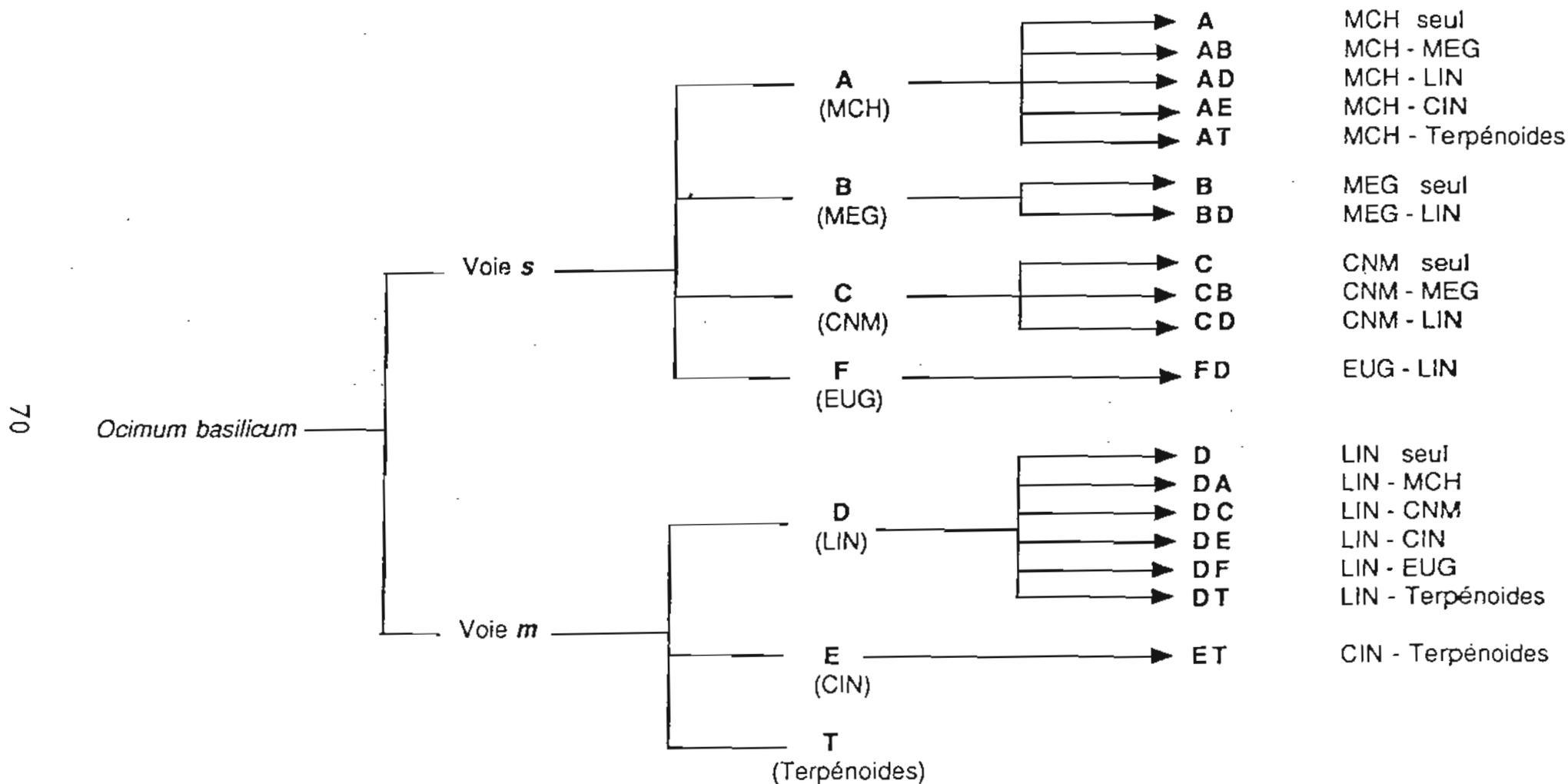
- Le Méthylchavicol, désigné ultérieurement par la lettre A,
- Le Méthyleugénol, " " " B,
- Le Cinnamate de Méthyle " " " C,
- Le Linalol, " " " D,
- Le 1,8-Cinéole, " " " E,
- L'Eugénol, " " " F,
- Divers Terpénoïdes " " " T.

Ces "divers terpénoïdes" sont peu nombreux (trans  $\alpha$ -bergamotène,  $\beta$ -caryophyllène, germacrène D,  $\alpha$ -terpinéol, terpinèn-4 ol,  $\beta$ -ocimène) et ne sont jamais majoritaires; les considérer individuellement n'aurait fait que compliquer inutilement la classification que nous proposons.

Nous avons donc considéré les 170 essences du tableau 2 et avons attribué à chacune d'elles un couple de lettres suivant la nature des deux composés les plus abondants. Lorsque le second produit en abondance avait une teneur inférieure à 5% nous avons préféré le négliger et n'attribuer à l'essence qu'une seule lettre, marquant ainsi qu'elle contient un composé très nettement prépondérant.

Exemples : le binôme DC désigne une essence à Linalol majoritaire accompagné de Cinnamate de Méthyle, la lettre A seule, désigne une essence très riche en Méthylchavicol, les autres composés étant présents à moins de 5%. Nous donnons ci-dessous la liste des 18 types et sous-types auxquels nous avons abouti ainsi que le nombre d'essences de chaque catégorie; nous avons représenté la filiation des divers types et sous-types sous forme d'un dendrogramme (Fig.17).

**Figure 17** Dendrogramme des différents types et sous-types d'*Ocimum basilicum*



Le code des abréviations est donné au bas du tableau 2

- A	30	Méthylchavicol quasi exclusif (Type "Réunion")
- AB	2	" + Méthyleugénol,
- AD	23	" + Linalol (Type "tropical").
- AE	1	" + 1,8-Cinéole,
- AT	1	" + Terpénoïdes
- B	2	Méthyleugénol quasi exclusif,
- BD	2	" + Linalol
- C	1	Cinnamate de Méthyle quasi exclusif,
- CB	1	" + Méthyleugénol,
- CD	3	" + Linalol,
- D	6	Linalol quasi exclusif, (type "Super Linalol").[77]
- DA	40	Linalol + Méthylchavicol (Types "Européen" ),
- DC	6	" + Cinnamate de Méthyle,
- DE	10	" + 1,8-Cinéole,
- DF	29	" + Eugénol,
- DT	8	" + Terpénoïdes,
- ET	2	1,8-Cinéole + Terpénoïdes.
- FD	3	Eugénol + Linalol.

On voit que les différents types et sous-types ne sont pas également abondants, loin de là! Les plus nombreux sont les types A, AD, DA, DF et, dans une moindre mesure, DE. Une telle subdivision en 6 types (désignés par leur lettre majuscule) eux-mêmes scindés en 18 sous-types présente l'avantage de pouvoir ranger de manière rationnelle les compositions des 170 échantillons relevés dans la littérature et de permettre le classement ultérieur d'échantillons futurs dans une ou l'autre des 18 catégories.

#### **I-4 Insuffisances**

Cette nouvelle classification n'est pas sans souffrir de quelques insuffisances dues aux approximations faites pour l'établir. En effet:

- il n'est pas rare de relever dans quelques huiles essentielles, la présence de certains hydrocarbures saturés ou insaturés accompagnés parfois de leurs produits oxygénés; ces composés ne proviennent d'aucune des deux voies biosynthétiques citées

plus haut; ils ne représentent que quelques pourcents, au maximum, de l'essence mais négliger leur présence revient à faire une légère surestimation du % m

- des erreurs éventuelles d'attribution ont pu (et ont dû) être faites par certains auteurs: par exemple avec les composés tels que le 1,8-cinéole, le limonène et le (Z)- $\beta$ -ocimène d'une part, le  $\beta$ -caryophyllène, le trans  $\alpha$ -bergamotène et le  $\beta$ -élémane d'autre part. Ces erreurs n'ont pas eu d'impact sur le % m, mais pourraient modifier le profil des sous-types.

Nous pensons cependant que ces insuffisances, et les petites erreurs qu'elles ont entraînées, ne sont pas de nature à remettre fondamentalement en cause la classification proposée.

Toutefois ces travaux doivent être replacés dans leur contexte. Si l'on peut affirmer que les échantillons décrits sont effectivement présents dans les pays considérés, rien par contre ne permet d'exclure la présence, à leurs côtés de types différents. Ceci est étayé par la signalisation de plusieurs variétés au Mali [22], USA [74], Argentine [92], Finlande [82], Italie [93], Egypte [77].

De nombreuses questions restent cependant encore en suspens quant à:

- l'origine des variétés
- l'influence des pollinisations croisées
- la variation chémotypique sur un même espace.

## SECTION II INVENTAIRE SYSTÉMATIQUE DES OCIMUM BASILICUM DU BÉNIN

La prospection des localités situées aux alentours de la ville de Cotonou et à l'intérieur du pays, comme indiquée au chapitre 3, nous a fourni vingt échantillons distincts provenant de 11 sites : Midédji (3), Aéroport (1), Pobè (2), Savè (3), Womey (2), Houéyiho (2), Kilibo (1), Natitingou (2), Tanguiéta (2), Gankpétin (1) et Malanville (1).

Les échantillons distincts provenant d'un même site se sont révélés, à l'analyse, quasiment identiques, à l'exception des 2 échantillons de Houéyiho récoltés à deux stades végétatifs de la plante. Dans le Tableau 3, donnant les rendements en huile essentielle et la composition chimique des échantillons différents d'huiles essentielles, nous n'avons porté que la moyenne des résultats analytiques de chaque site, sauf pour Houéyiho.

**Tableau 3: Rendements et Compositions chimiques d'*O.basilicum* récolté à divers endroits du Bénin**

Localités	Mi	Arp	Po	Sa	Wo	Ho-1	Ki	Na	Ta	Ga	Ma	Ho-2
1,8-cinéole	1,4	2,6	4,5	0,1	1,5	0,3	4,7	2,2	0,1	4	1	1
linalol	45,3	0,8	0,1	0,1	29,1	48	0,2	20,4	0,1	0,1	67,9	42,2
terpinèn-4-ol	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	5,2	0,1	0,4	0,1	0,1	0,2	5,3
eugénol	15	0,1	0,1	0,1	0,4	5,5	0,1	1,7	0,1	0,1	4,3	14,2
$\beta$ -caryophyllène	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	1,8	1,4	8	4	3,8	0,1
tr $\alpha$ -bergamotène	6,7	2,6	3,6	3,6	2,2	14,9	0,2	1,3	0,1	0,1	7	11,6
T cadinol	5	0,6	0,1	0,1	0,8	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	4,2
méthylchavicol	1	87	89,8	86,7	54,6	0,4	89,6	55,2	65	85	0,4	0,4
Rendements	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,1
Types	DF	A	A	A	AD	DT	A	AD	AT	A	DT	DF

Mi: Midédji  
Po: Pobè

Sa: Savè  
Wo: Womey

Ki: Kilibo  
Na: Natitingou

Arp: Aéroport  
Ga: Gankpétin

Ma: Malanville  
Ho: Houéyiho

## II-1 Rendements

Les rendements en huile essentielle déterminés en masse d'huile par rapport à la masse de végétal frais, varient de 0,1 à 0,4%. Aux alentours de Cotonou (Midédji, Houéyiho, Womey, Aéroport) ils sont faibles par rapport à ceux obtenus avec les plants récoltés à l'intérieur du pays, notamment à Tanguiéta (0,4%).

On constate donc une variation sensible des rendements en huiles essentielles en fonction des sites de récolte (Fig. 18).

## II-2 Composition chimique

Les différents échantillons d'huiles essentielles analysées peuvent se regrouper en trois catégories selon leur composition chimique:

- La catégorie I, correspondant à des huiles riches en méthylchavicol (>65%), est constituée des échantillons en provenance de Pobè, Aéroport, Savè, Kilibo et Gankpétin, - tous du type A -, et de Tanguiéta qui est du type AT.

- La catégorie II regroupe les huiles riches en linalol (42-45%), eugénol ( $\approx$ 15%) et/ou trans  $\alpha$ -bergamotène (6-15%). Elle comprend les échantillons de Midédji, Houéyiho-2, - du type DF -, et Houéyiho-1 et Malanville du type DT.

- La catégorie III rassemble les huiles riches en méthylchavicol ( $\approx$ 55%) et en linalol (20-30%), - type AD -, et comprend les huiles en provenance de Natitingou et de Womey.

Les échantillons d'*O. basilicum* d'origine béninoise présentent un profil chromatographique voisin à ceux déjà décrits dans la littérature (Voir tableau 2 ci-dessus); nous avons pu les ranger aisément dans un ou l'autre des types et sous-types décrits précédemment. La catégorie I correspond aux essences de basilic type "Réunion", prédominante dans l'Océan Indien mais également trouvée en Égypte (79), à Taïwan (75), au Bhoutan (67), au Nigéria (72), etc...; celle de Tanguiéta, dont le produit secondaire est le  $\beta$ -caryophyllène (8%) se rapproche par sa composition d'une essence trouvée aux Philippines [81].

Les échantillons de la catégorie II, quant à eux, contiennent des taux de trans  $\alpha$ -bergamotène (6-15%) sensiblement plus élevés que ceux relevés jusqu'alors dans la littérature; ils se rapprochent, par leurs compositions, d'une essence trouvée au Nigéria (%m = 81,6) [87], essence du type DF mais contenant, comme troisième produit, du trans  $\alpha$ -bergamotène à un taux de 10,5 %. Il ne faut pas, à notre avis, attacher une importance exagérée au fait que deux essences soient du type DT et deux autres au type DF. Il s'agit de toute évidence du même chémotype mais avec inversion des % de



trans  $\alpha$ -bergamotène et d'eugénol; or, comme nous l'avons observé ultérieurement, les pourcentages respectifs de trans  $\alpha$ -bergamotène et d'eugénol varient sensiblement au cours du cycle végétatif (voir tableau 3); il suffit donc que les récoltes n'aient pas été faites au même stade de croissance de la plante pour que l'essence appartienne au type DT ou au type DF.

Les essences de la catégorie III, enfin, appartiennent au type "Tropical" décrit maintes fois tant dans les pays tropicaux, - Congo [52] - , que tempérés, - France [72].

### SECTION III CULTURES EXPÉRIMENTALES

Les récoltes de matériel végétal ayant servi à faire l'inventaire systématique des *Ocimum* du Bénin, ont été faites à des périodes différentes et sur des sites géographiquement très variés, il nous a paru intéressant de vérifier si les trois types chimiques identifiés conservent leur identité lorsqu'on les transfère d'un lieu à un autre. Ceci pourrait nous permettre de dire s'il s'agit de chémotypes vrais ou d'écotypes (c'est à dire des types dont la composition chimique varie suivant les facteurs climatiques ou pédologiques). Nous avons donc décidé de les mettre en culture, en parallèle, sur 5 sites expérimentaux, différents par la nature du sol et le climat.

Des trois types chimiques d'*O. basilicum* identifiés, le type A à méthylchavicol, et le type DF à linalol - eugénol sont couramment rencontrés dans les jardins, sur les marchés, au voisinage des habitations et de ce fait sont facilement disponibles pour la récolte des graines. Par contre pour le type AD, rencontré seulement en deux endroits, Womey et Natitingou, nous avons été limités pour l'obtention et la sélection des semences et dans l'impossibilité de conduire son expérimentation.

Les graines de basilic du type A proviennent de Kilibo, celles du basilic du type DF de Houéyiho; à Kilibo, les plantes-mères sur lesquelles nous avons récolté les graines donnent l'essence décrite au tableau 3. À Houéyiho, en revanche, les plantes-mères ne sont pas celles ayant donné les essences de ce même tableau. Nous avons fait une troisième récolte sur une station importante de basilic, fait une nouvelle extraction et une nouvelle analyse, puis recueilli les graines à maturité; comme nous le verrons ultérieurement, l'essence de Houéyiho-3 s'est révélée très semblable à celle de Houéyiho-1 (trans  $\alpha$ -bergamotène > eugénol) et appartient par conséquent au type DT (et non DF).

Afin d'étudier l'influence des sites de culture et des stades de floraison sur le rendement et la composition chimique des huiles essentielles, les graines correspondant aux types A et DT ont donc été mises en place sur cinq sites de culture suivant le protocole décrit dans le chapitre 3.

### **III-1 Description et caractéristiques des sites de culture**

Les différents paramètres relatifs au climat, aux sols et à la végétation ont été en partie décrits dans le chapitre 3 pour chacun des sites de culture choisis. Cependant nous donnerons brièvement quelques données complémentaires sur la pluviométrie et les analyses pédologiques.

#### **III-1-1 Données pluviométriques**

Elles sont regroupées dans le tableau 4. Pour le site du CENAP ces données étant inexistantes nous avons pris celles de Cotonou; distants d'une dizaine de kilomètres, les deux sites sont certainement soumis à des conditions pluviométriques voisines.

L'analyse de ce tableau permet de distinguer les différentes saisons caractéristiques de chaque site. Il apparaît:

- deux saisons pluvieuses avec des maxima variant d'un site à un autre.

\* Une grande saison pluvieuse de Mars à Juillet avec un maximum en Juillet pour les sites de Cotonou, Pobè, Niuouli et en Avril-Mai pour les sites de Savè et Parakou.

\* Une petite saison pluvieuse de Septembre à Octobre présentant un maximum en Octobre pour tous les sites à l'exception du site de Parakou pour lequel il se situe en Septembre.

- deux saisons sèches accompagnées de quelques averses.

\* Une petite saison sèche en Août.

\* Une grande saison sèche se situant entre Novembre et Février.

En considérant la pluviométrie annuelle et la fréquence des pluies, les sites du CENAP et Pobè devraient être privilégiés pour une culture d'*Ocimum*. Toutefois ceci ne trouverait sa validité que si ces particularités pluviométriques permettaient l'optimisation du rendement en huile essentielle. D'autre part ces relevés concernent la seule année 1997 et il n'est pas certain que la pluviométrie soit exactement régulière d'une année à l'autre.

#### **III-1-2 Données pédologiques**

Les essais ont été réalisés dans 3 zones agro-écologiques :

- la zone soudano-guinéenne (CENAP, Pobè, Niuouli),

- la zone soudano-guinéenne de transition (Savè),

- la zone soudanienne (Parakou).

Les travaux antérieurs [105, 106] réalisés sur ces zones ont regroupé les stations de CENAP, Pobè et Niuouli dans la catégorie des sols ferrallitiques ou Ferasols, et celles

**Tableau 4: Pluviométrie ( mm) et nombres de jours de pluies caractérisant les sites de culture**

	Jan	Fév	Mar	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Dec	Tot./Année
<b>Cotonou</b>	53,2 (2)*	0 (0)	278,3 (9)	230,6 (11)	294,6 (19)	622,2 (22)	112,2 (9)	54,7 (10)	155,9 (11)	339,7 (16)	26,3 (5)	35,6 (2)	2203,3 (116)
<b>Pobè</b>	18,4 (2)	26,3 (1)	133,8 (7)	183,9 (13)	78,6 (20)	196 (18)	110,7 (11)	58,9 (8)	144,6 (14)	220,8 (16)	43,6 (7)	57,3 (3)	1272,9 (120)
<b>Niaouli</b>	91,5 (2)	0 (0)	142,1 (7)	85,4 (5)	224 (13)	222,4 (14)	176,2 (8)	18,7 (2)	166,1 (13)	212,4 (12)	77,4 (6)	8,7 (2)	1424,9 (84)
<b>Savè</b>	0 (0)	1,1 (1)	116,2 (10)	173,7 (10)	98,4 (9)	150,2 (15)	117,3 (9)	29,5 (11)	177,4 (15)	190,3 (13)	0 (0)	27,5 (2)	1081,6 (95)
<b>Parakou</b>	0 (0)	1,5 (1)	41,7 (8)	149,9 (6)	151,2 (14)	102,8 (16)	96,7 (11)	50,7 (10)	239,1 (20)	145,1 (13)	0,6 (2)	0 (0)	979,3 (101)

\* : Nombre de jours de pluies

de Savé et Parakou dans la catégorie des sols ferrugineux tropicaux ou Luvisols. Par ailleurs les sols ferrallitiques du Sud-Bénin pouvant varier d'un point à un autre, nous avons fait des prélèvements sur chacun des sites de culture comme indiqué dans le Chapitre 3; les résultats des analyses pédologiques sont donnés dans le tableau 5.

L'analyse de ce tableau, effectuée avec l'aide des pédologues, montre que :

- sur les sites du CENAP, de Pobè et de Niaouli:

\* les sols sont sablo-limoneux en surface (0 à 20 cm. de profondeur) et sont constitués de 83 à 89% de sable et de 4 à 7 % de limon.

\* le taux d'argile dans cette partie supérieure du sol est compris entre 7 et 9 %; ce taux varie avec la profondeur: excepté au CENAP où il demeure constant jusqu'à 40 cm (7,3 %), il est de 14 % à Pobè et à Niaouli.

\* le sol est moyennement acide à Pobè (pH = 5,8) alors qu'il est faiblement acide à neutre ailleurs (pH de 6,4 à 7,0).

\* dans ces sols, le taux de matière organique est relativement bon: 1,3 % au CENAP, 1,4 % à Pobè et 2,3 % à Niaouli, entre 0 et 20 cm..

\* la capacité d'échange cationique(C.E.C..) est faible au CENAP et à Pobè (5 à 6 méq./100g. de sol) et moyenne à Niaouli (12 méq./100g.).

\* le taux de Phosphore assimilable est très élevé à Niaouli (93 %) et très faible sur les deux autres sites (tr. à 14 %).

- sur les sites de Savé et de Parakou,

\* les sols sont sablo-limoneux en surface à Savé (86 % de sable, 8 à 9 % de limon et 5 à 6 % d'argile) et limono-sableux à Parakou (14 à 16 % de limon, 73 % de sable et 9 à 11 % d'argile).

\* le pH est faiblement acide à faiblement basique à Savé (6,0 à 7,8) et presque neutre à Parakou (6,8 à 7,0).

\* la C.E.C. est faible sur les deux sites ( $\approx$  8 méq./100g.).

\* le taux de Phosphore assimilable est élevé : 64 % à Savé, 80 % à Parakou; il demeure cependant inférieur à celui relevé à Niaouli. Il en résulte que les sols de Parakou sont plus riches en éléments nutritifs que ceux de Savé.

\* le taux de matière organique est également bon dans ces deux sols : 1,3 % à Savé et 2,6 % à Parakou.

Ces différents résultats montrent que selon le paramètre pédologique considéré ces sols peuvent varier à l'intérieur d'une même catégorie et même se rapprocher en passant d'une catégorie à une autre.

Il n'est pas inutile, pour terminer cette présentation des données pédologiques, de faire ressortir quelques particularités observées sur certains sites :

\* le taux d'argile très faible caractérisant le site de Savé dénote un appauvrissement du sol par rapport aux autres sites.

**Tableau 5: Données pédologiques relatives aux sites de culture**

Sites	Taux d'argile (%)	Taux de sable (%)	taux de limon (%)	PH eau	% C	% N	M.O.*	Teneurs en cations			C.E.C *	P. ass *
	0-20 cm ; 20-40 cm	0-20 cm ; 20-40 cm	0-20 cm ; 20-40 cm					Ca++	Mg++	K+		
CENAP	7,29 ; 7,27	88,8 ; 88,2	4,9 ; 4,0	6,4-6,5	0,76	0,08	1,3	2,07	1,15	0,18	5,6	14
Pobè	7,6 ; 13,9	83,5 ; 78,7	7,3 ; 6,7	5,8	0,8	0,06	1,4	1,9	0,57	0,56	5,85	0,1
Niaouli	8,6 ; 14,2	85,9 ; 82,6	4,5 ; 3,2	6,4-7	1,3	0,1	2,3	7,8	1,4	0,5	11,7	93
Savè	5,3 ; 5,5	86,2 ; 86,0	8,6 ; 8,4	6-7.8	0,76	0,07	1,3	8,6	0,7	0,5	8,2	64
Parakou	9,4 ; 11,1	73,1 ; 73,2	16,1 ; 14,6	6,8-7	1,5	0,13	2,59	7,05	1,9	0,6	8,1	80

(\*)

M.O : Matières Organiques

C.E.C: Capacité d'échange cationique

P. ass: Phosphore assimilable

\* à l'exception du taux de limon relativement bas sur le site de Niaouli, ce site se rapproche de par sa composition de celui de Parakou, les deux étant caractérisés par une richesse en éléments nutritifs, comparativement aux autres sites. On doit par conséquent s'attendre à de bons rendements en matière végétale, et en huiles essentielles, sur ces sites.

\* Quant au site de Pobè il se distingue par son acidité plus élevée que celle des autres sites ainsi que par sa carence en Phosphore assimilable; ceci confirme son appartenance aux sols ferralitiques.

### **III-2 Influence des sites de culture sur le rendement et la composition chimique des huiles essentielles**

La mise en place de cultures expérimentales a été réalisée sur l'ensemble des sites retenus. Compte tenu des différences climatologiques des lieux de culture, les pépinières ont été mises en place lorsque les conditions de pluviométrie les plus favorables ont été réunies. Toutes les récoltes ont été réalisées au même stade végétatif: début de floraison, floraison moyenne, pleine floraison .

Pour identifier nos échantillons par un seul nom de code indiquant les 2 types de basilic, les 5 sites de culture et les trois périodes de récolte, nous avons adopté les conventions suivantes :

- OB<sub>1</sub> et OB<sub>2</sub> les plants d'*Ocimum* correspondant respectivement au type A et au type DT.

- C, Po, N, S et Pa les sites de CENAP, Pobè, Niaouli, Savè et Parakou.

- n , le numéro d'ordre de la récolte effectuée.

Un échantillon aura donc pour code XK<sub>n</sub> avec:

- X = OB<sub>1</sub>, OB<sub>2</sub>

- K = C, Po, N, S, Pa

- n = 1, 2, 3.

Exemple: OB<sub>1</sub>N<sub>1</sub> correspond à l'échantillon d'huile essentielle obtenu à partir des plants type A sur le site de Niuouli lors de la première récolte.

#### **III-2-1 Evolution physiologique des plantes**

Les dates des différentes étapes concernant la mise en place des cultures et l'évolution physiologique des plantes sont consignées dans le tableau 6.

L'analyse de ces étapes montre que:

- le maintien en pépinière de 4 à 6 semaines est nécessaire pour avoir des plants de maturité convenable pour être repiqués.

- autour de 4 à 7 semaines après le repiquage, soit 8 à 13 semaines après les

**Tableau 6: Dates de mise en pépinière, de repiquage et des différentes récoltes effectuées sur l'*O. basilicum* en fonction des sites de culture**

	Pépinière	Repiquage	1ère récolte Début de floraison	2ème récolte Floraison moyenne	3ème récolte Pleine floraison
CENAP	30/03/97	30/04/97	03/06/97	01/07/97	06/08/97
Pobè	13/03/97	26/04/97	11/06/97	07/07/97	18/08/97
Niaouli	09/06/97	15/07/97	22/08/97	17/09/97	17/10/97
Savè	03/05/97	27/06/97	11/08/97	12/09/97	14/10/97
Parakou	08/05/97	20/06/97	11/08/97	12/09/97	14/10/97

semis, les plants se trouvent en début de leur période de floraison. A partir de ce moment les stades de floraison se succèdent presque mensuellement pour s'arrêter au stade de maturité des graines au bout de 12 à 16 semaines (planche 7). Ce stade de maturité des graines est caractérisé dans la plupart des cas, par une chute presque totale des feuilles et un dessèchement des tiges qui conduisent soit à la disparition totale des plantes (cas de OB<sub>2</sub>), soit à leur disparition partielle pouvant correspondre à une "mise en sommeil" (cas de OB<sub>1</sub>). Dans ce dernier cas, un apport d'eau permet une reprise de la végétation.

Le facteur "eau" paraît avoir une influence sur les différents stades végétatifs observés: c'est le cas des échantillons mis en culture sur le site de Savè en période de basse pluviométrie qui ont connu un retard dans leur reprise par rapport aux échantillons semés, sur les autres sites, en pleine période pluvieuse.

### III-2-2 Variation du rendement et de la composition chimique des huiles essentielles en fonction du site de récolte

Afin de comparer entre eux les différents sites de culture nous ne présenterons dans ce paragraphe que les résultats analytiques obtenus sur des huiles essentielles provenant de plants parvenus au même stade végétatif. Nous avons choisi le stade de la pleine floraison qui correspond au développement optimum de la plante (maximum de poids de matière végétale par unité de surface) et donc à la période de récolte réelle en cas d'une mise en culture industrielle. Les rendements en huiles essentielles et les compositions chimiques de celles-ci sont rassemblés dans les tableaux 7 et 8.



*Ocimum basilicum* : jeunes pousses avant floraison



*Ocimum basilicum* plantes en pleine floraison



*Ocimum basilicum* plantes en début de maturité des graines



*Ocimum basilicum* plantes en fin de cycle végétatif

Planche 7 : évolution d'une plantation d'*ocimum basilicum* en fonction du cycle végétatif

### a) Rendements en huiles essentielles

Les rendements en huiles essentielles obtenus pour les deux types A (à méthylchavicol) et DT (à linalol - trans  $\alpha$ -bergamotène) varient sensiblement d'un site à l'autre. Ils sont plus élevés pour le type A (0,3 - 0,5%) que pour le type DT (0,1- 0,2%); ces rendements, en outre, sont plus élevés pour les végétaux provenant de Niaouli, Savè et Parakou. Cette même observation a été faite lors de l'inventaire systématique des *Ocimum* poussant au Bénin (Cf. Section II). Cette différence pourrait être due aux précipitations plus importantes sur ces sites (145-212 mm.) tandis que les autres sont soumis à un climat plus sec (54-60 mm.).

### b) Composition chimique

La composition chimique des huiles essentielles de type A (méthylchavicol) ne semble pas dépendre du site de culture. Le méthylchavicol demeure toujours nettement majoritaire (> 85%) sur tous les sites comme il l'est dans l'échantillon de référence. Cependant son taux est légèrement supérieur dans les prélèvements réalisés à Niaouli, Savè et Parakou (Fig. 20).

Pour le type DT (linalol - trans  $\alpha$ -bergamotène) on observe des variations beaucoup plus importantes selon le site de culture (Fig. 21). Ainsi:

- le linalol est généralement en proportion plus importante (>59%) que celle notée chez le plant de référence (49,7%); seul le prélèvement réalisé à Niaouli a un taux légèrement moins élevé (47,5%).

- les proportions de trans  $\alpha$ -bergamotène sont deux fois plus faibles que celles relevées chez les plantes-mères. Soulignons toutefois le cas encore particulier de l'échantillon de Niaouli où cette proportion en trans  $\alpha$ -bergamotène est divisée par trois.

- l'eugénol est beaucoup plus important (22,3%) dans l'échantillon de Niaouli alors que pour les autres provenances, il est voisin (4-8,5 %) de celui observé dans les plants de référence (5,2 %).

Cette étude sur l'influence des sites de culture montre que:

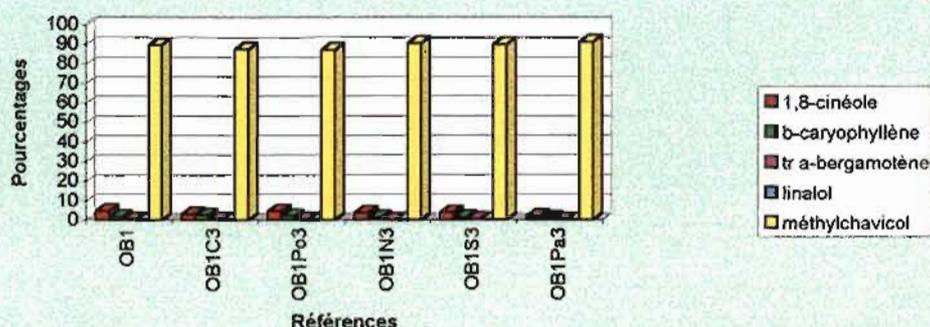
- pour l'un ou l'autre des deux types étudiés les rendements en huiles essentielles sont plus importants à l'intérieur du pays (Niaouli, Savè, Parakou) et que cette différence pourrait être attribuée aux précipitations enregistrées sur ces sites ainsi qu'à la nature des sols. Dans tous les cas, ces rendements plus élevés avec les échantillons de type A qu'avec ceux du type DT, sont comparables à ceux obtenus dans les échantillons de références.

- les compositions chimiques des huiles essentielles sont plus stables avec les échantillons du type A non seulement en passant d'un site à l'autre mais aussi par rapport à l'échantillon de référence (le pourcentage de méthylchavicol ne varie que

**Tableau 7:** Composition chimique et Rendements en huile essentielle d'*O. basilicum* OB1 en fonction du site de culture

Références	OB1	OB1C3	OB1Po3	OB1N3	OB1S3	OB1Pa3
1,8-cinéole	4,7	3	4,5	3,6	3,9	2
$\beta$ -caryophyllène	1,8	2,6	2	1,3	1,4	1,1
tr $\alpha$ -bergamotène	0,5	0,5	0,4	0,1	0,3	0,2
linalol	0,2	0,2	0,6	0,1	0,1	0,1
méthylchavicol	89,6	87,5	87	90,3	89,8	91
Types	A	A	A	A	A	A
Rendements (%)	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5

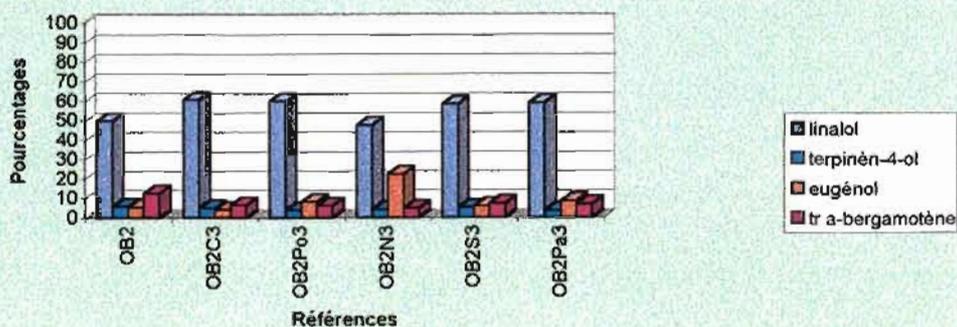
**Figure 20:** Variation de la composition chimique d'*O. basilicum* OB1 en fonction du site de culture



**Tableau 8:** Composition chimique et Rendements en huile essentielle d'*O. basilicum* OB2 en fonction du site de culture

Références	OB2	OB2C3	OB2Po3	OB2N3	OB2S3	OB2Pa3
1,8-cinéole	1,4	3,2	2,3	2,4	2,2	2,5
linalol	49,7	60,7	60	47,5	58,4	59,1
terpinèn-4-ol	5,6	4,9	3,7	4,1	5	3,6
méthylchavicol	0,3	0,3	0,1	0,2	1,4	1,9
eugénol	5,2	4	8	22,3	5,9	8,5
méthyleugénol	0,6	0,2	0,2	0,2	0,4	0,2
tr $\alpha$ -bergamotène	12,3	6,3	6	4,7	7,1	6,8
germacrène D	1,8	1	2,1	1,5	1,7	1,7
T cadinol	3,5	1,9	2,4	1,8	2,8	2,2
Types	DT	DT	DF	DF	DT	DF
Rendements (%)	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2

**Figure 21:** Variation de la composition chimique d'*O. basilicum* OB2 en fonction du site de culture



de 87 à 91 %). Par contre les huiles essentielles du type DT présentent des variations plus ou moins complexes de composition chimique aussi bien par rapport à l'échantillon de référence que d'un échantillon à l'autre; les pourcentages en eugénol et en trans  $\alpha$ -bergamotène se croisent de manière désordonnée et l'essence passe du type DT (Référence, CENAP et Savè) au type DF (Pobè, Niaouli, Parakou) selon le lieu de culture!!! Cela montre la grande "plasticité" de ce chémotype pour lequel de faibles variations des conditions édaphiques entraînent des variations importantes des deux voies biosynthétiques.

- d'autres études complémentaires en fonction des stades de floraison et du cycle végétatif des plantes semblent être nécessaires pour confirmer ou non l'influence des sites de culture afin de différencier, sans ambiguïté, chémotypes et écotypes.

Remarquons, enfin, pour clore cette discussion, que la stabilité de la composition des essences du type A (tableau 7) si elle n'apporte pas de révélation bouleversante permet au moins de répondre à une objection possible: il est, en effet tentant d'attribuer la variabilité du type DT aux imprécisions de l'analyse par CPG et aux erreurs éventuelles d'expérimentation. Tel n'est pas le cas car, si "imprécision" et "erreurs" il y avait, elles apparaîtraient également dans les analyses des échantillons du type A. Les données du tableau 7 sont au contraire parfaitement homogènes et cohérentes et permettent d'apprécier la fiabilité de l'expérimentation.

### III-3 Influence des différents stades de floraison sur le rendement et la composition chimique des huiles essentielles

Suivant les stades de la floraison (début, milieu et fin de floraison) des récoltes ont été effectuées sur chacun des sites de culture afin d'apprécier non seulement les variations du rendement et de la composition chimique des huiles essentielles mais aussi de confirmer éventuellement l'influence des sites de culture mise en évidence dans le paragraphe précédent.

Les résultats obtenus sont présentés dans les tableaux 9 et 10, respectivement pour les échantillons de types A et DT.

#### a) Rendements

On observe une variation différente du rendement selon les deux types d'*Ocimum* (Fig. 22).

\* Pour le type A, les rendements sont, en moyenne, légèrement plus élevés en début de floraison (0,3%) et en fin de floraison (0,4%) qu'en période de floraison moyenne ( $\approx$  0,2%).

Cependant quelques différences entre les sites sont observées :

**Tableau 9:** Composition chimique et Rendements en H.E. d'*O. basilicum* OB1 en fonction du stade de floraison et du site de culture

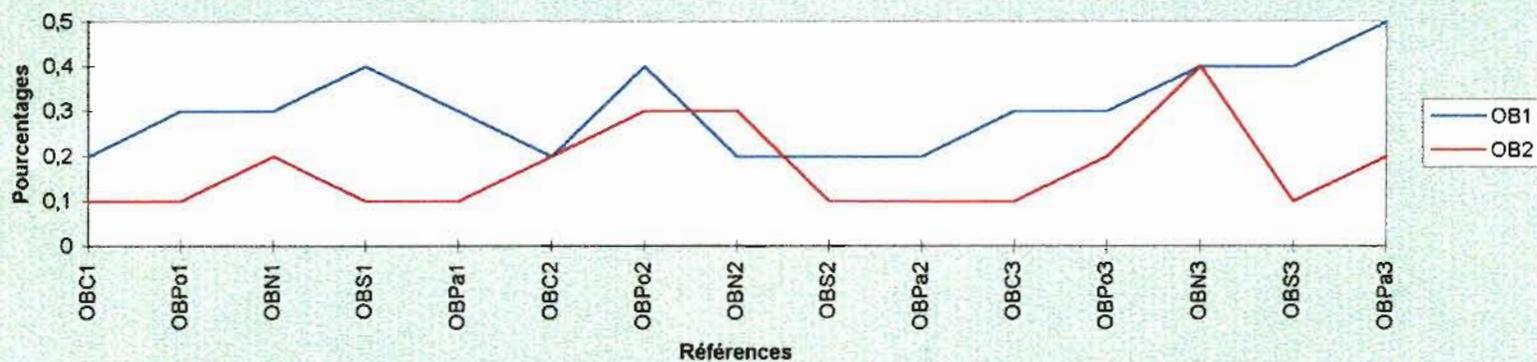
Références	OB1C1	OB1Po1	OB1N1	OB1S1	OB1Pa1	OB1C2	OB1Po2	OB1N2	OB1S2	OB1Pa2	OB1C3	OB1Po3	OB1N3	OB1S3	OB1Pa3
1,8-cinéole	3	2	2,3	3	1,8	1,3	3,9	3,8	2,7	4	3	4,5	3,6	3,9	2
$\beta$ -caryophyllène	0,9	0,7	1,1	1,6	0,8	0,9	1,2	1,4	1,6	1,4	2,6	2	1,3	1,4	1,1
tr $\alpha$ -bergamotène	0,1	0,1	0,2	0,3	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,3	0,5	0,4	0,1	0,3	0,2
linalol	0,1	1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,6	0,1	0,1	0,1
méthylchavicol	92,7	90	92,3	91,2	94	95,1	91,1	90,1	91	89,7	87,5	87	90,3	89,8	91
Rendements (%)	0,2	0,3	0,3	0,4	0,3	0,2	0,4	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5

87

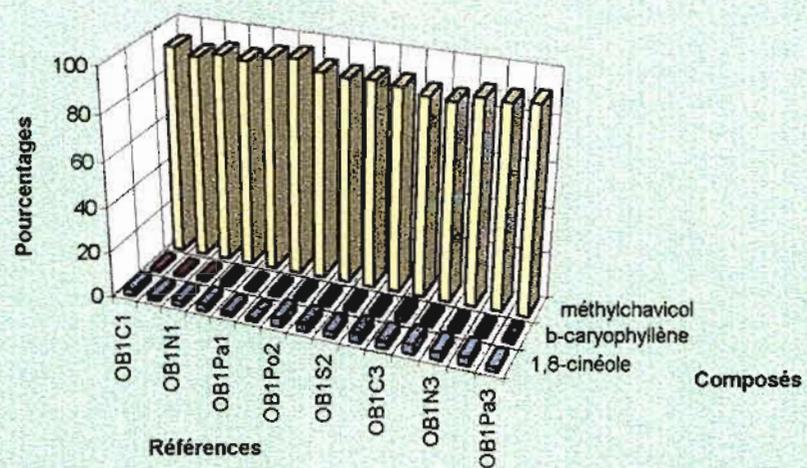
**Tableau 10:** Composition chimique et Rendements en H.E. d'*O. basilicum* OB2 en fonction du stade de floraison et du site de culture

Références	OB2C1	OB2Po1	OB2N1	OB2S1	OB2Pa1	OB2C2	OB2Po2	OB2N2	OB2S2	OB2Pa2	OB2C3	OB2Po3	OB2N3	OB2S3	OB2Pa3
1,8-cinéole	2,3	2	1,9	2,9	2,7	2,6	2,6	2,9	2,5	2,8	3,2	2,3	2,4	2,2	2,5
linalol	47,5	42	43,5	54,2	55,6	47,1	58,8	50,4	61,2	60	60,7	60	47,5	58,4	59,1
terpinèn-4-ol	5,1	3,4	3,8	3,6	3,7	4,9	4,1	3,8	4,2	3,4	4,9	3,7	4,1	5	3,6
méthylchavicol	0,5	0,5	0,3	0,3	0,3	1,7	0,2	0,2	0,7	0,2	0,3	0,1	0,2	1,4	1,9
eugénoï	14,2	31,2	30,2	17,8	11	25,3	14,2	23,7	6,5	12	4	8	22,3	5,9	8,5
méthyleugénoï	0,6	0,3	0,4	0,4	0,5	0,4	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	0,2
tr $\alpha$ -bergamotène	6,2	2,2	3,5	4,6	5	3,2	4,6	3,8	6,5	4	6,3	6	4,7	7,1	6,8
germacrène D	1,7	0,6	1,2	1,4	1,3	1,1	1,3	1,2	2,1	1,3	1	2,1	1,5	1,7	1,7
$\gamma$ -cadinol	2,4	1,5	1,9	1,6	1,9	1,5	1,4	1,6	2	1,7	1,9	2,4	1,8	2,8	2,2
Rendements (%)	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,1	0,1	0,1	0,2	0,4	0,1	0,2

**Figure 22:** Variation du rendement en H.E d'*O. basilicum* en fonction du stade de floraison et du site de culture



**Figure 23:** Variation de la teneur en composés principaux d'*O. basilicum* du type A en fonction du stade de floraison et du site



° les sites de Niaouli, Savè et Parakou font bloc commun et affichent les variations décrites ci-dessus.

° le site de CENAP donne un rendement constant (0,2 %) entre le début et la mi-floraison,

° le site de Pobè, quant à lui, donne un rendement maximum à la mi-floraison (0,4%).

Pour ce type, les variations observées dans les rendements ne semblent pas provenir de la pluviométrie. En effet, les faibles rendements observés au CENAP et à Parakou (0,2 %) l'ont été en période pluvieuse ( Juin-Juillet pour le CENAP, Septembre pour Parakou); par contre les valeurs élevées observées à Savè (0,4 %) sont obtenues aussi bien en saison sèche (Août) qu'en saison pluvieuse (Octobre). Pour l'instant, l'influence du site de culture n'apparaît pas de façon tranchée; on ne pourra tirer de conclusion partielle qu'après analyse du cas des échantillons de type DT; la conclusion définitive ne sera donnée qu'après analyses des variations observées avec les autres espèces. Cependant, pour ce type A, les périodes convenables pour une optimisation du rendement en huile essentielle sont celles correspondant au début et à la pleine floraison.

\* Quant aux plantes du type DT, on observe une légère variation du rendement en huile essentielle au fil de la floraison. Cette variation est la plus nette dans l'échantillon de Niaouli: d'une valeur de 0,2 % en début de floraison, le rendement passe à 0,3 % à la mi-floraison et atteint 0,4 % en pleine floraison. Quant aux sites de Savè et de Parakou, tout comme dans le cas précédent, ils font bloc commun et les rendements en huile essentielle sont sensiblement constants tout au long de la floraison. Cependant la période de mi-floraison semble être favorable à une optimisation du rendement en huile essentielle.

Il en résulte que le rendement en huile essentielle est plus influencé par les stades de floraison de la plante que par le site de culture. Les variations sont différentes selon le type considéré:

- pour le type A, l'optimisation du rendement peut être obtenue en début de floraison ou à la pleine floraison sur les sites de Savè et Parakou,

- pour le type DT, c'est plutôt la mi-floraison à Pobè et Niaouli qui semble convenir à l'obtention de bons rendements en huile essentielle.

#### **b) Composition chimique**

La composition chimique des huiles essentielles ne varie pas de la même façon pour chacun des deux types et il convient de les examiner séparément.

- Pour le type A les variations de pourcentages les plus notables sont celles du 1,8-cinéole, du  $\beta$ -caryophyllène et du méthylchavicol; les deux premiers produits voient

leurs teneurs augmenter lorsqu'on atteint la pleine floraison alors que celle du méthylchavicol diminue avec l'avancée de la floraison; cependant cette variation est limitée et ne dépasse pas quelques pourcents (Fig. 23). Ainsi:

- le 1,8-cinéole part d'une valeur moyenne de 2,4% en début de floraison pour atteindre 3,1 % à la mi-floraison et 4,1% en pleine floraison,

- le  $\beta$ -caryophyllène, quant à lui, prend des valeurs moyennes de 1,0%, 1,3% et 1,7 % au cours des mêmes stades de croissance de la plante,

- le méthylchavicol, par contre, varie de façon opposée aux deux composés précédents et sa teneur passe de 92% à 91,4% et enfin à 89,1% durant les mêmes stades de floraison.

L'influence du lieu de culture est moins prononcée sur la composition chimique que sur le rendement, les mêmes produits se retrouvant à des pourcentages très voisins quel que soit le site; dans l'optique de l'implantation d'une unité de production d'huiles essentielles, le choix des sites de Niaouli, Parakou ou Savè est indifférent pourvu que l'on fasse la récolte à la période de pleine floraison; les rendements en huile essentielle, en matériel végétal et en méthylchavicol seraient ainsi optimisés. Par contre, pour une optimisation qualitative des huiles essentielles, le choix des sites de Parakou ou Pobè s'impose puisque les pourcentages en composés secondaires seraient minimisés.

- Pour le type DT, par contre, les variations sont plus importantes et irrégulières et concernent les teneurs en linalol, eugénol et trans  $\alpha$ -bergamotène: de façon générale, jusqu'à la période de pleine floraison les pourcentages en linalol et trans  $\alpha$ -bergamotène augmentent pendant que celui d'eugénol diminue; après la floraison la teneur en trans  $\alpha$ -bergamotène augmente légèrement pendant que les pourcentages des deux autres composés est en légère régression (Fig. 24)

Même si les stades de floraison sont responsables de ces variations il n'en demeure pas moins que l'influence des sites est également importante; ainsi:

- en début de floraison,

- \* le taux en linalol est de 42 à 47% au CENAP, Pobè et Niaouli alors qu'il est voisin de 55 % à Savè et Parakou,

- \* la teneur en eugénol est sensiblement plus élevée (30-31%) à Pobè et Niaouli que sur les autres sites (11-18%),

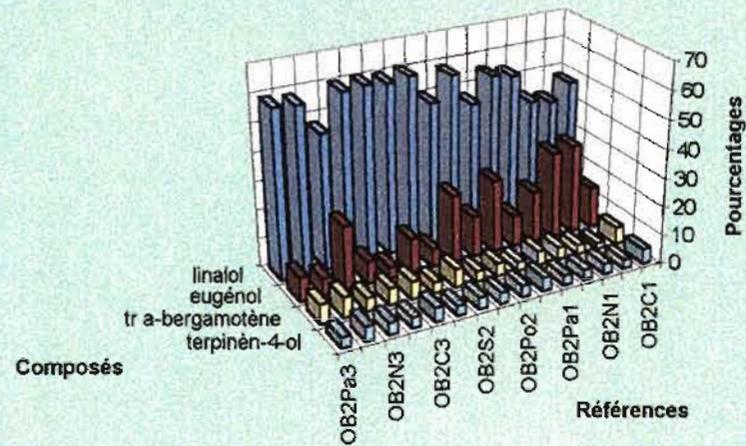
- \* le trans  $\alpha$ -bergamotène a une teneur plus élevée dans les échantillons de Savè, Parakou et CENAP (4,5-6%) que dans ceux de Pobè et Niaouli (2-3,5%).

- à la mi-floraison,

- \* les échantillons du CENAP et de Niaouli se caractérisent par leur teneur plus faible en linalol (47-50%) et en trans  $\alpha$ -bergamotène (3-4%) et leur teneur plus élevée en eugénol (23-25%)

- \* l'échantillon de Savè se particularise par sa teneur élevée en linalol (61,2%) et en trans  $\alpha$ -bergamotène (6,5%) et son faible pourcentage en eugénol (6,5%).

**Figure 24:** Variation de la teneur en composés principaux d'*O. basilicum* du type DT en fonction du stade de floraison et du site



Références	OB2C1	OB2Po1	OB2N1	OB2S1	OB2Pa1	OB2C2	OB2Po2	OB2N2	OB2S2	OB2Pa2	OB2C3	OB2Po3	OB2N3	OB2S3	OB2Pa3
linalol	47,5	42	43,5	54,2	55,6	47,1	58,8	50,4	61,2	60	60,7	60	47,5	58,4	59,1
eugénol	14,2	31,2	30,2	17,8	11	25,3	14,2	23,7	6,5	12	4	8	22,3	5,9	8,5
tr α-bergamotène	6,2	2,2	3,5	4,6	5	3,2	4,6	3,8	6,5	4	6,3	6	4,7	7,1	6,8
terpinèn-4-ol	5,1	3,4	3,8	3,6	3,7	4,9	4,1	3,8	4,2	3,4	4,9	3,7	4,1	5	3,6

- à la pleine floraison, seul le site de Niaouli se singularise, les autres faisant bloc commun:

\* le linalol et le trans  $\alpha$ -bergamotène y ont des teneurs moindres (47,5 et 4,7% respectivement) que dans les échantillons des autres sites (= 60% et 6,5%).

\* le pourcentage d'eugénol y est par contre plus élevé : 22,3% à côté d'une valeur de 4 à 8,5% observée sur les autres sites.

Ces variations de compositions chimiques recourent, pour ce type DT, les observations faites sur les rendements: les sites de Pobè et de Niaouli conviennent pour une optimisation et du rendement et de la composition chimique en fonction de l'usage recherché, pourvu que l'on effectue la récolte aux alentours de la mi-floraison.

Signalons, enfin, un fait assez singulier, à savoir qu'à partir de graines de plantes-mères de type DT (linalol - trans  $\alpha$ -bergamotène) on récolte des plantes-filles de type DF (linalol - eugénol) en début et à la mi-floraison avant de retrouver, sur certains sites, des plants de type DT à la pleine floraison.

Au terme de cette étude il apparaît une stabilité chimique certaine du type A à méthylchavicol, comparé au type DT à linalol - trans  $\alpha$ -bergamotène, en ce sens que les rendements et la composition chimique des huiles de ce type dépendent peu du site de culture et du stade de floraison de la plante: la mise en production de ce type de basilic ne présentera pas de difficultés puisque tous les sites lui conviennent.

Les pronostics deviennent plus délicats à faire pour le second type et il serait intéressant de situer les éventuelles causes de variations aussi capricieuses de la composition chimique des essences de ce type.

Toutefois ceci n'exclut pas d'étendre notre champ d'investigation au comportement de ces deux types suivant le cycle végétatif des plantes.

#### **III-4 Influence du cycle végétatif sur le rendement et la composition chimique des huiles essentielles**

Afin de mieux apprécier les variations précédemment observées au sein des types A et DT nous nous sommes proposés d'étudier l'évolution des rendements et de la composition chimique des huiles essentielles pendant une période de 8 mois couvrant non seulement les différentes phases physiologiques des plantes mais aussi les principales saisons.

Comme nous l'avons déjà mentionné dans le Chapitre 3 (p. 49), l'expérience a été conduite à Kansoukpa, village situé à une quinzaine de kilomètres au Nord de Cotonou.

### III-4-1 Évolution physiologique des plantes.

Mises en pépinière le 15/02/97 avec les conditions culturales déjà décrites dans le Chapitre 3, les graines de types A, DT et AD d'*O. basilicum* ont conduit au bout d'1 mois 1/2 à des plants ayant la hauteur moyenne de 10 cm et que nous avons alors repiqués.

Au bout de 14 semaines environ après les semis, soit 8 semaines après le repiquage, les plants portaient des boutons floraux annonçant la période de floraison; à partir de ce moment là, comme nous l'avions déjà mentionné dans le § III-2 (p. 82), les autres stades de floraison se succèdent presque mensuellement pour se stabiliser au stade de maturité des graines, 26 à 30 semaines après les semis, où on observe un durcissement des tiges et un dessèchement progressif des feuilles. Ces phases physiologiques sont regroupées dans le tableau 11.

Ainsi, suivant les objectifs visés: fins culinaires, optimisation du rendement et/ou de la composition chimique des huiles essentielles, obtention de semences, etc..., le matériel végétal peut être récolté à des périodes bien déterminées du cycle végétatif.

**Tableau 11: Evolution physiologique des basilics cultivés à Kansoukpa**

Temps après semis	14 semaines Juin	18 semaines Juillet	22 semaines Août	26 semaines Sept	30 semaines Oct
Evolution physiologique	* Boutons floraux	* Floraison moyenne	* Pleine Floraison * Début de maturité des graines	* Maturité moyenne des graines * Début de chute et de jaunissement des feuilles	* Maturité presque maximale des graines * Chute moyenne des feuilles

### III-4-2 Variation des rendements et des compositions chimiques

A chaque étape végétative signalée précédemment, une récolte de matériel végétal a été faite pour chacun des types chimiques observés. Les rendements et compositions chimiques des huiles essentielles obtenues sont rassemblés dans les tableaux 12, 13 et 14.

#### a) Rendements

Les variations des rendements en huiles essentielles observées au cours du cycle végétatif des plantes sont presque les mêmes quand on passe d'un type chimique à un autre (Fig.25).

**Tableau 12: Variation du rendement et de la composition chimique d'*O. basilicum* du type A en fonction du cycle végétatif**

Références	OB1K1	OB1K2	OB1K3	OB1K4	OB1K5
méthylchavicol	82,5	89,7	85,8	85,4	82,1
1,8-cinéole	3,1	4,1	4	4,3	7,3
Tr $\alpha$ -bergamotène	0,2	0,2	0,4	0,4	0,6
$\beta$ -caryophyllène	1,1	1	1,7	2,9	1,9
linalol	0,1	0,3	1,2	0,1	0,1
Rendements	0,1	0,5	0,3	0,3	0,4
Types	A	A	A	A	A

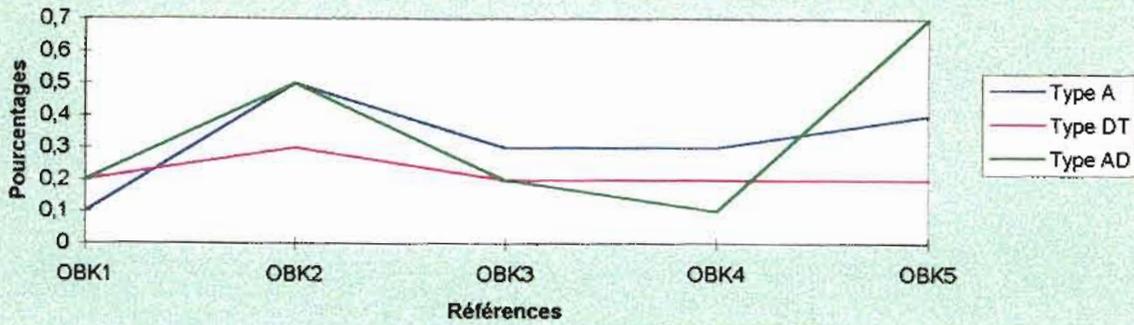
**Tableau 13: Variation du rendement et de la composition chimique d'*O. basilicum* du type DT en fonction du cycle végétatif**

Références	OB2K1	OB2K2	OB2K3	OB2K4	OB2K5
méthylchavicol	0,1	0,8	0,2	0,3	0,3
1,8-cinéole	2,5	2,5	2,3	2,3	2,1
germacrène D	1,3	1,1	2,1	1,6	2,1
Tr $\alpha$ -bergamotène	4,6	4,3	5,4	4,9	7
T-cadinol	2,3	1,5	2,7	2,3	3
eugénol	14	17,5	10,2	8,6	12,7
terpinèn-4-ol	4,5	4,7	4,1	3,7	3,5
méthyleugénol	0,2	0,4	0,3	0,2	0,2
linalol	54	53	57,2	61	51
Rendements	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2
Types	DF	DF	DF	DF	DF

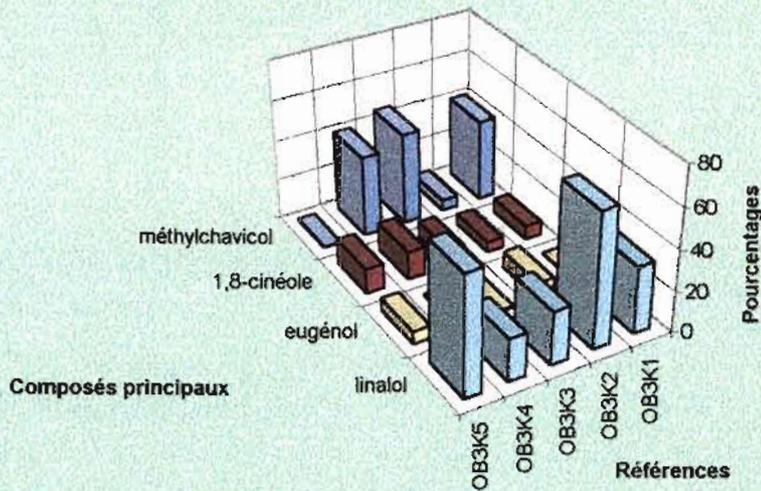
**Tableau 14: Variation de la composition chimique et du rendement d'*O. basilicum* du type AD en fonction du cycle végétatif**

Références	OB3K1	OB3K2	OB3K3	OB3K4	OB3K5
méthylchavicol	40,8	5,3	45,7	40,2	0,6
1,8-cinéole	7	5,2	7,8	14	12,3
germacrène D	0,2	2,1	2,9	2,9	3,3
Tr $\alpha$ -bergamotène	1,6	0,8	1,2	2	0,9
T-cadinol	1	0,6	1	0,6	1
$\beta$ -caryophyllène	1,6	1,7	2	2,2	1
eugénol	0,5	8	0,9	0,5	6
terpinèn-4-ol	0,2	0,2	0,2	0,3	0,1
linalol	33	66	26,3	21,1	58,9
Rendements	0,2	0,5	0,2	0,1	0,7
Types	AD	DF	AD	AD	DE

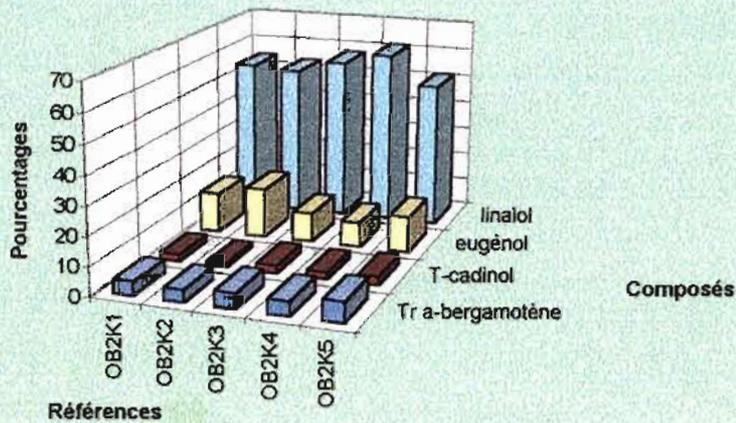
**Figure 25:** Variation du rendement en huile essentielle d'*O. basilicum* en fonction du cycle végétatif



**Figure 26:** Variation des composés principaux d'*O. basilicum* du type AD en fonction du cycle végétatif



**Figure 27:** Variation de la teneur en composés principaux d'*O. basilicum* du type DT en fonction du cycle végétatif



En général faibles au stade d'apparition des boutons floraux, ces rendements atteignent leurs maxima aux stades de floraison moyenne et de maturité des graines: ils gardent cependant une valeur relativement faible et constante pendant la pleine floraison. Ainsi :

- pour les plants du type **A**, partant d'une valeur de 0,1% avant la floraison, les rendements en huile essentielle atteignent 0,5% à la mi-floraison: ils décroissent ensuite à la pleine floraison et se stabilisent autour de 0,3%.

- quant aux plants du type **DT**, le rendement est maximum à la mi-floraison (0,3%) et revient à sa valeur initiale (0,2%) au cours des autres stades végétatifs.

- une variation similaire est notée chez les plants de type **AD** qui ont toutefois la particularité d'avoir une hausse sensible du rendement à la mi-floraison (0,5%) d'abord, puis au stade de la pleine maturité des graines (0,7%).

Comparés aux résultats obtenus dans la partie III-3 sur l'influence des stades de floraison, ces rendements sont complémentaires et vont dans le sens d'une confirmation. Notamment ils peuvent être rapprochés de ceux obtenus avec les échantillons du type **A** et **DT** cultivés à Pobè.

Aussi il semble être difficile d'indiquer un site de culture et une période donnée pour une optimisation du rendement en huile essentielle des basilics d'origine béninoise. Néanmoins les stades de floraison moyenne et de pleine floraison semblent être favorables à une optimisation des rendements en matières végétales et en huiles essentielles.

### **b) Composition chimique**

Les différentes valeurs obtenues après analyse de la composition chimique des huiles essentielles confirment les variations complexes des rendements observés sur le type **AD** (Tableau 14). Pour ce type une certaine relation semble exister entre les teneurs en 1,8-cinéole, linalol et méthylchavicol: majoritaires au stade d'apparition des boutons floraux, le méthylchavicol (40,8%) et le linalol (33%) voient leurs teneurs modifiées considérablement aux stades de mi-floraison et de pleine maturité des graines: le linalol passe respectivement à 66% et 59% pendant que le méthylchavicol chute à des niveaux très bas de 5,3% et 0,6%; ces deux composés retrouvent presque leurs teneurs initiales à la pleine floraison.

Cette variation brutale de la composition chimique observée à la mi-floraison et à la pleine maturité des graines, confirme celle notée dans les rendements.

Quant au 1,8-cinéole, son taux, initialement de 5,2% s'élève progressivement avec le développement des plantes et atteint son maximum en période de maturité des graines (12 à 14%) (Fig.26).

Ainsi les deux voies biosynthétiques existant à l'intérieur de ce type subissent des influences mutuelles au cours de l'évolution végétative des plantes, conduisant à la modification du profil chimique initial des huiles essentielles: on passe ainsi du type AD aux types DF (linalol - eugénol) et DE (linalol - 1,8-cinéole).

Ce type AD étant intermédiaire entre le type A et le type D, il serait intéressant d'analyser les différentes variations relevées à l'intérieur de ces types avant de tirer des conclusions relatives à la différenciation entre "chénotype" et "écotype" pour ces types chimiques.

Les résultats obtenus dans le tableau 12 confirment les diverses observations faites relativement à la stabilité du type A. Le méthylchavicol initialement majoritaire (>80%) dans l'huile essentielle, le demeure tout au long du cycle végétatif. Néanmoins, ce pourcentage semble être légèrement influencé par la densité foliaire et florale des plantes. En effet, relativement faible avant la floraison (82,5%) ce pourcentage connaît une augmentation (89,7%) en période de floraison moyenne, puis une diminution progressive (85,4%) à partir de la pleine floraison jusqu'au stade de la pleine maturité des graines (82,1%) où la densité foliaire diminue de façon progressive. Les valeurs les plus faibles de ce pourcentage en méthylchavicol sont obtenues en Juin et en Octobre correspondant à la pleine saison pluvieuse où apparaissent de nouvelles feuilles. Ceci pourrait nous amener à dire que la biosynthèse de ce composé majoritaire n'est que partielle dans les plantes jeunes et s'établit progressivement en période de floraison. Les différentes observations faites relativement à ce type lui confèrent davantage le caractère de "chénotypes". Ce type peut être alors valorisé à travers une production aisément maîtrisable; ainsi une récolte en période de floraison pourrait conduire à l'optimisation du rendement aussi bien en matériel végétal qu'en quantité et qualité de l'huile essentielle obtenue.

Quant au type DT, l'analyse des résultats groupés dans le tableau 13 montre une variation plus nette des pourcentages en linalol et eugénol, composés majoritaires, au cours du cycle végétatif. Relativement faible avant la période de floraison (54%), le pourcentage du linalol atteint son maximum aux stades de pleine floraison (57-61%). L'eugénol de son côté varie en sens inverse. Comme déjà observé avec le type AD il apparaît ici aussi une certaine relation entre la voie de l'acide mévalonique représentée dans ce cas par le linalol et la voie de l'acide shikimique représentée par l'eugénol. En ce qui concerne les terpénoïdes minoritaires, pendant que les pourcentages du trans  $\alpha$ -bergamotène et du T-cadinol augmentent progressivement au cours du cycle végétatif pour atteindre leurs maxima aux stades de maturité des graines, ceux du 1,8-cinéole et du terpinène-4-ol par contre, varient très faiblement en sens inverse (Fig.27). Cependant le profil chimique de l'huile n'est pas modifié: son appartenance au type DF est conservée.

Une étude similaire réalisée par Mahmoud [64] sur un basilic d'origine tchadienne et dont quelques résultats sont groupés dans le tableau 15, montre également une fluctuation remarquable des taux en linalol et en eugénoles qu'il a attribuée aux conditions climatiques. En effet cet auteur a observé que le taux en linalol augmente régulièrement et atteint son maximum (58,5%) en période pluvieuse tandis que celui d'eugénoles, insignifiant chez le jeune plant, s'accumule au cours de sa croissance et se stabilise aux environs de 20%. Ces observations seraient liées au besoin de défense du matériel cytotologique, puisque en période de forte pluviométrie, le développement des levures et autres agents pathogènes susceptibles de détruire le végétal serait favorisé.

Une explication analogue pourrait également être faite sur les variations observées chez le basilic du type DT que nous avons analysé. En effet, les pourcentages élevés d'eugénoles sont obtenus en période pluvieuse au moment où ceux du linalol sont relativement faibles. De la même manière, les variations aléatoires observées dans les échantillons du type AD, à méthylchavicol et linalol, pourraient trouver une explication dans le fait ci-dessus souligné; les taux élevés d'eugénoles étant obtenus en pleine période pluvieuse pendant que ceux du méthylchavicol connaissent une chute considérable.

Cette étude sur la variation du rendement et de la composition chimique des huiles essentielles en fonction du cycle végétatif de la plante confirme ou complète les différentes observations relevées à l'intérieur de chaque type d'*O. basilicum*:

- le type A est caractérisé par une stabilité chimique remarquable par comparaison aux deux autres; il conserve son patrimoine génétique quels que soient le milieu dans lequel il pousse et les paramètres environnementaux dont il subit l'influence.

- les deux autres types DT et AD caractérisés par la coexistence des deux voies biosynthétiques sont quant à eux très instables et il suffit d'une petite variation environnementale ou intraspécifique pour qu'une des deux voies soit préférentielle. Si ces variations paraissent empêcher toute possibilité d'exploitation raisonnée des huiles essentielles de ces types, il n'en reste pas moins que le choix de la période (pluvieuse ou sèche) peut permettre de produire des types chimiques donnés d'huiles essentielles : AD en période sèche et DF en période pluvieuse.

#### SECTION IV ÉTUDES COMPLÉMENTAIRES

Dans cette section, quelques études moins détaillées ont été faites sur l'un ou l'autre des types d'*O. basilicum* afin de tenter de compléter les observations déjà faites.

#### IV-1 Effet de séchage sur le rendement et la composition chimique d'huile essentielle d'*O. basilicum* du type A

Au stade de pleine floraison, une récolte abondante de feuilles d'*O. basilicum* du type A a été faite sur le site de Parakou. Le matériel végétal a été ensuite réparti en six lots quantitativement identiques. Un premier lot a été hydrodistillé, à l'état frais, dans les conditions habituelles signalées dans le chapitre 3 (p. 50). Les autres lots ont été séchés dans un endroit bien aéré et sous abri; ils ont été ensuite hydrodistillés successivement à des intervalles de temps de trois jours.

Les rendements en huile essentielle, la composition chimique de celle-ci ainsi que la perte en eau du matériel végétal sont consignés dans le tableau 16. L'analyse de ce dernier nous montre que:

- le rendement en huile essentielle rapporté à 100g de matériel végétal frais, augmente légèrement la première semaine de séchage (0,5% au départ, 0,65% au bout de 6 jours), il reprend et garde sa valeur initiale pendant tout le reste du temps du séchage. Il n'y a donc pas déperdition d'huile essentielle après 6 jours de séchage. Pour optimiser le rendement en huile essentielle, il est donc opportun de laisser sécher le matériel végétal quelques jours avant de l'extraire.

- la perte en eau du matériel végétal est importante au cours des six premiers jours du séchage (58% au 3<sup>ème</sup> jour et 72,5% au 6<sup>ème</sup> jour) pour atteindre une limite de 74% au 9<sup>ème</sup> jour. Le matériel frais perd donc, par évaporation de l'eau, les 3/4 de son poids. A partir de ce moment, pour une même quantité d'huile essentielle obtenue, la masse de matière végétale sèche à manipuler n'est que le 1/4 de celle de la matière fraîche. Soulignons toutefois que ces résultats doivent être considérés avec prudence car cette étude n'a été faite qu'en pleine saison pluvieuse coïncidant ici avec le stade de pleine floraison des plantes. Des différences pourraient apparaître en fonction des saisons (sèche ou humide). Ainsi la perte en eau observée sur le matériel végétal récolté au mois de Décembre, où sévit l'Harmattan, sera-t-elle pareille à celle observée en Juin, pleine saison pluvieuse? Il faudrait, avant de tirer des conclusions concrètes, procéder à une étude plus complète.

- la composition chimique de l'huile essentielle varie faiblement avec le séchage. Le méthylchavicol conserve un taux supérieur à 90%. Le 1,8-cinéole quant à lui, diminue très faiblement, tandis que le  $\beta$ -caryophyllène et le germacrène D conservent des teneurs avoisinant 1%.

Au regard des résultats obtenus ci-dessus, il apparaît que pour ce type A, une optimisation de la production d'huile essentielle soit possible: il suffit de traiter le matériel végétal une semaine environ après sa récolte.

Cependant il est à remarquer que nos résultats ne sont pas en accord avec ceux obtenus par Baritoux [72] et Venskutonis [107] qui ont poursuivi la dessiccation des

Tableau 15: Composition chimique de l'extrait au dichlorométhane d'*O. basilicum* d'origine tchadienne en fonction de la période de récolte

Périodes	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre
1,8-cinéole	2,5	3,1	2,6	2,5	3,3	0,2
linalol	38,1	53,4	58,5	40,8	36,7	35
acétate de bornyle	7,8	5,6	4,4	3,1	5,2	6
eugénol	2,7	3,7	6,3	21	22,6	22,3
cis $\alpha$ -bergamotène	11,3	10,6	9,9	9	8,7	8,3
$\delta$ -cadinène	5,4	3,8	4,4	3,8	4	3,6
cadinol	9,8	7,8	7,1	7	6,1	6,5

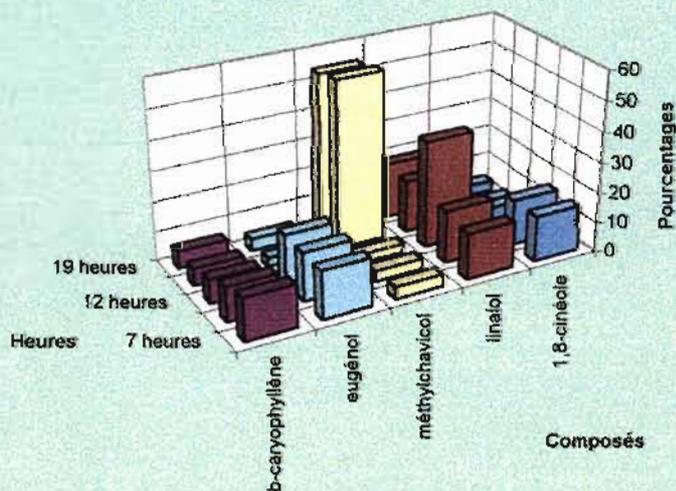
Tableau 16: Variation de la composition chimique et du rendement en H.E. d'*O. basilicum* OB1 en fonction du temps de séchage

	OB1-0	OB1-3	OB1-6	OB1-9	OB1-12	OB1-15
1,8-cinéole	1,5	2,4	2,7	1,9	1,8	1,4
terpinèn-4-ol	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1
méthylchavicol	91,9	91,6	92,9	91,1	94,3	92,6
$\beta$ -caryophyllène	1,4	1,4	1	1,5	1,3	1
germacrène D	1,3	1,3	0,9	1,5	1,3	1
Rendements (%)	0,55	0,65	0,6	0,55	0,55	0,55
Perte en eau (%)	0	58	72,5	74	74	74

Tableau 17: Variation de la composition chimique et du rendement en H.E. d'*O. basilicum* de type AD en fonction de l'heure de récolte

Périodes	7 heures	10heures	12 heures	16 heures	19 heures
1,8-cinéole	15,2	15,4	7,7	3,3	3,7
linalol	15,5	17,5	35,5	17,4	18,4
terpinèn-4-ol	0,5	0,3	0,1	0,1	0,1
méthylchavicol	4	3,5	3	56,3	54,2
eugénol	16	16,2	16,4	2,9	4
$\beta$ -caryophyllène	14	11,4	7,9	5,7	5,8
tr $\alpha$ -bergamotène	2,5	2,1	1,3	0,7	0,8
T-cadinol	2,9	3,2	3,2	0,2	0,5
Rendements (%)	0,2	0,17	0,2	0,3	0,25
Types	FD	DF	DF	AD	AD

Figure 28: Variation de la teneur en composés principaux d'*O. basilicum* du type AD au cours de la journée



plantes, à basse température, 7 à 10 mois; ils ont observé, au fil du temps une augmentation des pourcentages des composés provenant de la voie de l'acide mévalonique; nous avons volontairement travaillé sur une période beaucoup plus courte, proche des conditions réelles d'exploitation et nos résultats ne sont donc pas directement comparables aux leurs.

#### IV-2 Variation diurne de rendement et de la composition chimique de *O. basilicum* de type AD

Au stade de début de maturité des graines, une récolte de plantes du type AD cultivées à Kansoukpa a été effectuée à différentes heures de la journée:

- le matin: 7h. et 10h.
- à la mi-journée: 12h.
- dans l'après-midi: 16h. et 19h.,

en vue d'analyser les variations subséquentes du rendement et de la composition chimique de l'huile essentielle pour ce type. Ce dernier étant intermédiaire aux types A et DF, nous pensions pouvoir en tirer une conclusion relative à ces deux types.

Les résultats obtenus sont rassemblés dans le tableau 17. L'examen de ce tableau montre:

- que les rendements varient très faiblement jusqu'à midi et deviennent plus importants dans l'après midi. Ce qui signifie qu'il faut alors faire la récolte l'après midi pour escompter un bon rendement ; mais ceci n'aura de sens que si la composition chimique de l'huile essentielle ne varie pas de façon notable au cours de la journée.

- un changement significatif de la composition de l'huile essentielle en fonction de l'heure de récolte. Les observations suivantes se dégagent (Fig.28):

- a) le total des pourcentages des composés retenus dans le tableau est beaucoup plus important (86%) en fin de journée qu'en début (70%). Ce qui signifie que d'autres constituants, considérés comme non significatifs, absents en début de journée apparaissent en fin de journée.

- b) les composés: 1,8-cinéole,  $\beta$ -caryophyllène, trans  $\alpha$ -bergamotène et T-cadinol, formés par la voie de l'acide mévalonique, diminuent significativement au cours de la journée; par exemple le pourcentage de la voie *m* est de 80% à 7h et se conserve jusqu'à midi; il tombe ensuite à environ 41% entre 16h et 19h.

- c) parmi les composés formés par la voie *s*, l'eugénol majoritaire le matin (16%) voit sa teneur diminuer significativement dans l'après-midi (2,9-4%) alors que le méthylchavicol, quasi absent le matin ( $\approx 3,5\%$ ), atteint environ une teneur de 55% en fin de journée.

d) la variation étonnante de la teneur en linalol qui en début de journée est d'environ 15%, passe par un maximum à 12h (35%) pour retomber dans l'après-midi à son niveau initial.

L'interprétation physiologique de ces variations est impossible en l'absence de données portant sur plusieurs jours consécutifs. Ces variations mettent en évidence la fragilité du classement de cette espèce dans le type **AD**, puisque en début de journée c'est le linalol qui est majoritaire et l'essence est en ce moment là du type **DF**; elles confirment par contre ce qui a déjà été observé précédemment (Section III) (p.97): lorsque les deux voies de biosynthèse coexistent dans un même type, l'importance relative de l'un ou l'autre dépend de facteurs extrêmement subtils: stades de floraison, heure de récolte.

Soulignons ici la modification du profil chimique de l'huile obtenue dans cette IVème Section, par rapport à celui décrit dans la Section III-4-2 (Tableau 14, p. 94 ), entre les 4ème et 5ème récoltes (OB<sub>3</sub>K<sub>4</sub> et OB<sub>3</sub>K<sub>5</sub>); nos récoltes ayant été faites à Kansoukpa, une fois par mois, entre 10 h. et midi, on se rend compte qu'un tel intervalle de temps est beaucoup trop long pour contrôler convenablement des variations aussi fréquentes et complexes. Par exemple, entre ces deux récoltes, le profil chimique de l'huile est passé du type **AD** au type **DE** par variation des taux d'eugénol (16,3%) et de  $\beta$ -caryophyllène (9,6%); nous avons toutes raisons de penser que ce passage n'est pas direct mais se fait par passage intermédiaire par le type **DF** (linalol - eugénol).

Ceci explique qu'aucune conclusion concrète ne peut être déduite pour les types **AD** et **DT**.; il est alors important d'étendre nos investigations sur une longue période afin de tenter d'expliquer ces variations.

## CONCLUSION

L'examen de l'abondante littérature (173 analyses répertoriées) concernant *O. basilicum* nous a montré l'insuffisance des essais de classification effectués jusqu'à présent; nous avons essayé de "moderniser" cette classification en la basant sur les deux grandes voies biosynthétiques qui conduisent aux composés présents dans les huiles essentielles: la voie de l'acide mévalonique et celle de l'acide shikimique. Nous avons pu ainsi définir un certain nombre de types et sous-types désignés par un binôme de lettres correspondant à leurs composés prédominants.

La prospection de plants d'*O. basilicum* croissant au Bénin nous a fourni une vingtaine d'échantillons en provenance de 12 localités: l'analyse de leurs huiles essentielles nous a montré qu'ils appartenaient, pour la plupart, à des types déjà rencontrés ailleurs:

- un type **A**, très riche en méthylchavicol (% > 85), appelé couramment type "Réunion",
- un type **AD**, appelé "Tropical", à méthylchavicol prédominant mais accompagné d'un fort pourcentage de linalol,
- un type **DF**, à linalol majoritaire, accompagné d'eugénol et
- un type **DT**, à linalol majoritaire, accompagné de trans  $\alpha$ -bergamotène; seul ce dernier type semble être spécifique du Bénin.

La mise en culture des graines et l'étude de l'influence du site de culture, du stade de floraison et du cycle végétatif sur les types **A** et **DT** ont donné des résultats contrastés : le type **A** est extrêmement stable dans sa composition: le méthylchavicol garde une teneur supérieure à 85 % quels que soient les lieux de culture et la période de récolte. Au contraire le type **DT** est beaucoup plus "plastique": si le linalol reste le produit majoritaire, les pourcentages en eugénol et trans  $\alpha$ -bergamotène varient d'une manière aléatoire, se croisent au cours du temps si bien que l'on passe constamment d'un type **DT** à un type **DF** et vice-versa. Cette instabilité typologique montre qu'en réalité ces deux sous-types n'en font qu'un et qu'en fonction de circonstances encore mal définies, c'est tantôt le trans  $\alpha$ -bergamotène qui prédomine sur l'eugénol, tantôt le contraire.

Cette différence de comportement montre que lorsqu'une des deux voies biosynthétiques est très fortement prédominante, comme dans le type **A**, le patrimoine génétique semble être bien "fixé" et l'espèce est quasiment insensible aux conditions édaphiques; au contraire lorsque les deux voies biosynthétiques sont d'importance comparable les conditions du milieu et de culture peuvent privilégier l'une ou l'autre.

Des différences de comportement du même genre apparaissent dans l'étude de l'influence du temps de séchage et de l'heure de récolte sur la composition des huiles essentielles: dans l'expérience sur le temps de séchage, effectuée sur des plants du type **A**, les huiles gardent une composition constante. L'expérience sur l'heure de récolte, a été effectuée sur des plants du type **AD** (méthylchavicol / linalol); les pourcentages de ces deux produits varient considérablement au cours d'une même journée !

Cette sensibilité des plants de type "mixte" aux conditions extérieures, si elle posera de gros problèmes lors d'exploitation industrielle, est néanmoins très intéressante sur le plan scientifique fondamental et mérite d'être étudiée de manière plus approfondie. Notre travail n'a fait que soulever le problème.

## CHAPITRE 5

*OCIMUM CANUM* Sims

## SECTION I TRAVAUX ANTÉRIEURS

La littérature sur *O. canum* est incomparablement moins riche que celle sur *O. basilicum* puisque nous n'avons trouvé qu'une douzaine de références la concernant.

Nous n'avons retenu, dans cette partie que:

- les références "récentes", c'est-à-dire celles faisant état de l'analyse des huiles essentielles par CPG capillaire et éventuellement CPG/SM, et qui contiennent des données complètes à peu près fiables.

- les références dans lesquelles la plante est appelée *O. canum* ou *O. canum* (syn *O. americanum*), en négligeant celles où *O. americanum* apparaît seul.

Une classification par voie biosynthétique analogue à celle décrite dans le chapitre 4 nous a conduit aux résultats présentés dans le tableau 18, dans lequel nous avons indiqué les références des articles cités. L'analyse de ce tableau permet de relever deux catégories d'*O. canum* suivant les pourcentages de produits formés par la voie de l'acide mévalonique:

a) : % *m* < 50 c'est à dire % *s* ≥ 50 (Fig.29)

Les composés principaux de ces huiles essentielles proviennent de la voie de l'acide shikimique et définissent des types différents suivant les provenances des échantillons:

- \* les types à cinnamate de méthyle prédominant, retrouvés au Cameroun et à Aruba. Alors que celui d'origine camerounaise est à cinnamate de méthyle (> 80%), celui provenant d'Aruba est quant à lui accompagné du 1,8-cinéole (7%), du linalol (6,6%) et du terpinèn-4-ol (5,3%). Ces deux types peuvent être respectivement classés dans les types C et CE définis dans le Chapitre 4 (p. 71).

- \* le type à méthylchavicol (50,3%) retrouvé au Mali et accompagné d'un fort pourcentage d' $\alpha$ -terpinéol (20,4%); ceci conduit au type que nous désignerons AG (la lettre G indiquant l' $\alpha$ -terpinéol).

- \* les types à eugénol signalés au Nigéria et aux USA. Celui du Nigéria, plus riche en eugénol (> 65%), est accompagné d'autres sesquiterpènes tels que: le  $\delta$ -cadinène (9,8%), le  $\beta$ -élémane (4,3%) et le  $\beta$ -caryophyllène (3,4%) et appartient ainsi au type FT. Quant au type provenant des USA, la teneur plus faible en eugénol (39,4%) est compensée par celle en 1,8-cinéole (12,5%) et en méthylchavicol (10,7%). Il peut être classé dans le type FE.

b) : % *m* > 50 (Fig.30)

Cette catégorie est dominée par les composés issus de la voie de l'acide mévalonique dont les principaux composés sont: le linalol, le camphre, l' $\alpha$ -terpinéol, le 1,8-cinéole, le terpinèn-4-ol et la fenchone. Quelques fois certains composés issus de la voie de l'acide shikimique sont aussi présents; on peut citer : l'eugénol et son acétate, le

**Tableau 18:** Classification des *Ocimum canum* par voies biosynthétiques

%m	Origine	Principaux constituants						Réf.
19,3	CAMEROUN	CNM: 80,7	(BCY): 2,8	(TAB): 2,6	(LIN): 0,3	(MCH): tr.	65	
33,5	NIGÉRIA	EUG: 66,4	DCA: 9,8	(BEL): 4,3	(BCY): 3,4		108	
45,0	ARUBA	CNM: 53,8	CIN: 7,0	LIN: 6,6	TQO: 5,3		109	
49,4	MALI	MCH: 50,3	ATO: 20,4	(BCY): 3,1			22	
49,9	USA	EUG: 39,4	CIN: 12,5	MCH: 10,7	(BCY): 1,4	(LIN): 0,8	110	
82,6	CAMEROUN	LIN: 52,8	EUG: 17,0	CIN: 5,8	(TAB): 4,1	(TCO): 2,6	65	
87,0	BÉNIN	LIN: 63,5	MIE: 9,2	TAB: 5,4	(EUG): 3,3	(LIM): 2,5	3	
87,8	USA	LIN: 69,3	EUG: 11,4	CIN: 7,1	(BCY): 4,9	(MCH): 0,8	110	
90,8	USA	FCN: 55,6	LIM: 12,9	MCH: 9,2	BCY: 6,4	(CAM): 1,9	110	
91,1	INDE	CAM: 53,5	CIN: 7,4	TPN: 5,6	AEU: 5,0	(CMP): 4,8	111	
98,1	BÉNIN	TQO: 30,8	LIN: 28,7	HSB: 8,7	CVO: 7,5		3	
98,7	MALI	ATO: 61,8	BCY: 10,8	(BOC): 3,9	(AHU): 3,4	(FAR): 3,0	22	
98,9	INDE	CAM: 46,6	LIN: 11,1	(CMP): 4,2	(BCY): 2,1	(MCH): 1,1	113	
100	CAMEROUN	CIN: 78,3	BPI: 5,8	(ATO): 3,2	(API): 2,8		65	
100	RWANDA	LIN: 61,0	TAB: 8,2	BCY: 5,3			48	
100	RWANDA	LIN: 88,1	(BCY): 2,8				48	
100	SOMALIE	CAM: 60,0	LIM: 13,0	(GTR): 3,0	(BCY): 2,0	(CMP): 2,0	112	

CODE des ABRÉVIATIONS

AEU: Acétate d'eugényle  
 AHU:  $\alpha$ -Humulène  
 API:  $\alpha$ -Pinène  
 ATO:  $\alpha$ -Terpinéol  
 BCY:  $\beta$ -Caryophyllène  
 BEL:  $\beta$ -Élémène  
 BOC:  $\beta$ -Ocimène

BPI:  $\beta$ -Pinène  
 CAM: Camphre  
 CIN: 1,8-Cinéole  
 CMP: Camphène  
 CNM: Cinnamate de méthyle  
 CVO: Carvéol  
 DCA:  $\delta$ -Cadinène

EUG: Eugénol  
 FAR: Farnésène  
 FCN: Fenchone  
 GTR:  $\gamma$ -Terpinène  
 HSB: Hydrate de Sabinène  
 LIM: Limonène  
 LIN: Linalol

MCH: Méthylchavicol  
 MIE: Méthylisoeugénol  
 TAB: trans  $\alpha$ -Bergamotène  
 TCO: T-Cadinol  
 TPN: Terpinolène  
 TQO: Terpinèn-4-ol



méthylisoeugénol, le méthylchavicol. Deux principaux types caractérisent cette catégorie: le type à linalol et le type à camphre majoritaires.

- les types à linalol: ils ont été décrits au Cameroun, au Bénin, aux USA, au Rwanda, et se subdivisent en trois autres sous-types:

\* un sous-type à linalol (52-69%) - eugénol (11-17%) décrit au Cameroun et aux USA correspondant au type **DF** déjà décrit (p. 71).

\* un sous-type à linalol (> 60%) riche en sesquiterpènes: trans  $\alpha$ -bergamotène (8,2%) et  $\beta$ -caryophyllène (5,3%), décrit au Rwanda et correspondant au type **DT** (p. 71).

\* un sous-type à linalol seul (>85%), décrit également au Rwanda et correspondant au type **D** (p. 71).

\* un sous-type à linalol (63,5%) - méthylisoeugénol (9,2%) déjà décrit au Bénin [3]. Il correspond à un nouveau type que nous appellerons **DF'**.

- les types à camphre: ils ont été trouvés en Somalie et aux Indes. Celui d'origine somalienne contient outre le camphre (60%), une teneur notable en limonène (13%) et correspond à un nouveau type **HT** (la lettre **H** désignant le camphre). Quant aux essences d'origine indienne, elles diffèrent l'une de l'autre par la teneur en 1,8-cinéole (7,4%) pour l'une et en linalol (11%) pour l'autre; ceci permet de les classer respectivement en deux types **HE** et **HD**.

Outre ces deux types principaux, on relève également d'autres types relativement rares et qui méritent confirmation. Il s'agit de :

\* un type à fenchone (55,6%), **IT** (la lettre **I** désignant la fenchone), décrit aux USA et comportant des pourcentages notables en limonène (13%) et en méthylchavicol (9%),

\* un type à  $\alpha$ -terpinéol (62%), **GT**, analysé au Mali et contenant un taux moyen en  $\beta$ -caryophyllène (10%),

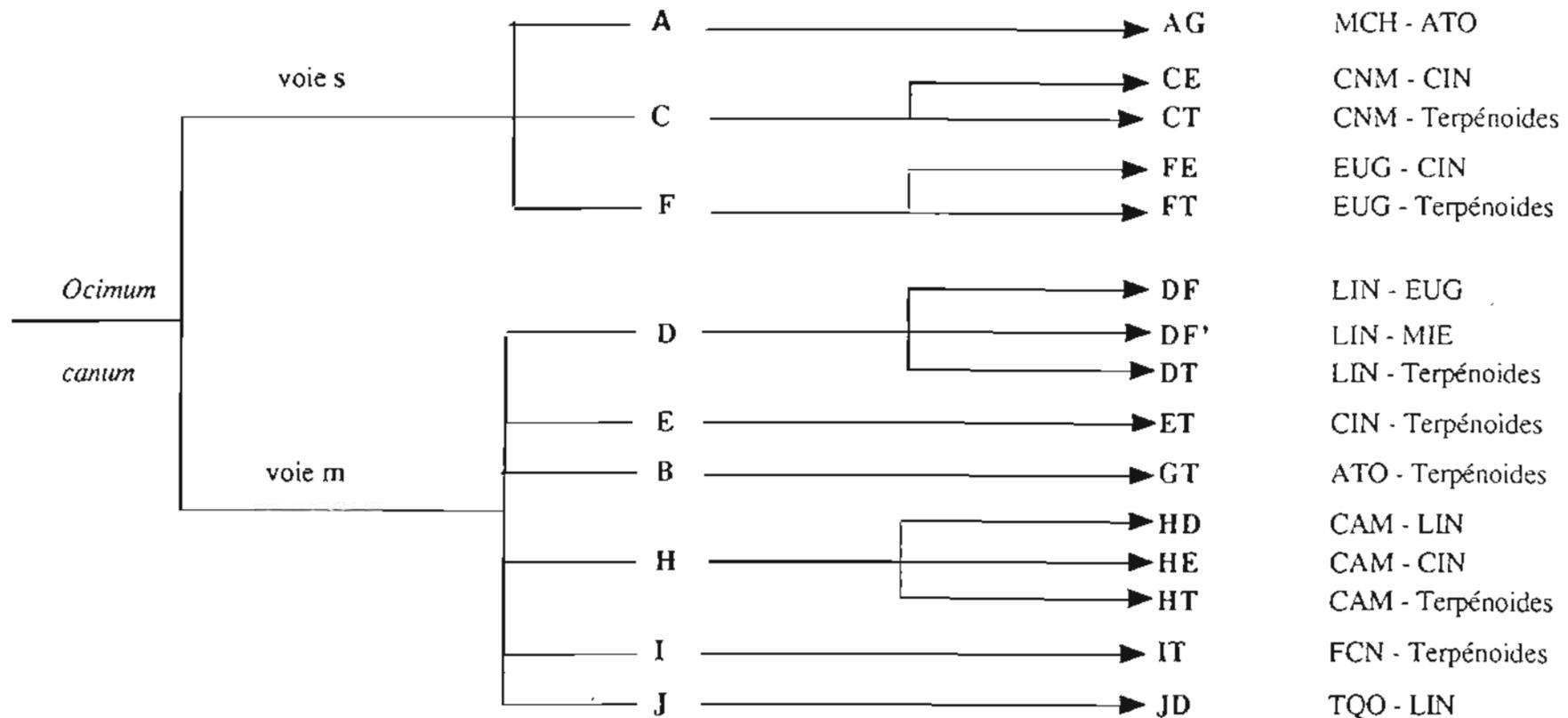
\* un type à terpinèn-4-ol (31%), **JD** (La lettre **J** désignant le terpinèn-4-ol) accompagné du linalol (28,7%), trouvé au Bénin ,

\* un type à 1,8-cinéole (78,3%) étudié au Cameroun et correspondant au type **E** décrit dans le chapitre 4 (p. 71).

Les filiations entre les différents types et sous-types ont été mises sous forme d'un dendrogramme, représenté figure 31.

Ainsi on peut se rendre compte de la diversité de composition chimique de l'huile essentielle de cette espèce; comme toutes les espèces génétiquement "mal fixées", *O. canum* est très sensible aux conditions édaphiques qui prévalent dans son biotope, ce qui conduit à l'apparition de presque autant de chémotypes que d'origines géographiques différentes. Il est intéressant de remarquer que les deux voies de biosynthèse coexistent dans le patrimoine génétique de cette espèce et sont l'une ou

**Figure 31** : Dendrogramme des différents types et sous-types d'*Ocimum canum*



Le code des abréviations est donné au bas du tableau 18

l'autre, prédominante. Nous pouvons donc nous attendre à tout, au moment d'entreprendre le recensement des espèces d'origine béninoise.

### **Remarques:**

- les huiles essentielles obtenues par Lawrence aux USA ne proviennent pas d'*O. canum* endémiques, mais de plants d'*O. canum* obtenus à partir de graines "exotiques" (origine non précisée), et semées en Caroline du Nord.

- Gupta [114], au Regional Research Laboratory (RRL) de Jammu, a effectué un travail très important de sélection génétique sur *O. canum* ; il est arrivé à obtenir des hybrides pouvant donner des essences contenant jusqu'à 75% de linalol, de cinnamate de méthyle ou de camphre.

## **SECTION II INVENTAIRE SYSTÉMATIQUE DES OCIMUM CANUM DU BÉNIN**

Des récoltes aléatoires d'*O. canum* ont été faites de Juillet 95 à Octobre 97 dans plusieurs localités du Bénin. Cette espèce, moins utilisée que *O. basilicum* dans la région de Cotonou n'a été récoltée que dans deux localités: Houéyiho et Womey. Par contre, son utilisation est plus fréquente dans les régions plus reculées et nous avons pu en faire des récoltes variées autour de Pobè, Savè, Kilibo (au Centre du pays), Parakou, Ina, Kandi (au Nord-Est), Aléjo, Copargo, Natitingou, Tanguiéta (au Nord-Ouest).

Les résultats obtenus par analyse chimique des différents échantillons d'huiles essentielles sont donnés dans le tableau 19.

a) Les rendements rapportés à 100g de matière végétale fraîche, inscrits dans ce tableau, varient de 0,1% à 0,6% d'une localité à l'autre. Les valeurs les plus faibles sont obtenues à Kandi, Parakou, Tanguiéta et Pobè. Cependant, dans chacune des régions prospectées à l'intérieur du pays (au Centre, au Nord-est et au Nord-Ouest), les rendements semblent varier de façon identique: en effet de Pobè à Kilibo d'une part, d'Aléjo à Tanguiéta puis de Parakou à Kandi, d'autre part, ils atteignent leurs valeurs maximales respectivement à Savè, Natitingou et à Ina, localités situées géographiquement en position intermédiaire (Planche 8').

Les récoltes ayant été faites à des périodes différentes à l'intérieur de chaque région, il est un peu difficile, à ce stade de l'étude, d'expliquer convenablement ces variations. Toutefois les rendements obtenus dans la ville de Cotonou et environ (Houéyiho, Womey) sont bons et plus homogènes (0,4%). Ainsi, si le profil chimique des huiles essentielles obtenues se prêtent à l'utilisation, la localité de Cotonou ainsi que celles de la région du Nord-Ouest pourraient convenir pour une exploitation future de cette espèce.

Tableau 19: Composition chimique et Rendement en huile essentielle d'*O. canum* récolté dans diverses localités du Bénin

Localités (*)	Sa Juil. 95	Po Sept. 95	Ina Dec. 95	Ho Nov. 96	Alé Jan. 97	Ka Jan. 97	Pa Mai. 97	Cop Mai. 97	Ta Mai. 97	Na Mai. 97	Ki Juil. 97	Wo Oct. 97
limonène	0,2	0,1	3	0,5	1	4	2	3	4,3	3,7	2,8	3,1
$\gamma$ -terpinène	0,1	0,8	3,6	0,6	1,4	8,3	4,8	9,1	8,7	9,2	7,4	7,8
hydrate de sabinène	4,5	7,4	6,6	6,1	2,2	6,3	3,7	2	0,3	7,7	3	6,7
linalol	10,4	8,5	8	34,2	50,1	1,1	31,7	0,8	0,1	5	18,5	4
camphre	0,2	0,4	0,4	0,3	0,2	0,3	0,3	0,6	0,4	0,7	0,5	0,7
terpinèn-4-ol	44,9	43,9	27,4	14	7,5	25	26,8	51,5	52,8	50,6	44,2	44,4
$\alpha$ -terpinéol	0,7	0,5	0,3	0,1	0,1	0,5	0,3	0,3	0,5	0,2	0,1	0,3
méthylchavicol	6,1	5,2	7,2	0,4	0,4	0,2	0,3	0,7	0,8	0,7	0,5	0,8
$\beta$ -caryophyllène	6	4	9	4,4	10	8	4,3	5,4	8,7	3,1	2,1	5,2
tr $\alpha$ -bergamotène	8	5	6	3,5	7,6	11,4	5	4	4,4	3,1	2,7	4
germacrène D	1,1	0,9	0,6	0,5	0,4	5	2,1	0,9	1,6	0,5	0,5	0,6
Rendements	0,6	0,16	0,4	0,4	0,3	0,1	0,15	0,36	0,15	0,5	0,2	0,4
Types	JD	JD	JD	DJ	DT	JT	DJ	JT	JT	JT	JD	JT

(\*)

Sa: Savè

Po: Pobè

Ho: Houéyiho

Ta: Tanguiéta

Ki: Kilibo

Pa: Parakou

Alé: Alédjo

Ka: Kandi

Cop: Copargo

Na: Natitingou

Wo: Womey



b) Du point de vue de la **composition chimique** de leurs huiles essentielles, les différents échantillons analysés se regroupent en deux types principaux (Fig.32):

- le type à linalol (32-50%) accompagné de :

\* terpinèn-4-ol (14-27%) retrouvé dans les échantillons provenant de Houéyiho et de Parakou; il correspond au type **DJ** déjà signalé plus haut,

\* $\beta$ -caryophyllène (10%), appartenant au type **DT** et observé uniquement dans l'échantillon provenant d'Aléjo.

- le type à terpinèn-4-ol (25-53%), accompagné suivant les cas d'une teneur appréciable en  $\gamma$ -terpinène,  $\beta$ -caryophyllène, trans  $\alpha$ -bergamotène, et correspondant au type **JT**. Ce type a été retrouvé dans la plupart des échantillons analysés (Kandi, Copargo, Tanguiéta, Natitingou, Womey).

Il apparaît ainsi que :

- les échantillons récoltés à Cotonou et caractérisés précédemment par une homogénéité de leurs rendements en huile essentielle, appartiennent en fait à deux types différents: **JT** pour Womey et **DJ** pour Houéyiho,

- les échantillons provenant du Centre-Ouest (Aléjo) et du Nord-Ouest (Copargo, Natitingou et Tanguiéta) sont du type **JT**, à l'exception de celui d'Aléjo qui est du type **DT**.

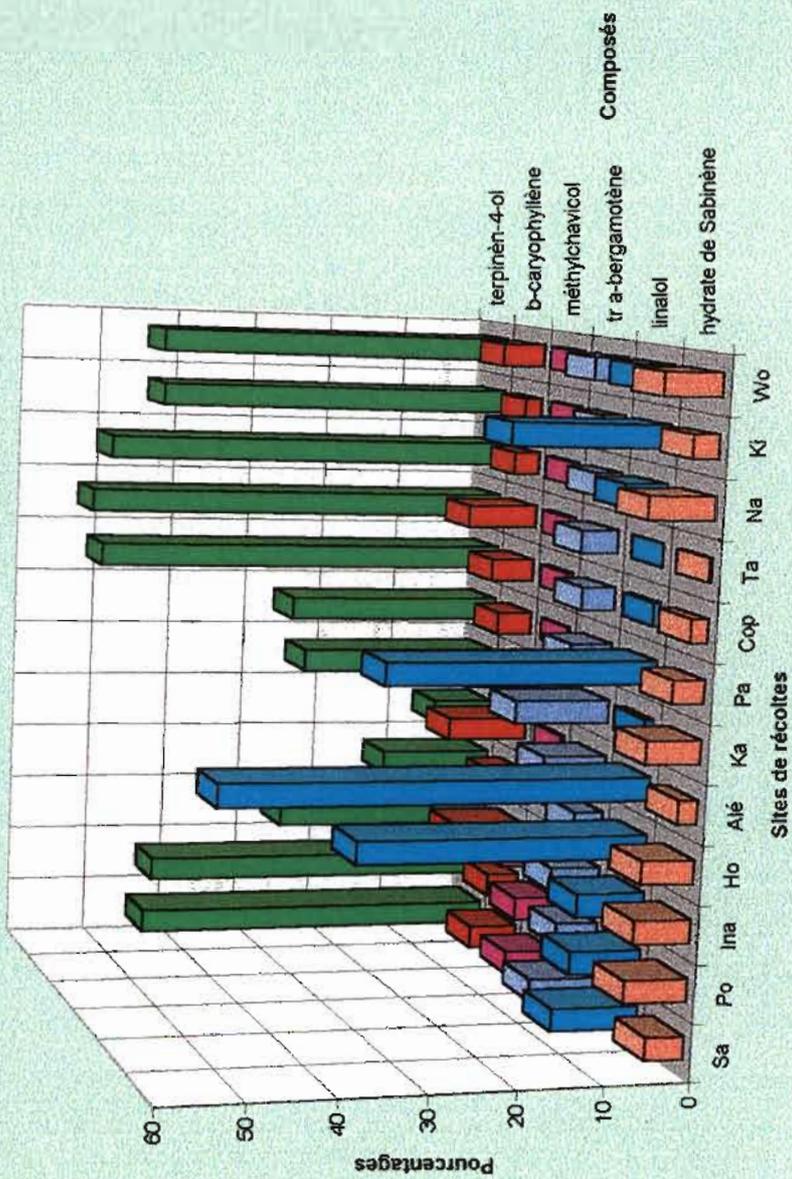
- ceux provenant de l'Est du pays sont soit au type **JD** (Savè, Pobè, Ina et Kilibo), soit au type **DJ** (Parakou) soit, enfin, au type **JT** (Kandi).

Nos résultats, comparés à ceux obtenus par Ayédoun [3], confirment l'existence des deux types chimiques observés pour *O. canum*. Ceci ajoute ainsi aux variétés déjà connues pour cette espèce, un nouveau type à terpinèn-4-ol. Par ailleurs, les composés tels que: le cinnamate de méthyle, le camphre, l'eugénol ou le méthylchavicol retrouvés en proportions plus ou moins importantes dans les échantillons d'origine exotique (Aruba, USA, Nigéria, Mali, etc.), sont retrouvés en proportion négligeable voire nulle dans nos échantillons. Par contre les pourcentages notables en  $\gamma$ -terpinène et hydrate de sabinène trouvés dans nos échantillons les démarquent des types déjà signalés dans la littérature.

### SECTION III CULTURES EXPÉRIMENTALES

En vue de mieux situer les variations observées dans la composition chimique d'*O. canum*, une étude de l'influence du sol, des stades de floraison et du cycle végétatif a été effectuée dans les mêmes conditions que celles déjà décrites dans la

Figure 32: Variation de la teneur en composés principaux d'*O. canum* en fonction du site de récolte



section III du chapitre 4 (sites de culture, données climatiques et pédologiques, dates de mises en pépinières, de repiquages, de récoltes, etc...) (p. 48; 77-80).

Cette étude a porté sur les deux types principaux relevés chez *O. canum* à l'issue de l'inventaire systématique : type linalol (provenant d'Aléjo) et type terpinèn-4-ol (venant de Kandi).

Nous convenons dans ce chapitre de désigner par OC<sub>1</sub> et OC<sub>2</sub> les échantillons d'huiles essentielles provenant de la mise en culture des graines récoltées respectivement à Kandi et Aléjo; les sites de culture ainsi que les numéros de récolte conservent les désignations décrites dans le chapitre 4 (p. 81).

### III-1 Influence du site de culture sur le rendement et la composition chimique des huiles essentielles

De façon analogue à celle décrite dans le chapitre 4, les graines sélectionnées d'*O. canum* sont mises en pépinière sur chacun des sites de culture. Pour une bonne comparaison nous n'avons considéré dans cette étude que les récoltes faites au stade de maturité des graines.

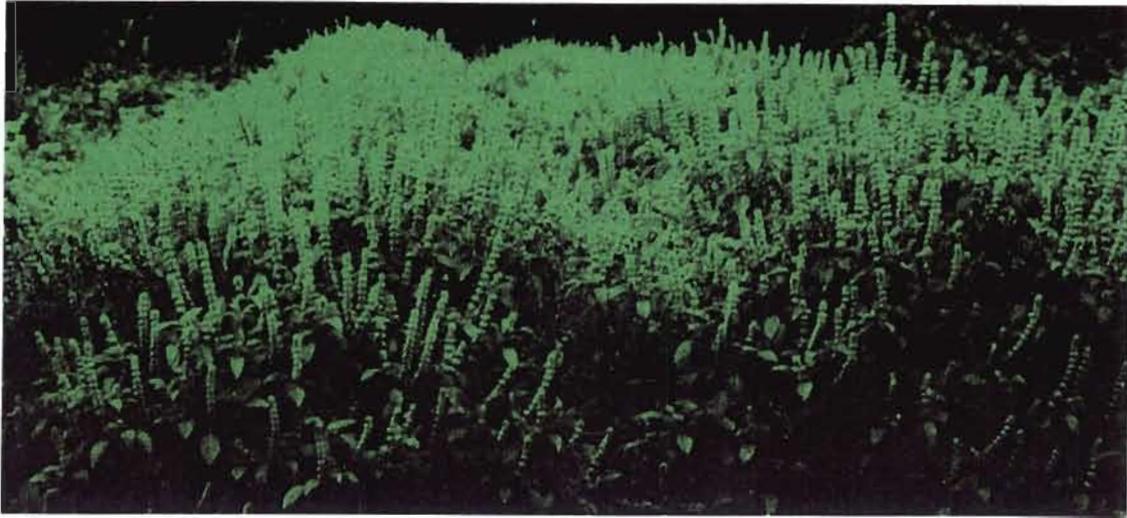
#### III-1-1 Evolution physiologique des plantes

Environ quatre semaines après les semis, les plants provenant des graines de Kandi ont été repiqués sur tous les sites de culture; par contre ceux issus des graines d'Aléjo n'ont été repiqués que sur les sites de Pobè et Parakou, les seuls sites où ils aient germé. Pour une bonne analyse des données, nous nous sommes limités à ces deux sites pour ces échantillons.

Au bout de huit (8) semaines après les semis, les plantes ont toutes atteint leur phase de floraison. A partir de ce moment, les autres stades de floraison se sont succédés comme chez *O. basilicum* mais de façon plus rapide, et aux environs de la 12<sup>ème</sup> semaine après les semis, les plantes étaient en phase de maturité des graines (Planche 8). Cependant les plantes cultivées au CENAP et à Pobè ont eu une évolution physiologique plus rapide que celles provenant des autres sites; cette croissance plus importante est probablement due à la différence des conditions pluviométriques caractérisant ces sites: les semis y ont été faits en saison pluvieuse alors qu'ils l'ont été en saison sèche sur les autres sites.

Les dates de mise en pépinière, de repiquage et des différentes récoltes ainsi que les données pédologiques et pluviométriques sont identiques à celles relevées pour *O. basilicum* (Cf Tableaux 4 à 6) (p. 78; 80; 82).

Nous n'avons donné ici que l'évolution des plantes sur les différents sites (Tableau 20).



Plante en période de pleine floraison



Plante en période de fin de cycle végétatif

Planche 8 : évolution d'une plantation d'*Ocimum canum* à deux stades végétatifs de la plante

### III-1-2 Rendement et composition chimique des huiles essentielles

Au stade de maturité des graines, une récolte de partie aérienne des plantes a été effectuée sur chacun des sites. Les tableaux 21 et 22 rendent compte des rendements en huiles essentielles ainsi que de leurs compositions chimiques respectivement pour les échantillons relatifs à OC<sub>1</sub> et OC<sub>2</sub>.

#### a) Rendements

\* Le rendement en huile essentielle obtenu à partir des plants sauvages récoltés à Kandi (référenciés OC<sub>1</sub>), générateur des graines semées ultérieurement, est remarquablement faible par rapport à ceux provenant des plantes cultivées (Fig.33). De même les rendements obtenus à Pobè, au CENAP et à Savè sont relativement plus faibles (0,3%) par rapport aux autres (Parakou et Niaouli) ; la pluviométrie pourrait *a priori* être responsable d'une telle variation puisque les récoltes ont été effectuées en période sèche à Pobè et CENAP (5-58 mm) tandis que sur les autres sites, elles ont été faites en période pluvieuse (145-212 mm). Cependant, la valeur plus faible du rendement obtenu à Savè (0,3%) par rapport à celle enregistrée à Niaouli (0,5%) et Parakou (1,2%) pourrait mettre en évidence une éventuelle influence du site. Pour valider une telle explication il nous paraît nécessaire de multiplier les récoltes à différentes périodes sur chaque site. (Cf III-2 p 119).

Pour l'instant on note pour ce type une variation du rendement en huiles essentielles selon le site de culture; les sites de Niaouli et de Parakou pourraient convenir pour une production quantitative de cette espèce. Remarquons le rendement très élevé (1,2%) observé sur le site de Parakou; de telles valeurs n'ont jamais été observées dans la littérature et celle que nous avons obtenue mérite d'être analysée de plus près.

\* Quant aux échantillons issus des graines d'Aléjo, l'étude de l'influence du site de culture a été limitée aux expérimentations réalisées à Pobè et à Parakou. Les rendements obtenus fluctuent selon le site, celui de Pobè fournissant le plus faible rendement (0,2%). On note également ici une possibilité d'exploitation de ce type d'*O. canum* sur le site de Parakou.

#### b) Composition chimique

D'un site à un autre, la composition chimique des huiles ne présente que de faibles variations (Tableau 21).

- Pour les échantillons du type J, à terpinèn-4-ol, le taux en ce composé est curieusement plus élevé (37-47%) sur les sites de culture que dans l'essence de référence (25%), tandis que ceux en  $\beta$ -caryophyllène et en trans  $\alpha$ -bergamotène sont



plus faibles. Par ailleurs, les compositions chimiques des huiles essentielles des plantes cultivées sont très comparables à quelques petites variations près (Fig.34). Ainsi:

\* le site de Pobè, par rapport aux autres sites, conduit à une huile dont la teneur en terpinèn-4-ol est plus basse ( $\approx 37\%$ ) alors qu'elle est plus élevée en trans  $\alpha$ -bergamotène ( $\approx 7\%$ ) et en germacrène D ( $\approx 11\%$ ).

\* le site de Parakou est quant à lui caractérisé par une augmentation du taux en hydrate de sabinène (11,4%) et en linalol ( $\approx 7\%$ ) et par une diminution concomitante des pourcentages en trans  $\alpha$ -bergamotène (2,1%) et en germacrène D (1,2%). On pourrait attribuer cette variation aux facteurs climatiques (notamment la pluviométrie) puisque les récoltes ont été effectuées dans des conditions climatologiques différentes: la saison sèche pour le site de Pobè et la saison pluvieuse pour celui de Parakou.

Cependant, cette influence climatique devrait également se retrouver sur le site de CENAP où la récolte a été effectuée à la même période que Pobè d'une part, et sur le site de Savè où la récolte a été faite au même moment qu'à Parakou; or ce n'est pas le cas, les essences de CENAP et de Savè ayant plutôt une composition régulière.

- Pour les échantillons de type D, on note la prépondérance du linalol dans les huiles quel que soit le site de culture (Tableau 22). Toutefois le pourcentage du linalol est plus élevé dans l'échantillon de Pobè (63,6%) que dans celui de Parakou (47,9%) qui présente, en revanche, une teneur plus élevée en terpinèn-4-ol (13%). Il apparaît ainsi une certaine interconversion entre le linalol et le terpinèn-4-ol; cependant le champ réduit de nos analyses (compte tenu du nombre de sites de culture) ne permet pas de mieux interpréter cette observation. L'étude de la variation de la composition chimique des huiles en fonction des stades de floraison pourrait peut être nous aider à élucider ce phénomène.

Il apparaît ainsi que pour l'un et l'autre des deux types, J et D, d'*O. canum* étudiés, le lieu de culture paraît influencer les rendements et la composition chimique des huiles, mais en fait le profil chimique principal de ces huiles n'est pas modifié. Il serait utile d'associer une répétitivité des récoltes à la multiplicité des sites de culture afin de mieux apprécier la réalité des variations observées.

### III-2 Influence du stade de floraison sur le rendement et la composition chimique des huiles essentielles

L'*O. canum* possède un cycle végétatif plus court que celui d'*O. basilicum* et l'étude en fonction du stade de floraison n'a pu être réalisée qu'à trois stades : début de la floraison, floraison maximale et maturité des graines. Pour chacun de ces stades, les récoltes de partie aérienne des plantes ont été faites sur tous les sites et les différents résultats obtenus sont regroupés dans les tableaux 23 et 24.

**Tableau 20: Evolution physiologique des *O. canum* sur les sites de culture**

	1ère récolte	2ème récolte	3ème récolte
<b>CENAP</b>	* Début de floraison	* Floraison maximale * Début de maturité des graines	* Maturité maximale des graines * Chute presque totale des feuilles
Pobè	"	"	"
Niaouli	"	* Floraison moyenne * Début de maturité des graines	* Floraison maximale * Maturité moyenne des graines * Chute moyenne des feuilles
Savè	"	"	"
Parakou	"	"	"

**Tableau 21: Composition chimique et Rendement en huile essentielle d'*O. canum* OC1 sur différents sites de culture**

Références	OC1	OC1C3	OC1Po3	OC1N3	OC1S3	OC1Pa3
<b>Composés</b>						
linalol	1,1	2,9	2,5	3,6	3	6,6
camphre	0,3	1	0,8	1	0,9	0,9
méthylchavicol	0,2	0,5	0,4	0,6	0,5	0,7
$\alpha$ -terpinéol	0,5	0,8	0,6	0,7	0,6	0,6
limonène	4	4	3,1	3,9	3,5	3,8
germacrène D	5	2,5	10,6	2,6	5,1	1,2
$\beta$ -caryophyllène	8	4,3	4,1	3	3,7	2,7
tr $\alpha$ -bergamotène	11,4	3,1	6,9	3,5	4,6	2,1
$\gamma$ -terpinène	8,3	9,8	6,2	9,7	8,6	8,4
hydrate sabinène	6,3	6,1	8,7	6,1	6,5	11,4
terpinèn-4-ol	25	45,4	36,7	46,7	44,4	44,7
Rendement	0,1	0,3	0,3	0,5	0,3	1,2

**Tableau 22: Composition chimique et Rendement en huile essentielle d'*O. canum* OC2 sur différents sites de culture**

Références	OC2	OC2Po3	OC2Pa3
<b>Composés</b>			
linalol	50,1	63,6	47,9
camphre	0,7	0,7	0,3
méthylchavicol	0,2	0,9	2
$\alpha$ -terpinéol	0,1	0,2	0,2
limonène	0,2	0,6	1,4
germacrène D	2,6	5,6	2,1
$\beta$ -caryophyllène	10	5,7	6,5
tr $\alpha$ -bergamotène	7,6	6	5,6
$\gamma$ -terpinène	1,4	0,4	1,8
hydrate sabinène	1,6	0,9	2,4
terpinèn-4-ol	7,5	2,1	13
Rendement	0,3	0,16	0,4

Tableau 23: Variation de la composition et du rendement en huile essentielle d'*O. canum* OC1 en fonction du stade de floraison et du site de culture

	Début de floraison					Floraison maximale					Maturité des graines				
	OC1C1	OC1Po1	OC1N1	OC1S1	OC1Pa1	OC1C2	OC1Po2	OC1N2	OC1S2	OC1Pa2	OC1C3	OC1Po3	OC1N3	OC1S3	OC1Pa3
linalol	4,2	5,3	5,2	4,8	3,8	2,8	4,5	3,5	2,2	4,4	2,9	2,5	3,6	3	6,6
camphre	0,7	0,6	1	1	1	0,9	0,9	1	1	0,8	1	0,8	1	0,9	0,9
méthylchavicol	0,4	0,4	0,9	0,8	1	0,6	0,6	0,7	0,5	0,8	0,5	0,6	0,7	0,6	0,6
$\alpha$ -terpinéol	0,8	1,3	0,6	0,9	0,8	0,8	0,6	0,9	0,7	1	0,8	0,6	0,7	0,6	0,6
limonène	3,7	4	3,8	3,4	3,5	3,2	3	3,7	3,8	3,5	4	3,1	3,9	3,5	3,8
germacrène D	1	1,2	1,5	1,1	1,7	3,6	5,4	2	4,4	4,5	2,8	10,6	2,6	5,1	1,2
$\beta$ -caryophyllène	3,1	2	3	2,3	3,2	4,3	3,7	2,5	3,5	4,1	4,3	4,1	3	3,7	2,7
tr $\alpha$ -bergamotène	2,8	1,6	2,3	1,5	3	4,5	4,3	2,8	4,8	4,2	3,1	6,9	3,5	4,6	2,1
$\gamma$ -terpinène	8,8	9,4	8,8	8,4	8,5	8,2	7,2	9,7	9,6	7,4	9,8	6,2	9,7	8,6	8,4
hydrate sabinène	6,1	8	7	6,2	5	4,8	7,2	4,8	4,8	7,3	6,1	8,7	6,1	6,5	11,4
terpinèn-4-ol	44,6	48	50,3	51,4	47,6	48,7	46,4	50,5	46,2	44,8	45,4	36,7	46,7	44,4	44,7
Rendement	0,3	0,2	0,4	0,4	0,2	0,3	0,3	0,4	0,2	0,4	0,3	0,3	0,5	0,3	1,2

Tableau 24: Variation de la composition et du rendement en huile essentielle d'*O. canum* OC2 en fonction du stade de floraison et du site de culture

	Début de floraison		Floraison maximale		Maturité des graines	
	OC2Po1	OC2Pa1	OC2Po2	OC2Pa2	OC2Po3	OC2Pa3
linalol	68,2	84,5	57,8	84,3	63,6	52,7
camphre	1	0,1	0,3	0,1	0,7	0,4
méthylchavicol	1,4	0,1	0,6	0,1	0,9	2
$\alpha$ -terpinéol	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2
limonène	0,6	0,6	1,2	0,6	0,6	1,4
germacrène D	0,5	1,5	1,6	1,7	5,6	2,1
$\beta$ -caryophyllène	2,5	5,1	3,7	5,6	5,7	6,5
tr $\alpha$ -bergamotène	1,4	3,3	2,7	3,9	6	5,6
$\gamma$ -terpinène	2,6	0,1	1,6	0,1	0,4	2,5
hydrate sabinène	1,9	0,1	2,5	0,1	0,9	2,9
terpinèn-4-ol	10,8	0,5	14,6	0,2	2,1	13
Rendement	0,1	0,3	0,3	0,5	0,2	0,4

### a) Rendements

Pour les échantillons du type **J**, à terpinèn-4-ol, on observe :

- en début de floraison, une baisse des rendements à Pobè et à Parakou (0,2%) par rapport à ceux obtenus au CENAP (0,3%), à Savè et à Niaouli (0,4%).

- pour les deux autres stades de floraison, on remarque une constance dans les rendements obtenus à Pobè et au CENAP (0,3%) pendant que ceux enregistrés sur les autres sites n'ont cessé de croître; notamment à Parakou où le rendement de 1,2% atteint à la maturité des graines mérite d'être signalé (Fig.35).

Par contre pour les échantillons du type **D**, à linalol, on observe un saut de rendement entre le début de floraison (0,1 - 0,3%) et la floraison maximale (0,3 - 0,5%), puis une régression au stade de maturité des graines (0,2 - 0,4%). Du fait du cycle végétatif plus court chez cette espèce, il est plus indiqué de faire des récoltes aux environs de la période de floraison maximale en vue d'une optimisation du rendement en matière végétale et en huile essentielle (Fig.36).

Globalement cette étude fait apparaître une variation, qui mérite d'être signalée, du rendement en fonction des sites de culture. Elle confirme les commentaires faits au Chapitre 4, Section III (p. 119) sur la nature des sols: ceux de Niaouli et Parakou, plus riches en éléments nutritifs (taux de matière organique, MO, > 2% au lieu de 1,3% ailleurs), sont également plus propices à l'optimisation des rendements en huile essentielle.

### b) Composition chimique

L'analyse du tableau 23 donnant la composition chimique des huiles de type **J** met en exergue les faits suivants:

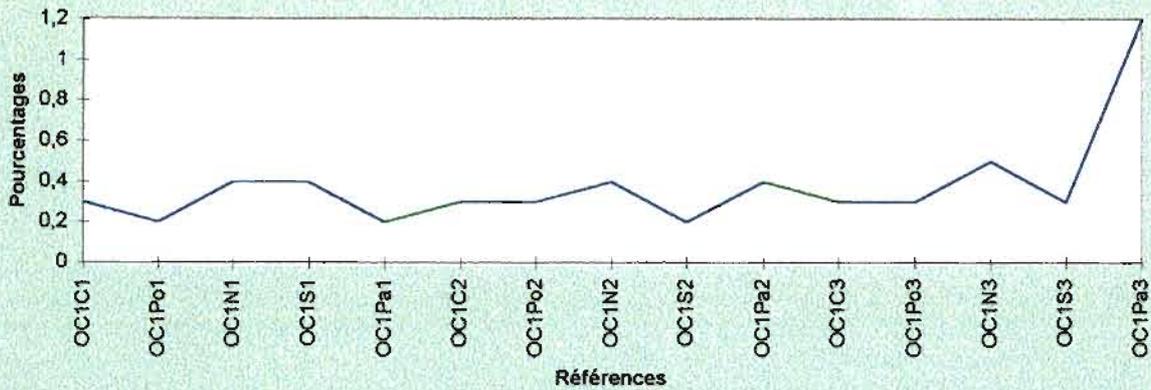
- le pourcentage du composé prédominant, le terpinèn-4-ol, diminue légèrement au fur et à mesure que les stades de floraison se succèdent sans que cette variation soit significative (excepté le cas du site de Pobè où son pourcentage, en période de maturité des graines, chute sévèrement).

- les proportions en sesquiterpènes ( $\beta$ -caryophyllène, trans  $\alpha$ -bergamotène, germacrène D) augmentent par contre légèrement en fonction des stades de floraison, sauf sur le site de Parakou à maturité des graines.

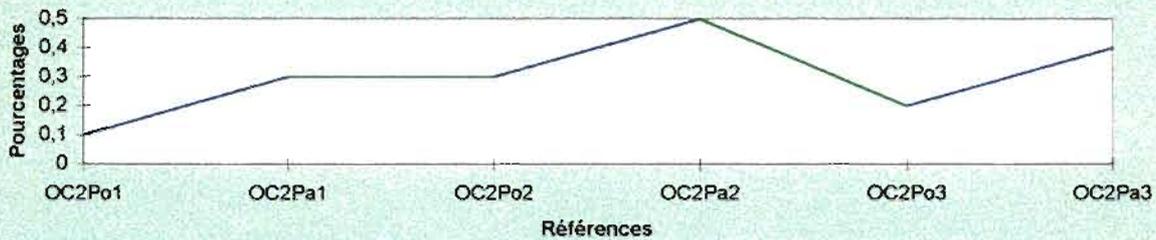
- la teneur en hydrate de sabinène est minimale en période de pleine floraison, tandis que celles en limonène,  $\gamma$ -terpinène, linalol, camphre,  $\alpha$ -terpinéol, méthylchavicol et eugénol varient très peu (Fig.37).

Quant aux données du tableau 24, relatives au type **D**, bien que fragmentaires, elles montrent une influence beaucoup plus importante des stades de floraison sur la composition des huiles essentielles: il est dommage que les difficultés rencontrées lors

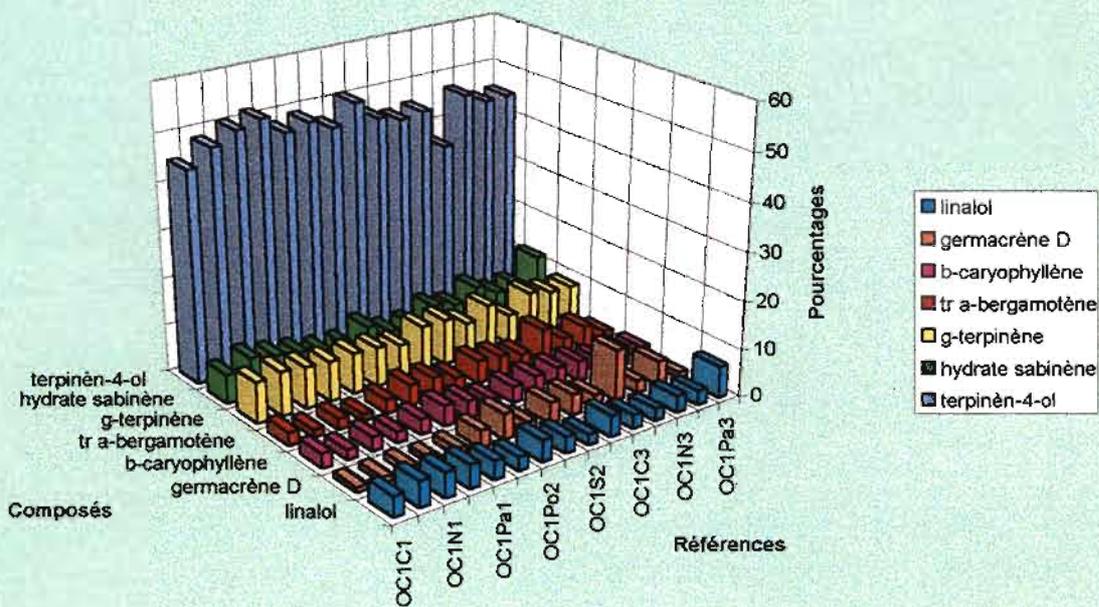
**Figure 35:** Variation du rendement en H.E. d'*O. canum* OC1 en fonction du stade de floraison et du site de culture



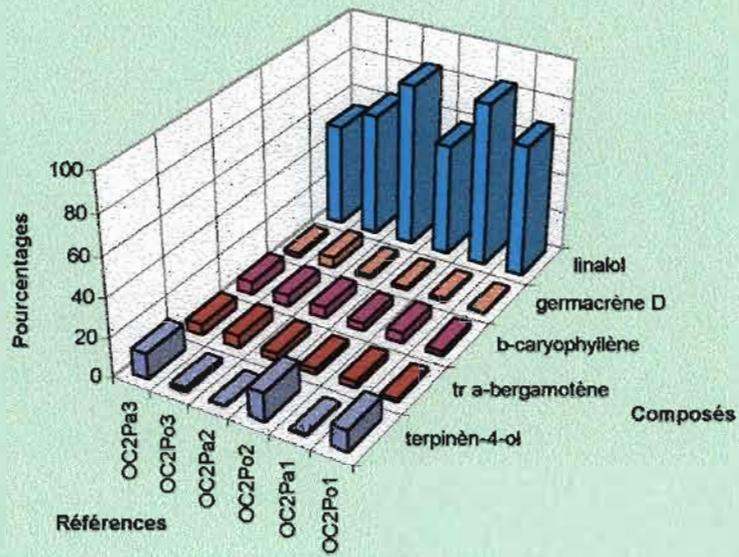
**Figure 36:** Variation du rendement en H.E. d'*O. canum* OC2 en fonction du stade de floraison et du site



**Figure 37:** Variation de la teneur en composés principaux d'*O. canum* OC1 en fonction du stade de floraison et du site



**Figure 38:** Variation de la teneur en composés principaux d'*O. canum* OC2 en fonction du stade de floraison et du site



de la mise en culture aient limité à 2 le nombre des sites étudiés. L'évolution de la composition des huiles sur les deux sites est très contrastée (Fig. 38):

- à Parakou, le pourcentage du linalol chute de 84,5% (en début de floraison) à 52,7% (au stade de maturité des graines); on remarque alors dans l'essence la présence de monoterpènes, (limonène,  $\gamma$ -terpinène et hydrate de sabinène d'une part), et les sesquiterpènes, ( $\beta$ -caryophyllène, trans  $\alpha$ -bergamotène et germacrène D d'autre part), qui augmentent de façon régulière respectivement de 0,8% à 7,0% (somme des % des monoterpènes) et de 9,9% à 14,2% (somme des % des sesquiterpènes); il en est de même du terpinèn-4-ol qui passe de 0,5% à 13%.

- à Pobè, par contre, la situation est presque renversée et on observe que:

\* le linalol conserve pratiquement une teneur constante (68,2 - 63,6%),

\* le terpinèn-4-ol chute brutalement de 11% à 2%,

\* les trois sesquiterpènes augmentent de 4,4% à 17,3%,

\* les trois monoterpènes cités précédemment décroissent de 5,1% à 1,9%

Il résulte de ces observations qu'à l'intérieur de ce type l'interconversion entre le linalol et le terpinèn-4-ol, précédemment signalée dans l'étude de l'influence des sites, semble se confirmer et on connaît qu'une des voies biosynthétiques du terpinèn-4-ol est la cyclisation du linalylpyrophosphate [115] (Fig.39).

Cette évolution contrastée sur les sites de Pobè et Parakou, peut-être due à des conditions climatiques et/ou pédologiques, est étonnante et demanderait, avant qu'une explication satisfaisante puisse être avancée, que des cultures de graines de ce type aient pu être faites sur un plus grand nombre de sites.

Au regard de ces résultats, il apparaît que :

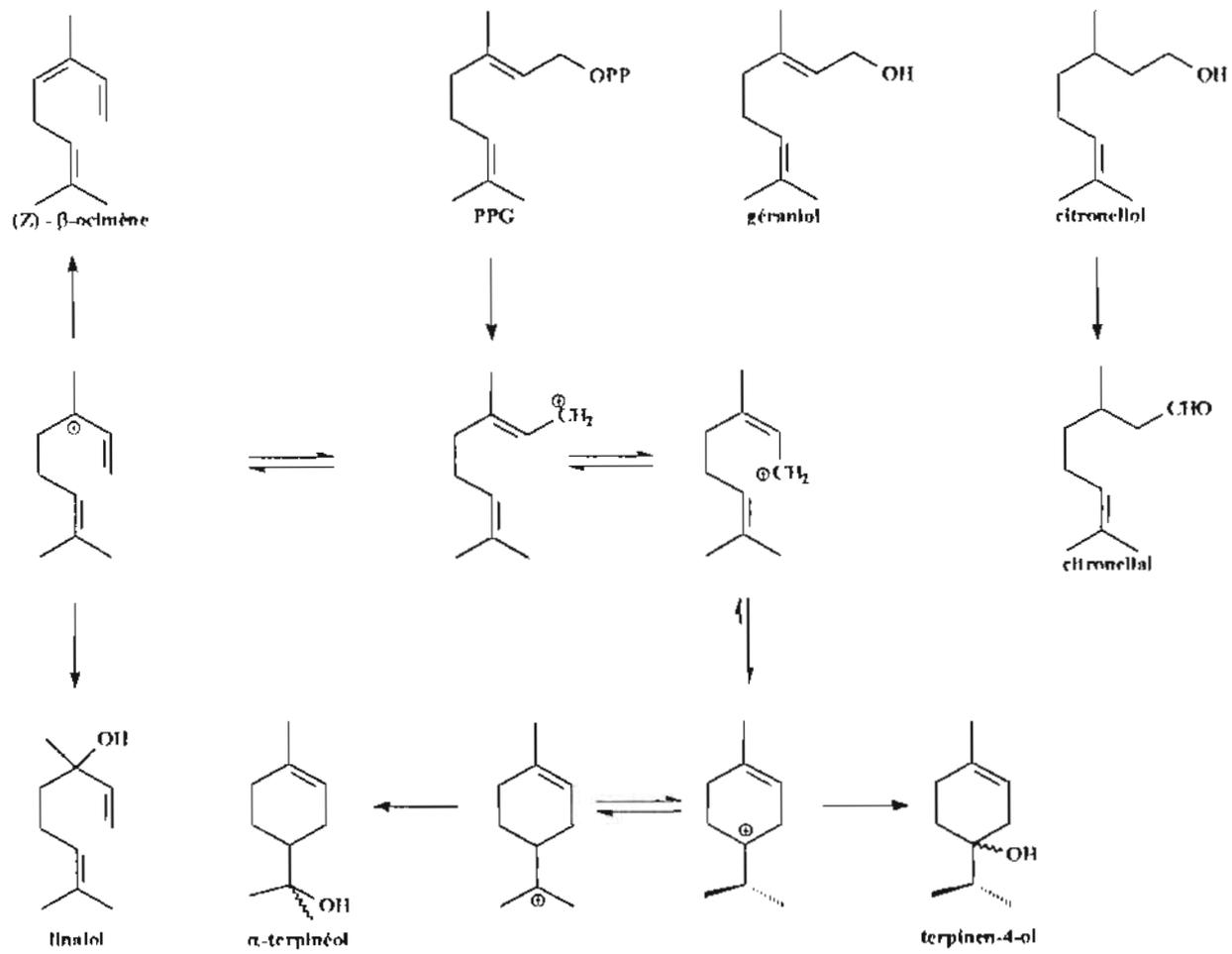
- le type chimique J de référence (provenant de Kandi) n'est que la conséquence des influences diverses liées probablement à l'environnement dans lequel a évolué la plante sauvage puisque sa culture sur plusieurs autres sites à des périodes variées a permis d'avoir des résultats homogènes mais non représentatifs de la référence.

- le type D (en provenance d'Aléjo) est quant à lui sensible, sous réserve de confirmation, aux conditions climatiques (pluviométrie et pédologie) qui affectent son environnement.

### **III-3 Influence du cycle végétatif sur le rendement et la composition chimique des huiles essentielles du type J**

En vue de tenter de compléter les différentes observations faites sur les deux types d'*O. canum* étudiés, une étude a été faite sur l'évolution des rendements et compositions chimiques des huiles au cours du cycle végétatif des plantes. En raison de la non germination des graines du type D, déjà rapportée précédemment (p 115),

Figure 39 : Différentes voies biogénétiques de quelques monoterpènes



cette étude n'a porté que sur des graines du type J provenant de Pobè (cf. Section D), et a été réalisée dans les mêmes conditions que celles décrites pour *O. basilicum*, chapitre 4, Section III (p. 78-81). Nous ne donnerons ici que l'évolution physiologique des plantes ainsi que les variations des rendements et compositions des huiles au cours de cette période. Nous désignerons les différents échantillons par OC'1.

### III-3-1 Evolution physiologique des plantes

Cette étude réalisée parallèlement avec *O. basilicum* permet de se rendre compte de la brièveté du cycle végétatif chez *O. canum*; en effet, une durée de 10 semaines après les semis est suffisante pour amener toutes les plantes en phase de floraison moyenne alors qu'une période plus longue dans le cas de *O. basilicum* (environ 12 semaines) n'a permis d'avoir que des plantes en début de leur floraison.

Les autres stades végétatifs des plantes se sont succédés presque mensuellement et autour de 24 semaines après les semis, les plantes sont en fin de cycle végétatif; on observe dans la majorité des cas leur dépérissement par déshydratation et séchage (Tableau 25).

### III-3-2 Variation du rendement et de la composition chimique des huiles au cours du cycle végétatif

#### a) Rendements

De façon curieuse, les rendements sont très stables au cours du cycle végétatif. En effet d'une valeur de 0,3% en période de floraison moyenne, ces rendements n'ont légèrement chuté (0,2%) qu'en fin du cycle des plantes (chute presque totale des feuilles). Ceci laisse présager, sous réserve d'une stabilité de la composition chimique des huiles, une exploitation aisée possible de cette espèce au cours de sa croissance (Tableau 26).

#### b) Composition chimique

L'analyse de la composition chimique des huiles obtenues au cours du cycle végétatif ces plantes rend compte d'une situation extraordinaire mais en fait soupçonnée dans le paragraphe précédent et qui fait apparaître, pour un type donné, de nouvelles caractéristiques.

De façon générale, on observe au cours du cycle végétatif une variation croisée entre les sesquiterpènes et les monoterpènes (Fig.40). En effet d'une teneur totale de 17,2% en période de floraison moyenne, l'ensemble formé par le limonène, le  $\gamma$ -terpinène et l'hydrate de sabinène atteint son pourcentage maximal en floraison maximale des plantes (20% à 14 semaines), puis retombe à 0,8% en fin de cycle

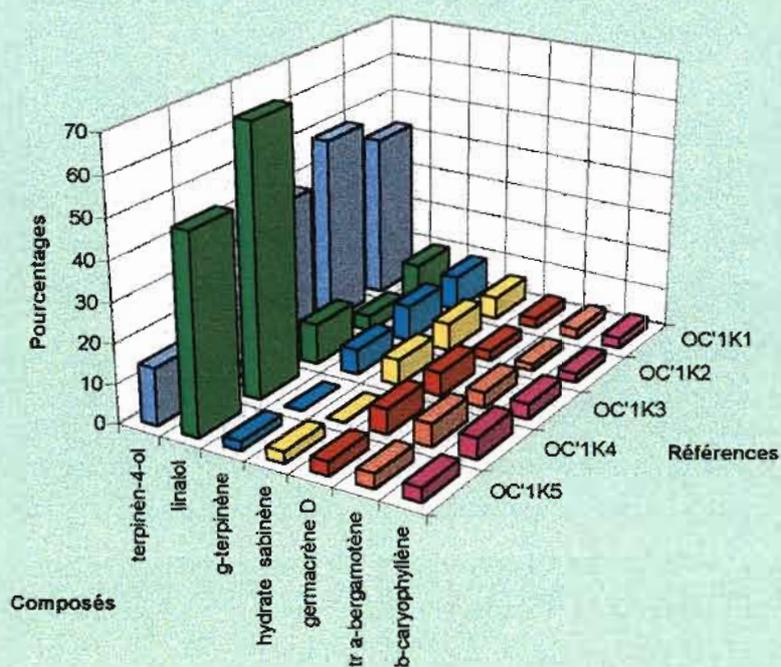
**Tableau 25:** Evolution physiologique des plantes OC'1 cultivées à Kansoukpa

1ère récolte 05/06/97	2ème récolte 02/07/97	3ème récolte 08/08/97	4ème récolte 04/09/97	5ème récolte 03/10/97
* Floraison moyenne	* Floraison maximale * Maturité moyenne des graines	* Maturité moyenne des graines * Chute moyenne des feuilles	* Maturité maximale des graines * Chute presque totale des feuilles	* Chute presque totale des feuilles

**Tableau 26:** Variation de la composition chimique et du rendement en huile essentielle d'*O. canum* OC'1 en fonction du cycle végétatif

Références	OC'1K1	OC'1K2	OC'1K3	OC'1K4	OC'1K5
camphre	0,8	0,8	0,7	0,1	0,4
$\alpha$ -terpinéol	0,8	0,7	0,4	0,1	0,2
méthylchavicol	0,5	0,4	0,4	0,3	0,8
$\beta$ -caryophyllène	2,7	2,3	3,8	5,4	3,6
tr $\alpha$ -bergamotène	2,5	1,8	3,8	5,7	3,8
germacrène D	2,5	2,5	6	6,3	3,6
limonène	3,7	3,8	2,8	0,7	1,4
hydrate sabinène	5,7	7,1	6,4	0,1	2,9
$\gamma$ -terpinène	8,8	9,1	6,3	0,1	2,3
linalol	9,6	3,9	10,4	68,5	49,8
terpinèn-4-ol	42,2	48,7	38,3	0,2	14,3
Rendement	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2
Types	JD	JT	JD	DT	DJ

**Figure 40:** Variation de la teneur en composés principaux d'*O. canum* OC'1 en fonction du cycle végétatif



végétatif (22 semaines); dans le même temps les sesquiterpènes ( $\beta$ -caryophyllène, trans  $\alpha$ -bergamotène, germacrène D) évoluent de manière inverse en donnant respectivement des pourcentages de 7,7%, 6,6% et 17,4% pour les mêmes phases végétatives.

Les variations les plus spectaculaires concernent les teneurs en linalol et en terpinèn-4-ol; pendant que le terpinèn-4-ol, à travers une variation parallèle à celle des monoterpènes ci-dessus cités, passe de 42,2% à 0,2%, le linalol quant à lui passe de 9,6% à 68,5%!!. Cette situation, *a priori* intéressante, est en fait très délicate en ce sens qu'elle remet en cause la classification des *O. canum* en deux types D et J. Les variations ci-dessus, si elles se confirmaient, montrent qu'une même plante peut être tantôt du type J tantôt du type D suivant le stade végétatif auquel on la récolte!

Par ailleurs, vers la fin du cycle végétatif des plantes, on observe un comportement inverse: - les trois monoterpènes, globalement, voient leurs pourcentages augmenter de 0,8% à 6,6% pendant que ceux des sesquiterpènes diminuent de 17,4% à 11%,

- le linalol quant à lui chute brutalement de 68,5% à 49,8% alors que le terpinèn-4-ol augmente de 0,2% à 14,3%.

Signalons que cette dernière période végétative se situe en période pluvieuse (340mm) et se caractérise par l'apparition des jeunes feuilles qui disparaissent par la suite avec l'avancement de la saison. Selon ces observations, on s'aperçoit que les périodes de floraison moyenne et maximale se localisent en pleine saison pluvieuse (110 - 622 mm) tandis que celle de maturité maximale des graines (54 - 155mm) se situe en saison sèche.

Il est certain que ce changement de type au cours du cycle végétatif est d'une importance capitale pour la conduite des cultures et d'un très grand intérêt théorique; avant de tirer des conclusions définitives il faudra vérifier la reproductibilité de ce phénomène.

## SECTION IV ÉTUDES COMPLÉMENTAIRES

Dans les mêmes conditions expérimentales que celles mises en œuvre pour *O. basilicum*, nous avons abordé l'étude de l'influence du temps de séchage et celle de l'heure de la récolte sur le rendement et la composition des huiles essentielles.

### IV-1 Influence du temps de séchage sur le rendement et la composition chimique des huiles essentielles.

L'étude a été faite sur des feuilles récoltées à Parakou, en période de floraison maximale, ayant donnée précédemment une essence du type J; compte-tenu de la faible

**Tableau 27:** Variation de la composition chimique et du rendement en H.E. d'*O. canum* au cours du séchage

Références	OC1-0	OC1-3	OC1-6	OC1-9
Composés				
linalol	7	6,6	6,4	6,3
camphre	0,7	0,7	0,7	0,7
méthylchavicol	1,2	1	0,3	1
$\alpha$ -terpinéol	0,3	0,3	0,5	0,5
limonène	0,5	0,4	0,3	0,6
germacrène D	1	1	1	1,1
$\beta$ -caryophyllène	2,2	2,4	3	3
tr $\alpha$ -bergamotène	2,7	3,1	3,4	3,1
$\gamma$ -terpinène	8	8,2	7,9	8,3
hydrate sabinène	12	10,8	11,2	9,6
terpinèn-4-ol	47,8	48,4	47,9	47,9
Rendement (%)	1,2	1,2	1,1	1,2
Perte en eau (%)	0	61,8	63,6	64

**Tableau 28:** Variation de la composition chimique et du rendement en H.E. d'*O. canum* au cours de la journée

Heures	7 heures	10 heures	12 heures	16 heures	19 heures
Composés					
linalol	72,5	68,3	73	70	61,8
camphre	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2
méthylchavicol	0,6	0,9	0,7	0,7	0,9
$\alpha$ -terpinéol	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
limonène	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
germacrène D	5,4	6,6	5,4	5,3	7
$\beta$ -caryophyllène	10,2	12,2	10,4	10,4	13,3
tr $\alpha$ -bergamotène	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
$\gamma$ -terpinène	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
hydrate sabinène	1	1	0,9	0,9	1,4
terpinèn-4-ol	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Rendement (%)	0,2	0,2	0,3	0,2	0,1

quantité de matériel végétal que nous avons pu récolter, la durée maximale du séchage n'a été que de 9 jours. les résultats sont rassemblés dans le tableau 27 qui, outre la composition chimique à 0, 3, 6 et 9 jours de séchage, donne le rendement de l'extraction et la perte en eau de la matière végétale. On constate que :

- le rendement ne varie pas de manière significative pendant le séchage (1,1 à 1,2%),

- la plante perd en 9 jours, environ les 2/3 de son poids en eau, 95 % de cette eau étant évaporée au cours des 3 premiers jours,

- la composition chimique ne varie pour ainsi dire pas.

Cette série d'expériences, dans l'optique d'une exploitation industrielle de cet *Ocimum*, montre que l'efficacité maximale est atteinte en effectuant la récolte en période de floraison maximale et en laissant sécher le matériel végétal 3 jours dans un endroit aéré, sec et ombragé.

#### IV-2 Variation diurne du rendement et de la composition chimique des huiles essentielles.

Comme dans le cas d'*O. basilicum* (cf. Section IV-2 du Chapitre 4, p.101, pour les conditions expérimentales) l'étude a été menée sur des plants de type D croissant à Kansoukpa. Les rendements et la composition de l'huile essentielle sont donnés dans le tableau 28.

On constate qu'aucune variation "dramatique" ne se produit au cours de la journée, à l'inverse de ce qui avait été observé avec *O. basilicum* de type AD; rendements et compositions chimiques restent constants et cette constance renforce notre confiance dans la fiabilité des analyses effectuées par ailleurs dans d'autres sections de ce travail.

## CONCLUSION

Les 12 échantillons d'*Ocimum canum* récoltés au Bénin ont donné des huiles essentielles que nous avons pu classer en deux types, respectivement à linalol dominant, type D, et à terpinén-4-ol dominant, type J. Le type J semble être spécifique du Bénin puisqu'il n'a été rencontré nulle part ailleurs jusqu'à présent. Chacun de ces types peut être subdivisé en deux sous-types suivant la nature des composés minoritaires : DJ et DT pour le premier, et JD et JT pour le second.

Des graines des types DT et JT ont été mises en cultures parallèles sur les mêmes sites que précédemment: l'influence du site de culture (récoltes effectuées au même stade de floraison) et du stade de floraison ne modifient pas l'appartenance de la

plante à tel ou tel type, même si l'on observe quelques variations dans la composition des huiles et, surtout, dans les rendements obtenus.

En revanche le suivi de la composition de l'huile tout au long d'un cycle végétatif (récoltes étendues sur une beaucoup plus longue période) de graines de type JT a montré des variations tout à fait considérables dans les pourcentages des produits en fin de cycle: au stade de la maturité totale des graines, le terpinén-4-ol, produit majoritaire en début de cycle, a cédé la place au linalol et l'huile semble provenir d'une plante de type DT !

Ce changement d'«identité» de l'huile, s'il confirme ce que l'on soupçonnait déjà sur l'"instabilité génétique" de *O. canum*, ne remet pas en cause son exploitation industrielle éventuelle; en effet, dans cette optique, les récoltes seraient faites lorsque le rendement à l'hectare de matière végétale est maximum, donc aux alentours de la pleine floraison, période où la plante donne encore une huile de type JT.

Le séchage et l'heure de récolte, enfin, sont sans influence ni sur le rendement ni sur la composition chimique de l'huile essentielle, contrairement à ce que nous avons observé sur les deux autres espèces d'*Ocimum*.

CHAPITRE 6

*OCIMUM GRATISSIMUM L.*

## SECTION I TRAVAUX ANTÉRIEURS

Plus répandu que *O. canum*, *O. gratissimum* a fait l'objet d'un nombre plus important de publications (deux douzaines environ ont été recensées). Les premières études ont conduit à la mise en évidence de quatre principaux chémotypes [116-118]:

- un type à thymol,
- un type à eugénol,
- un type à citral,
- un type à cinnamate d'éthyle.

Les études plus récentes ont confirmé l'existence des premiers types décrits et ont permis d'en mettre en évidence de nouveaux, différents de ceux cités ci-dessus. Ainsi:

- en 1986, Yu *et al.* [119] et Zamureenko *et al.* [120], en analysant respectivement les essences d'*O. gratissimum* d'origine chinoise et soviétique, ont trouvé un type à eugénol (31-90%) accompagné de  $\beta$ -ocimène (13-26%) et/ou de germacrène-D (15,7%).

- en 1987, Ntézurubenza [121] analyse un *O. gratissimum* sauvage d'origine rwandaise qu'il cultive ensuite; il rapporte l'existence de deux chémotypes presque identiques:

- \* un type à thymol (46,7%) -  $\gamma$ -terpinène (22,9%) pour l'espèce cultivée,
- \* un type à thymol (35,4%) - p-cymène (18,3%) - eugénol (11%) pour l'espèce sauvage.

- en 1988 Maia [122] réalise une analyse chimique d'*O. gratissimum* provenant d'Amazonie (Brésil); il met ainsi en évidence un type à p-cymène (29%) accompagné de (E)- $\beta$ -farnésène (19%) et de thymol (13,1%).

- en 1990, Vostrowsky [123] de son côté a obtenu un type à méthyleugénol (46,8%) - eugénol (19,2%) pour une espèce d'origine brésilienne. Le thymol et le p-cymène précédemment relevés dans l'espèce amazonienne sont ici absents.

-Toujours en cette même année, Fun *et al.* [109], en analysant les huiles essentielles d'espèces croissant à Aruba dans les Antilles néerlandaises et récoltées dans six localités différentes, ont mis en évidence trois types chimiques:

\* un type à cinnamate de méthyle (57-70%) accompagné du 1,8-cinéole (6-9%) et du linalol (5-9%),

\* un type à  $\beta$ -caryophyllène (36-39,8%) - eugénol (16,3-20%) accompagné de  $\beta$ -élémane (9-10,4%),

\* un type à  $\beta$ -caryophyllène (45,5%) -  $\beta$ -élémane (11,8%) suivi d'un pourcentage notable d'eugénol (7,4%).

- en 1992, Lawrence [110] rapporte l'existence de deux chémotypes à partir des graines semées aux USA:

\* un type à linalol (46,1%) - méthylchavicol (20,6%) comparable à un basilic de type européen.

\* un type à eugénol (21-57%) -  $\beta$ -caryophyllène (2,5-27,3%) - 1,8-cinéole (0,1-30,9%). Les sesquiterpènes tels que le germacrène-D, le bicyclgermacrène et le trans  $\alpha$ -bergamotène peuvent atteindre jusqu'à 10%. Ces variations importantes des composés majoritaires laissent supposer l'existence de plusieurs autres sous-chémotypes possibles.

- de leur côté, Charles et Simon [124] ont rapporté, en 1992 un nouveau type d'*O. gratissimum* à géraniol (83-89%) après analyse des feuilles, tiges et fleurs provenant de West-Lafayette aux États-Unis.

- très récemment, en 1997, Vahirua *et al.* [125] ont analysé la variation de la composition chimique des fleurs et feuilles d'*O. gratissimum* d'origine tahitienne au cours d'une année et ont obtenu un type constant à eugénol (71-82%) accompagné de 1,8-cinéole (7-15%) et de germacrène-D (3-8,5%).

Diverses autres études ont été faites sur cette espèce et complètent celles décrites ci-dessus. Un classement par voie biosynthétique, analogue à celle réalisée pour *O. basilicum*, a conduit au regroupement de toutes ces analyses dans le tableau 29.

L'analyse de ce tableau rend compte de la dispersion chémotypique plus réduite d'*O. gratissimum* comparativement aux deux autres espèces de son genre. En effet en dehors de quelques types particuliers signalés ci-dessus (type à méthyleugénol, type à linalol - méthylchavicol, type à  $\beta$ -caryophyllène, type à géraniol et type à p-cymène etc.), on relève, suivant le pourcentage de la voie mévalonique, deux grandes catégories d'huiles essentielles d'*O. gratissimum*:

- % *m* < 50 c'est à dire % *s* > 50

La plupart des constituants des huiles proviennent de la voie de l'acide shikimique représentée ici par l'eugénol. La voie de l'acide mévalonique est en général représentée dans cette catégorie par le  $\beta$ -ocimène (E ou Z). Ces huiles essentielles se retrouvent en Inde, en Chine, en Polynésie, au Brésil, en URSS, à Madagascar et aux USA (Fig.41).

- % *m* > 85 c'est à dire que % *s*  $\leq$  15

C'est la plus vaste catégorie caractérisée curieusement par l'existence du même trio thymol - p-cymène -  $\gamma$ -terpinène que l'on trouve dans l'essence de *Thymus vulgaris* et qui représentent environ 50 à 80% des huiles. En général c'est le thymol qui prédomine, quelques fois il co-domine avec le p-cymène ou le  $\gamma$ -terpinène. Cette

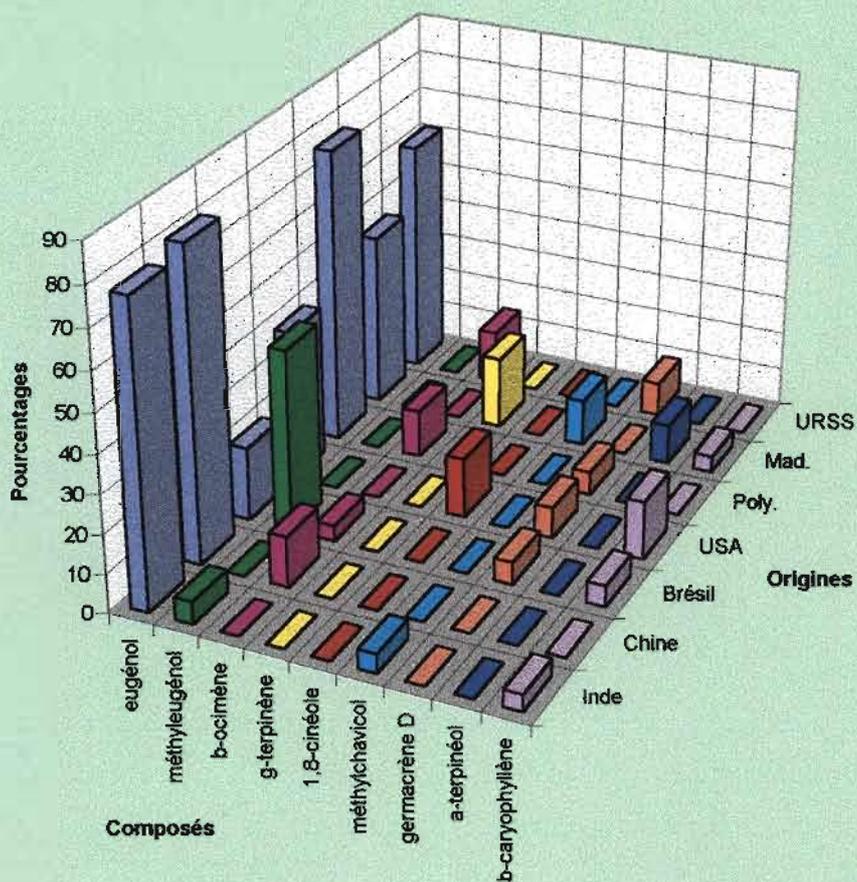
**Tableau 29:** Classification des *Ocimum gratissimum* par voies biosynthétiques

%m	Origine	Principaux constituants						Réf.
11,6	INDE	EUG: 77,6	MEG: 5,8	MCH: 5,0	(BCY): 4,3		126	
15,5	CHINE	EUG: 84,5	(BOC): 4,8	(AMU): 2,4			127	
19,7	CHINE	EUG: 80,3	BOC: 12,9	(BCB): 4,2			119	
23,4	POLYNÉSIE	EUG: 76,7	BOC: 12,2	GCD: 6,0			125	
33,9	BRÉSIL	MEG: 46,8	EUG: 19,2	GCD: 5,7	BCY: 5,5	(BOC): 4,0	123	
39,0	URSS	EUG: 61,0	BOC: 13,5	GCD: 8,8			120	
41,9	MADAGASCAR	EUG: 45,1	GTR: 18,6	MCH: 12,0	ATO: 10,2	(BCY): 4,2	128	
59,9	USA	EUG: 38,9	CIN: 15,5	BCY: 14,9	GCD: 7,9	TAB: 5,2	129	
74,7	USA	LIN: 46,1	MCH: 20,6	(EUG): 4,6	(GCD): 3,9	(TCO): 3,1	129	
79,4	ARUBA	BCY: 39,8	EUG: 20,0	BEL: 10,4	CIN: 6,2	BGP: 5,5	109	
88,9	RWANDA	THY: 35,4	PCY: 18,3	EUG: 10,7	(CIN): 3,8	(GTR): 3,4	121	
98,3	NIGÉRIA	THY: 47,6	PCY: 16,2	GTR: 6,2	(ATR): 4,1	(LON): 3,0	130	
99,4	CAMEROUN	THY: 65,4	PCY: 9,9	BPI: 8,9	(CMP): 4,2	(GTR): 0,2	131	
99,6	RWANDA	THY: 46,7	GTR: 22,9	PCY: 5,8	(MYR): 3,1	(ATR): 3,0	121	
100	CENTRAFRIQUE	THY: 50,0	PCY: 18,3	(BSL): 3,6	(GTR): 3,1		132	
100	CONGO	THY: 61,1	PCY: 17,2	(HSB): 2,4	(GTR): 2,1		52	
100	USA	GRO: 88,8	(AMU): 2,4	(LIM): 1,9			124	
100	CUBA	THY: 19,4	PCY: 14,0	GTR: 8,2	ATU: 8,2	MYR: 8,2	133	
100	BRÉSIL	PCY: 29,7	FAR: 19,0	THY: 13,1	MYR: 5,6		122	
100	CAMEROUN	THY: 46,2	GTR: 20,0	PCY: 7,0	(ATU): 3,5	(MYR): 3,2	65	
100	CAMEROUN	PCY: 49,7	THY: 13,8	AGN: 8,8	(BCY): 4,0	(MYR): 4,0	65	
100	CAMEROUN	THY: 36,6	PCY: 13,5	GTR: 6,4	(FAR): 4,5	(MYR): 3,8	65	
100	BÉNIN	THY: 34,3	GTR: 17,2	PCY: 15,0	ATU: 6,0	(MYR): 4,9	3	

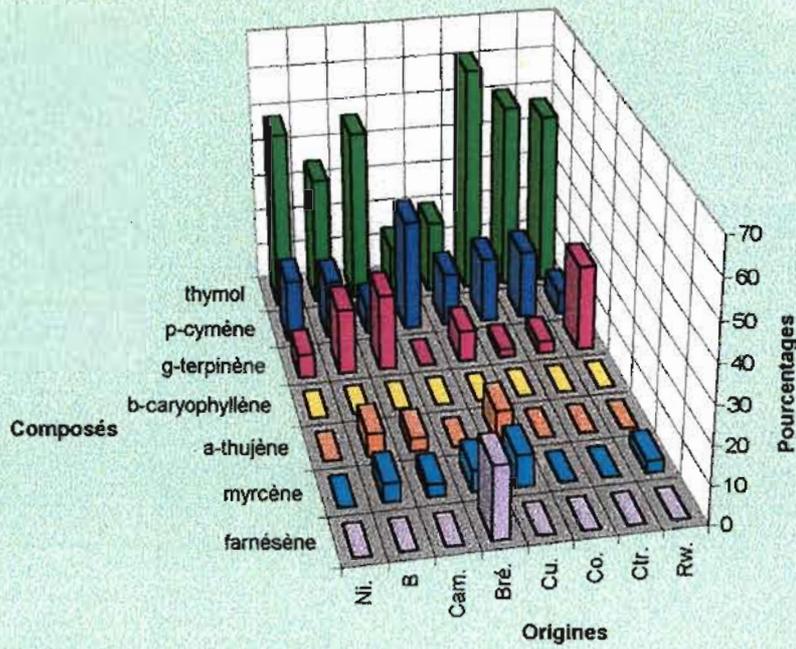
CODE des ABRÉVIATIONS

AGN: $\alpha$ -Guaïène	BCY: $\beta$ -Caryophyllène	FAR: Farnésène	MCH: Méthylchavicol
AMU: $\alpha$ -Muuroloène	BEL: $\beta$ -Élémane	GOD: Germacrène D	MEG: Méthyleugénol
ATO: $\alpha$ -Terpinéol	BOC: $\beta$ -Ocimène	GRO: Géraniol	MYR: Myrcène
ATR: $\alpha$ -Terpinène	BPI: $\beta$ -Pinène	GTR: $\gamma$ -Terpinène	PCY: para-Cymène
ATU: $\alpha$ -Thujène	BSL: $\beta$ -Sélinène	HSB: Hydrate de sabinène	TAB: trans $\alpha$ -Bergamotène
BCB: $\beta$ -Cubébène	CIN: 1,8-Cinéole	LIM: Limonène	TCO: T-Cadinol
BCG: Bicyclogermacrène	CMP: Camphène	LIN: Linalol	THY: Thymol
BGP: $\beta$ -Copsène	EUG: Eugénol	LON: Longifolène	

**Figure 41: Quelques types chimiques d'*O. gratissimum* d'origines diverses  
(% m < 50)**



**Figure 42: Quelques types chimiques d'*O. gratissimum* d'origines diverses ( % m > 85 )**



Ni: Nigéria ; B: Bénin ; Cam: Cameroun ; Bré: Brésil ; Cu: Cuba ; Co: Congo

Ctr: Centrafrique ; Rw: Rwanda

catégorie est retrouvée plus particulièrement dans les pays africains: Rwanda (121), Nigéria (130), Cameroun (131), Centrafrique (132), Congo (52), Bénin (3), etc...(Fig.42).

### Remarques

1) La catégorie correspondant à  $45 < \% m < 85$  est en fait constituée des quelques types rares signalés déjà plus haut. Ce saut rapide du  $\% m$ , indiquant que l'on n'a pas trouvé d'essences ayant des teneurs intermédiaires, et équilibrées, en produits classiques (eugénol et thymol) est surprenant ; il dénote la chémotypicité bien tranchée d'*O. gratissimum*, chacune des deux voies biosynthétiques prédominant dans l'un ou l'autre des deux chémotypes.

2) Les *O. gratissimum* analysés par Lawrence [129] et Charles [124] aux USA, proviennent de graines d'origine non précisée, semées et cultivées sur des parcelles expérimentales. On ne peut les considérer comme des espèces endémiques sauvages représentatives des pays où elles ont poussé.

3) Si l'on ne considère que les deux principaux chémotypes, l'on est frappé de constater que le type à thymol ne croît qu'en Afrique Tropicale alors que le type à eugénol se retrouve partout ailleurs dans le monde.

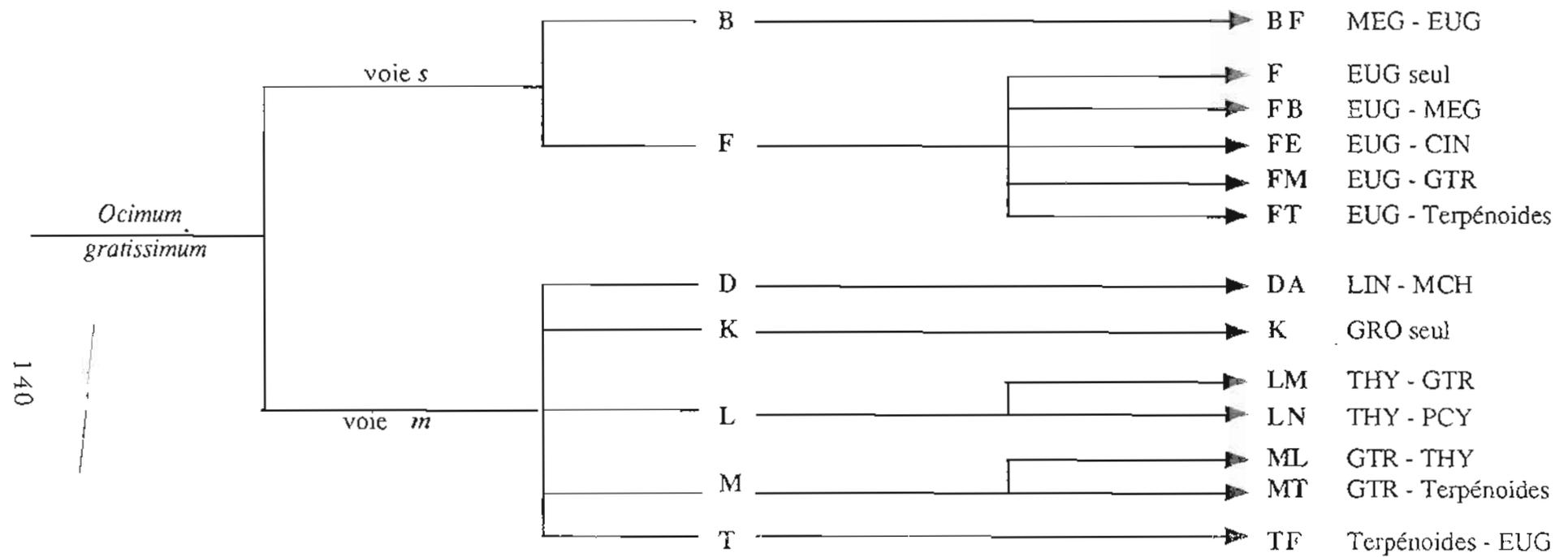
4) Mentionnons que Sobti [134] au RRL de Jammu (Inde) a effectué un travail d'amélioration génétique sur *O. gratissimum* et est arrivé à sélectionner un hybride donnant plus de 80% d'eugénol.

5) Parmi les divers autres travaux effectués sur *O. gratissimum*, le plus intéressant et le plus important pour une mise en culture ultérieure, est celui de Choudhury *et al.* [135] relatif à l'influence de la hauteur de coupe sur le rendement et la qualité de l'huile essentielle obtenue à partir d'une espèce riche en eugénol. Ils ont observé que le rendement et la teneur en eugénol (environ 75%) de l'essence étaient maximum pour une hauteur de coupe d'environ 35 cm.

Signalons enfin, un très important travail de biosynthèse de Dro et Hefendehl [136] qui a porté sur la variation des proportions des constituants au cours du cycle végétatif: ils ont constaté que les produits biosynthétisés par la voie de l'acide shikimique (en particulier le méthyleugénol) sont majoritaires en début de croissance des plantes; ils laissent ensuite rapidement place à ceux synthétisés par la voie de l'acide mévalonique, le thymol devenant alors très nettement prépondérant en fin de floraison.

À partir des données du tableau 29 nous avons établi un dendrogramme des profils chimiques des huiles essentielles d'*O. gratissimum*; ce dendrogramme est représenté sur la figure 43. Sur ce dendrogramme, et dans toute la suite du chapitre, les lettres (en caractères gras) désignent les mêmes composés que dans les chapitres 4 et 5; nous y avons ajouté : **K** pour le géraniol, **L** pour le thymol, **M** pour le  $\gamma$ -terpinène et **N** pour le p-cymène .

Figure 43 : Dendrogramme des types et sous-types d'*Ocimum gratissimum*



Le code des abréviations est donné au bas du tableau 29

Cette rapide revue de la littérature nous a montré que *O. gratissimum* était une espèce moins "capricieuse" que *O. basilicum* et *O. canum*. Si les plants d'origine béninoise se comportent comme les autres plants africains, nous devons nous attendre à trouver dans nos huiles essentielles la trilogie: thymol, p-cymène,  $\gamma$ -terpinène comme constituants principaux.

## **SECTION II : INVENTAIRE DES OCIMUM GRATISSIMUM DU BÉNIN**

Une récolte d'*O. gratissimum* à l'état sauvage ou cultivé dans les jardins et à proximité des habitations, a été réalisée entre 1994 et 1997 dans plusieurs localités du Bénin:

- Midédji, Ste Rita, Houéyiho, Godomey, Womey, Cocotomey, Campus d'Abomey-Calavi (Cotonou et environs).

- Savè, Pobè (Centre et Sud-Est du pays).

- Parakou (Nord-Est).

- Natitingou, Tanguiéta (Nord-Ouest).

Ces récoltes, faites à différentes phases végétatives des plantes, ont été répétées sur plusieurs années consécutives pour certaines localités (Campus, Savè, Parakou), et à diverses saisons (sèche ou pluvieuse) pour d'autres (Natitingou, Tanguiéta, Parakou).

Les rendements en huiles essentielles, ainsi que les compositions chimiques de celles-ci sont rassemblés dans le tableau 30.

### **II-1 Rendements en huiles essentielles**

On observe une variation des rendements en huiles essentielles d'une région à l'autre d'une part, d'une localité à l'autre à l'intérieur de la même région d'autre part (Fig.44). En effet, ils varient de:

- 0,4 à 0,8% dans la ville de Cotonou et ses environs

- 0,3 à 0,6% dans la région centrale (Savè et Pobè)

- 0,2 à 1,2% dans la région du Nord.

Ces rendements sont voisins dans les stations situées à Cotonou et ceci quelles que soient les périodes de récolte, à l'exception de celui obtenu en Novembre à Godomey (0,8%). Dans la région centrale, notamment à Savè, on observe une variation du rendement d'une année à l'autre (0,3 à 0,5%), les récoltes ayant pourtant toutes été effectuées en saison pluvieuse (Juillet, Septembre). Dans la région du Nord, on constate également une variation des rendements avec la saison : ceux obtenus en saison sèche (Janvier) sont plus faibles (0,1-0,3%) que ceux obtenus en période pluvieuse (0,2-

0,6%). Dans tous les cas, le site de Natitingou se distingue des autres par ses rendements plus faibles (0,1-0,2%), tandis que celui de Parakou est quant à lui caractérisé par des rendements plus élevés (0,3-1,2%).

Cette espèce se particularise des autres déjà étudiées par ses rendements sensiblement plus importants et mériterait d'être valorisée.

## II-2 Composition chimique des huiles essentielles

L'analyse de la composition chimique des huiles essentielles révèle une variation non seulement d'une localité à l'autre à l'intérieur d'une même région, mais également d'une période à l'autre sur un même site (Tableau 30, Fig. 45). D'autre part comme il a été déjà remarqué dans divers échantillons d'huile d'origine africaine, les huiles d'origine béninoise se caractérisent par la présence du trio thymol - p-cymène -  $\gamma$ -terpinène (que nous appellerons, pour abrégé, T, P, G dans la suite de ce chapitre) dont la somme des concentrations, varie de 50 à 72%, et peut signifier une facile interconversion entre ces trois composés.

Ce phénomène, signalé initialement par Nover [137], a été ensuite étudié par Poulou et Croteau [138](Fig.46); en examinant la biosynthèse des monoterpènes de l'huile de *Thymus vulgaris* au moyen de précurseurs marqués, ces auteurs ont pu déterminer que l'ordre de formation de ces trois composés était :  $G \rightarrow P \rightarrow T$ . Il n'est pas certain que la succession biosynthétique soit identique chez *Thymus vulgaris* et *O. gratissimum* mais le travail de ces auteurs ouvre une voie de réflexion.

Dans tous les cas, les récoltes ayant été effectuées à des périodes et dans des localités différentes, nous ne pouvons affirmer l'existence de ce phénomène dans nos huiles sans d'autres études plus poussées sur une ou plusieurs variétés précédemment décrites. Nous nous contentons de regrouper tous les échantillons d'huiles obtenus en trois catégories principales suivant les valeurs des constituants du trio TPG.:

- **catégorie I**: elle est caractérisée par une prépondérance du thymol (54-65,4%) et se retrouve dans les échantillons provenant de Cocotomey (Co), Campus (Ca<sub>2</sub>), Savè (Sa<sub>1</sub>), Womey (Wo) et Godomey (Go);

- **catégorie II**: elle correspond à une teneur moyennement élevée en thymol (23-34%) et suivant les cas en p-cymène (9-27%) et/ou en  $\gamma$ -terpinène (12-22%); ce qui conduit à deux sous-catégories:

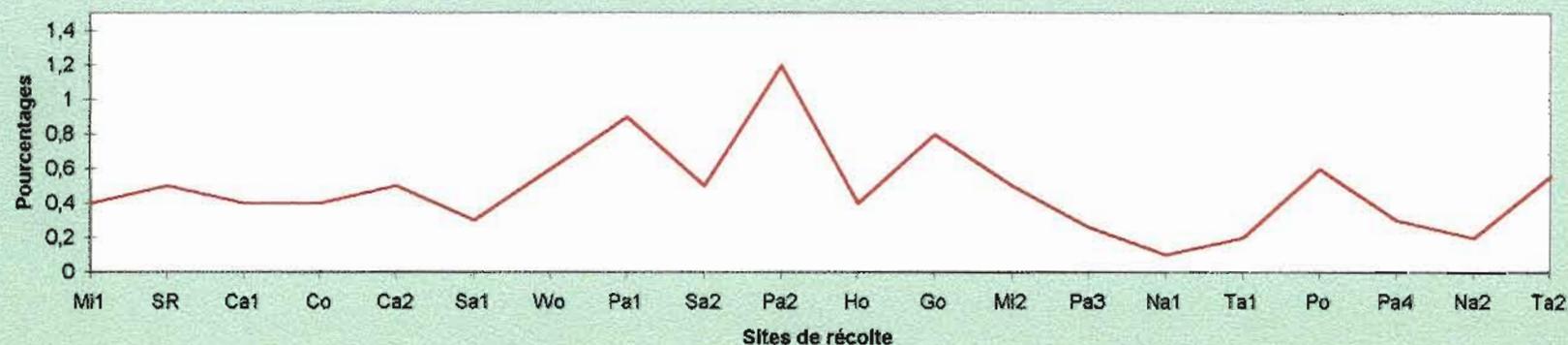
\* la sous-catégorie IIa: elle est caractérisée par une teneur en thymol (31-34%) équivalente à la somme des teneurs en p-cymène (5-18 %) et  $\gamma$ -terpinène (14-23 %), et est relevée dans les échantillons récoltés à Ste Rita (SR), Campus (Ca<sub>1</sub>), Midédji (Mi<sub>1</sub>, Mi<sub>2</sub>), Parakou (Pa<sub>4</sub>).

\* la sous-catégorie IIb regroupant les échantillons pour lesquels les teneurs en thymol (23-26%) et p-cymène (21-25%) sont équivalentes, le  $\gamma$ -terpinène

**Tableau 30:** Composition chimique et rendement en huiles essentielles d'*O. gratissimum* récolté à divers endroits du Bénin.

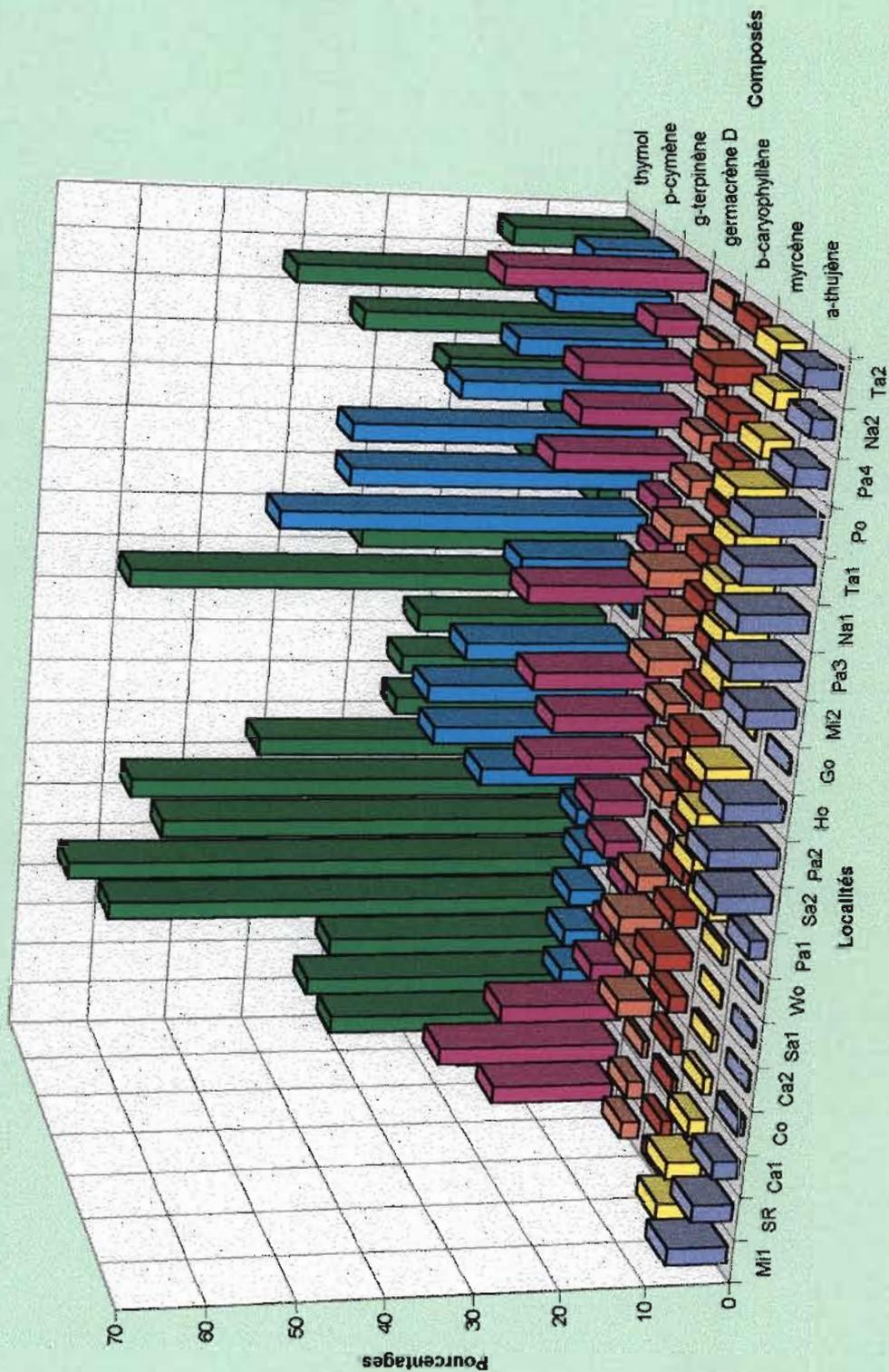
Localités	Mi1	SR	Ca1	Co	Ca2	Sa1	Wo	Pa1	Sa2	Pa2	Ho	Go	Mi2	Pa3	Na1	Ta1	Po	Pa4	Na2	Ta2
$\alpha$ -thujène	7,2	4,8	3	0,6	0,1	0,1	0,1	2	6,5	8	7	0,1	5,9	8,1	8	8,2	7,7	3,8	2,6	4,1
$\alpha$ -pinène	0,7	1,3	0,8	0,2	0,3	0,1	0,3	0,7	1,5	1,8	1,9	0,1	1,6	2,6	2,5	2,3	1,9	1	0,7	1
$\alpha$ -terpinène	1,7	3,6	2	0,4	0,3	0,1	0,5	0,9	3,2	3,1	3	0,3	2,8	2,1	1,4	1	3,2	0,1	1,5	2,8
myrcène	4,9	4,3	2,2	1	0,6	0,2	0,6	3	5,5	5,6	5,3	0,1	4,7	5,2	5,9	5,2	5,8	3,5	2,8	3
1,8-cinéole	0,4	0,4	0,2	1,7	1,8	2,8	2,1	0,5	0,4	0,4	1,7	3,2	1,5	2,2	2,2	2	1,8	0,3	0,2	0,3
$\beta$ -caryophyllène	0,7	1,3	0,6	1,3	2,2	4,6	2,9	2,4	2	2,8	3,6	2,5	1,7	3,6	4	2,3	2,3	3,6	5,9	1,5
germacrène D	2,3	2,1	0,7	4,5	3,2	5,5	3,9	0,5	2,1	2,3	2,9	5,6	4,3	6,8	4,6	3	2,4	1,1	1,5	0,5
$\gamma$ -terpinène	15,3	22,6	15,3	4,5	2,5	1,1	4,5	6,6	14,7	12,6	15,6	0,2	17,4	2,2	2,8	15,9	13,3	13,7	5,5	24
p-cymène	16,7	9,8	4,6	4,7	4,5	3,6	4,7	17,5	23,9	25,1	20,9	0,5	15,1	45	37	37,2	24,5	18,2	14,4	10,3
thymol	30,6	34,1	31,6	60	65,4	54	58,2	42,7	25,9	25,6	24	60	32	2,8	11,6	8,5	23,1	34,1	42,6	16,7
Rendements	0,4	0,5	0,4	0,4	0,5	0,3	0,6	0,9	0,5	1,2	0,4	0,8	0,5	0,26	0,1	0,2	0,6	0,3	0,2	0,56
Catégories	IIa	IIa	II'a	I	I	I	I	IIIB	IIB	IIb	IIb	I	IIa	IIIa	IIIa	IIIa	IIb	IIa	IIIb	IIIc

**Figure 44:** Variation du rendement en H.E. d'*O. gratissimum* suivant les sites de récolte

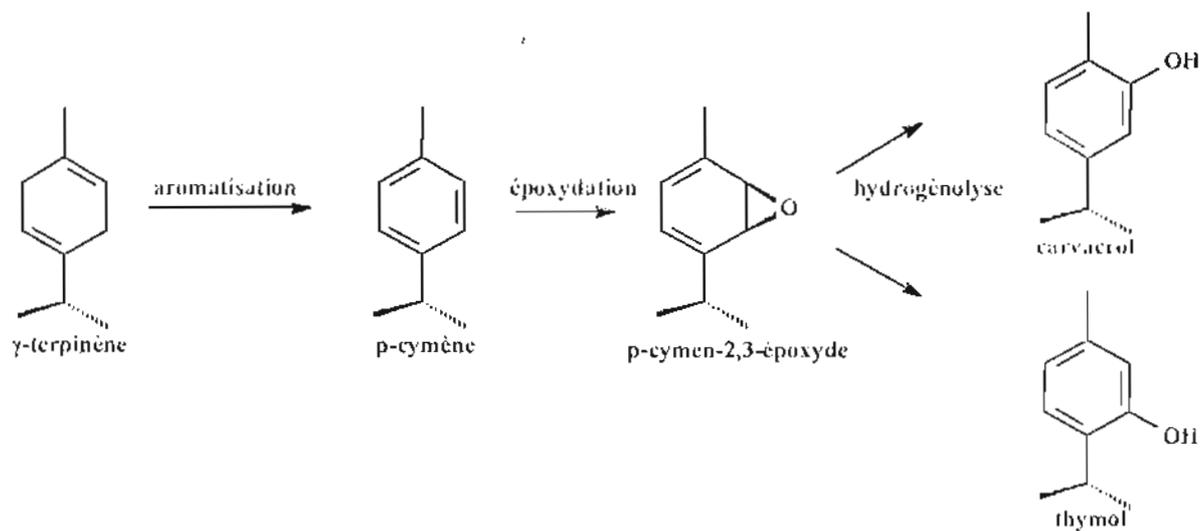


MI: Midédji  
 SR: Ste Rita  
 Ca: Campus  
 Co: Cocotomey  
 Sa: Savè  
 Wo: Womey  
 Pa: Parakou  
 Ho: Houéyiho  
 Go: Godomey  
 Na: Natitingou  
 Ta: Tanguéta  
 Po: Pobè

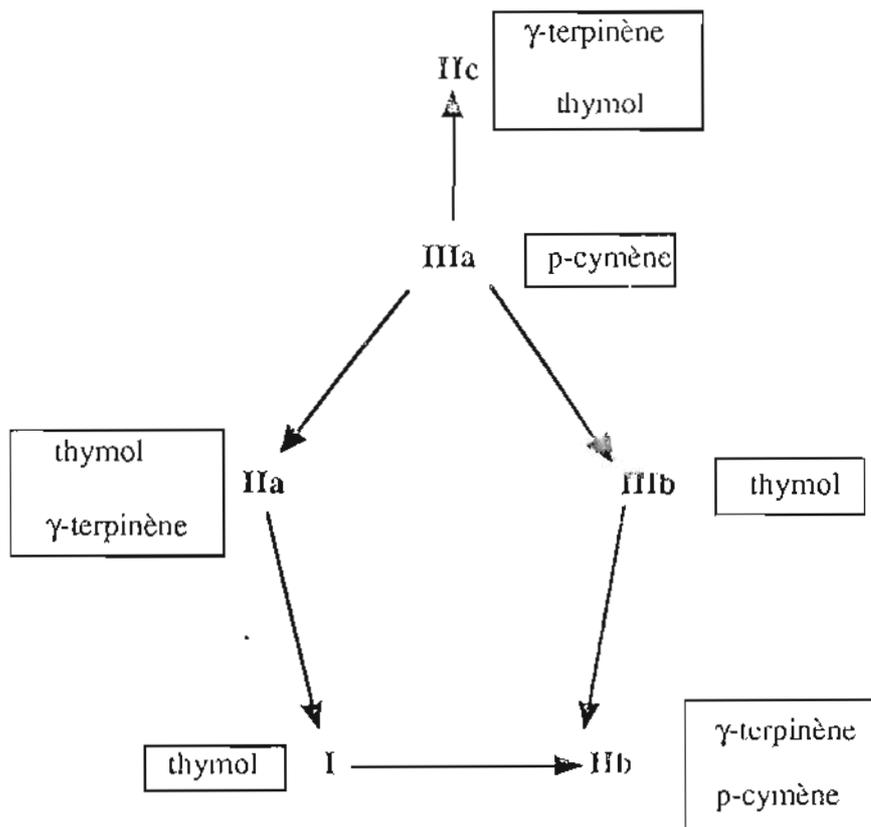
Figure 45: Variation de la teneur en composés principaux d'*O. gratissimum* suivant les sites de récolte



**Figure 46** : Biosynthèse du p-cymène et des dérivés phénoliques



**Figure 47** : Différentes relations observées au sein du trio GTP dans les *O. gratissimum* du Bénin.



ayant alors un pourcentage plus faible (13-16%). Ce profil est retrouvé pour les échantillons de Savè (Sa<sub>2</sub>), Parakou (Pa<sub>2</sub>), Houéyiho (Ho) et Pobè (Po).

- **catégorie III**: elle est surtout spécifique aux échantillons du Nord et se caractérise, suivant les cas, par une prépondérance du p-cymène, du thymol ou du  $\gamma$ -terpinène. Il apparaît ainsi trois sous catégories:

\* la sous-catégorie IIIa: elle est constituée d'échantillons riches en p-cymène (37-45%) et retrouvée à Parakou (Pa<sub>3</sub>), Natitingou (Na<sub>1</sub>) et Tanguiéta (Ta<sub>1</sub>). Cependant, il est à noter une légère différence relative aux taux de  $\gamma$ -terpinène (2-16%) et thymol (3-12%) dans ces échantillons.

\* sous-catégorie IIIb: elle regroupe les échantillons récoltés à Parakou (Pa<sub>1</sub>) et à Natitingou (Na<sub>2</sub>) et est caractérisée par une prépondérance du thymol (42%) suivie du p-cymène (14-17%) et une faible teneur en  $\gamma$ -terpinène (5-17%).

\* sous-catégorie IIIc: elle contient uniquement l'échantillon Ta<sub>2</sub> récolté à Tanguiéta et est caractérisée par une teneur en  $\gamma$ -terpinène (24%) sensiblement égale à la somme de celles en p-cymène (10%) et en thymol (16,7%).

Il apparaît ainsi une grande fluctuation dans la composition chimique des huiles essentielles d'*O. gratissimum* spécialement en ce qui concerne les teneurs en T, P et G; c'est ainsi que :

- les échantillons récoltés à Savè (Sa<sub>1</sub>, Sa<sub>2</sub>), au Campus (Ca<sub>1</sub>, Ca<sub>2</sub>) et à Parakou (Pa<sub>1</sub>, Pa<sub>2</sub>) révèlent une grande variation de la composition chimique de leurs huiles essentielles en fonction de la période de récolte et de l'évolution physiologique des plantes.

\* à Savè, les échantillons récoltés en Juillet 95 et Septembre 96 passent de la catégorie I (% T = 54) à la catégorie IIb (% T = 26, % P = 24 et % G = 15),

\* au Campus, les échantillons récoltés en 1994 et 1995 montrent une évolution inverse : ils passent de la catégorie IIa (% T = 31,6, % G = 15,3) à la catégorie I (% T = 65,4)

\* quant aux échantillons de Parakou récoltés en Nov. 95 (saison sèche) et en Sept.96 (saison pluvieuse) ils passent de la catégorie IIIb (% T = 42,7, % P = 17,5) à la catégorie IIb (% T = 25,6, % P = 25,1 et % G = 12,6).

- les cas les plus frappants de la variation du profil chimique en fonction du cycle végétatif sont ceux relatifs aux échantillons récoltés en Janvier 97 (saison sèche) et en Mai 97 (saison pluvieuse) à Parakou (Pa<sub>3</sub> et Pa<sub>4</sub>), Natitingou et Tanguiéta. Regroupés dans la catégorie IIIa en Janvier 97 (% P = 45,0 à Parakou; % P = 37,0 et % T = 11,6 à Natitingou; % P = 37,2 et % G = 16,0 à Tanguiéta) ils se retrouvent dispersés dans trois catégories différentes en Mai :

\* IIa pour Parakou (% P = 18,2, % G = 14 et % T = 34),

\* IIIb pour Natitingou (% P = 14,4, % T = 42,6) et

\* IIIc pour Tanguiéta (% P = 10, % G = 24 et % T = 16,7).

Ces variations observées dans cette espèce végétale sont résumées dans la figure 47.

À ce stade de nos recherches il est donc difficile, sinon impossible, de parler de chémotypes bien définis pour les *O. gratissimum* du Bénin; nous les rangeons provisoirement dans une seule catégorie, que nous appelons TPG, en attendant que des études plus systématiques nous permettent d'affiner ce classement. Cependant il n'est pas inutile de signaler, pour le moment, une éventuelle influence de la pluviométrie et du cycle végétatif sur les teneurs en composés principaux des huiles essentielles.

### SECTION III CULTURES EXPÉRIMENTALES

Suite à l'inventaire des *O. gratissimum* décrit dans la Section II, deux échantillons ont été retenus en vue d'une étude plus complète relative aux influences des sites de culture et des stades de floraison sur les rendements et les compositions chimiques de leurs huiles essentielles: il s'agit de l'échantillon Ta<sub>1</sub> provenant de Tanguiéta, riche en p-cymène, et de l'échantillon Po provenant de Pobè et caractérisé par une co-dominance des trois constituants principaux généralement trouvés dans les huiles. Par ailleurs, une étude de la variation du rendement et de la composition chimique en fonction du cycle végétatif des plantes a été réalisée sur l'échantillon Ta<sub>1</sub>. Ces travaux permettront de savoir si les variations observées précédemment pour les échantillons d'*O. gratissimum* se conservent sur différents sites de culture d'une part, et de mieux comprendre le mécanisme d'interconversion des composés principaux des huiles au cours du cycle végétatif d'autre part.

Par convention, on désigne par OG<sub>1</sub> l'échantillon Ta<sub>1</sub> et par OG<sub>2</sub> l'échantillon Po. Les désignations relatives aux sites de culture et aux différentes récoltes sont identiques à celles explicitées dans le chapitre 4 (p. 81).

#### III-1 Influence du site de culture sur le rendement et la composition chimique des huiles essentielles

Pour cette étude nous avons choisi de récolter les échantillons au stade de pleine floraison des plantes sur tous les sites de culture. Les résultats relatifs au rendement et à la composition chimique des huiles obtenues sont groupés dans les tableaux 31 et 32.

Tableau 31: Composition chimique et Rendement d'huile essentielle d'*O. gratissimum* OG1

Suivant les sites de culture

Références	OG1	OG1C3	OG1Po3	OG1N3	OG1S3	OG1Pa3
$\alpha$ -thujène	8,2	4,3	5,3	7,3	5,1	6,1
$\alpha$ -pinène	2,3	1,1	1,5	1,9	1,2	1,6
1,8-cinéole	2	1,1	1,2	1,4	1,2	1,3
$\alpha$ -terpinène	3,2	5	3,6	1,3	6	5,6
myrcène	5,2	3,9	4,1	5,2	4	4,6
$\beta$ -caryophyllène	2,3	1	0,9	0,9	1,2	1
germacrène D	3	1,4	1,1	1	1,2	1,1
p-cymène	35	23	13,5	19	17	24
$\gamma$ -terpinène	15,2	18,7	35,2	23,4	35,1	19,7
thymol	8,5	30,1	25,4	30	19,7	26
Rendements (%)	0,2	0,9	0,9	1,9	0,8	0,8
Catégories	IIIa	IIIb	IIIc	IIIb	IIIc	IIIb

Tableau 32: Composition chimique et rendement d'huile essentielle d'*O. gratissimum* OG2

suivant les sites de culture

Références	OG2	OG2C3	OG2Po3	OG2N3	OG2S3	OG2Pa3
$\alpha$ -thujène	7,7	5,3	6,9	5,1	5,2	6,8
$\alpha$ -pinène	1,9	1,5	2	1,3	1,4	1,9
1,8-cinéole	1,8	1,3	1,5	1,2	1,3	1,6
$\alpha$ -terpinène	3,2	6,9	9,4	4,8	6,8	10
myrcène	5,8	4,4	5,4	4,3	4,4	5,5
$\beta$ -caryophyllène	2,3	4	1,1	1,6	1,1	1,3
germacrène D	2,4	1,5	0,8	1,3	3	1,3
$\gamma$ -terpinène	13,3	5,7	14,2	15,9	9,6	8,9
p-cymène	24,5	21,5	18,4	12	18,8	22,3
thymol	23,1	31,7	29,4	43	36,4	28,8
Rendements (%)	0,6	0,9	0,7	1,7	0,3	0,5
Catégories	IIb	III'b	IIIb	IIIb	III'b	III'b

### III-1-1 Rendement en huiles essentielles

On observe pour les échantillons OG<sub>1</sub>, une grande différence dans les valeurs obtenues chez les plantes cultivées par rapport à celle obtenue avec l'échantillon-mère. En dehors du site de Niaouli qui se particularise par un rendement assez élevé (1,9%), les valeurs obtenues sur les autres sites sont plus homogènes (0,8-0,9%).

Quant aux échantillons provenant de OG<sub>2</sub>, la variation des rendements (0,3-1,7%) par rapport à l'échantillon-mère (0,6%) est moins grande que celle observée précédemment. Les valeurs les plus faibles sont obtenues sur les sites de Savè (0,3%) et Parakou (0,5%). À Pobè et au CENAP les rendements sont moyennement élevés (0,7-0,9%) alors qu'ils sont nettement plus hauts à Niaouli (1,7%).

Par ailleurs les rendements sont plus faibles pour les plantes provenant de OG<sub>2</sub> que pour celles provenant de OG<sub>1</sub> alors qu'au départ des valeurs inverses avaient été observées dans les échantillons-mères (Fig.48).

### III-1-2 Composition chimique des huiles essentielles

On observe dans les deux cas, une variation de la composition chimique des huiles lorsqu'on passe des échantillon-mères aux échantillons cultivés:

- tandis que deux composés minoritaires, le carvacrol et l' $\alpha$ -terpinène apparaissent dans les plantes cultivées à des pourcentages un peu plus élevés que dans les échantillons-mères, les autres composés, à l'exception du trio T,P,G., apparaissent avec des pourcentages plus faibles.

- la variation la plus sensible est celle observée au sein du trio T,P,G.:

\* pour les échantillons OG<sub>1</sub>, on observe un passage de la catégorie IIIa (riche en p-cymène) aux catégories IIIb (riche en thymol) et IIIc (riche en  $\gamma$ -terpinène), analogue à celui mis en évidence dans la figure 47 (Fig.49).

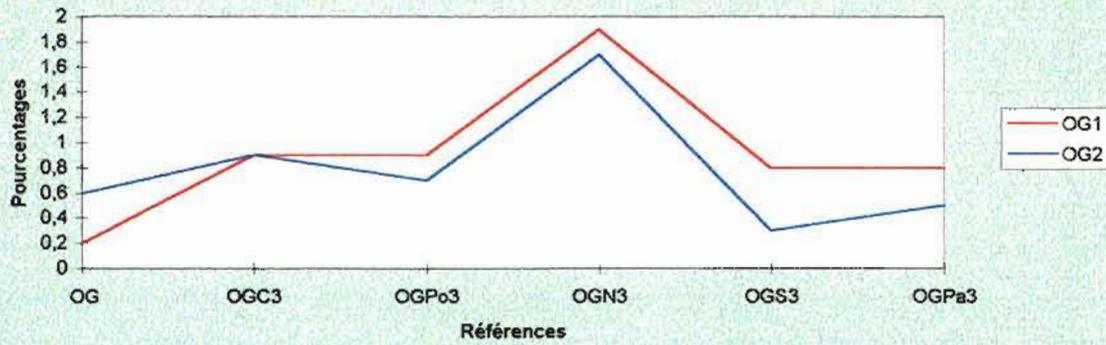
\* pour les échantillons OG<sub>2</sub>, on obtient trois autres catégories:

° la catégorie IIIb caractérisée par une transformation du p-cymène en thymol,

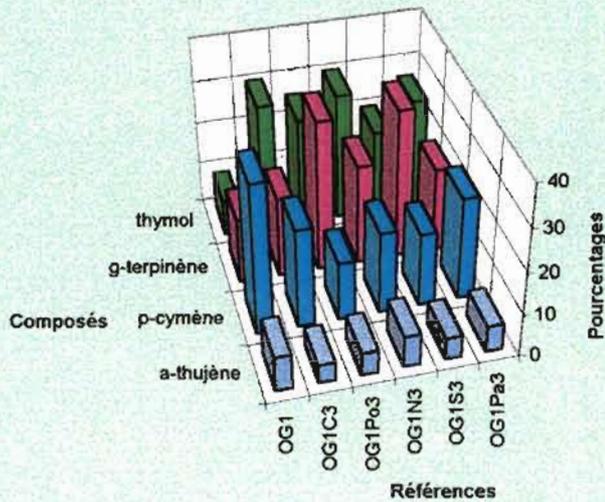
° les catégories III'b et III''b très peu différentes l'une de l'autre et caractérisées par une transformation de  $\gamma$ -terpinène et/ou du p-cymène en thymol (Fig.50).

Cette voie de biosynthèse du thymol à partir du  $\gamma$ -terpinène est en fait en accord avec celle proposée par Poulose et Croteau [138]; ceci nous amène ainsi à supposer l'existence d'une seule catégorie IIIa au sein des espèces d'origine béninoise et qui se transforme, par interconversion des éléments du trio T, P, G, en différentes autres catégories à travers un mécanisme encore inconnu. Les facteurs climatiques (pluviométrie) précédemment invoqués ne semblent pas être la cause de ces variations puisque les résultats sont aussi divergents pour des récoltes faites à la même saison; par

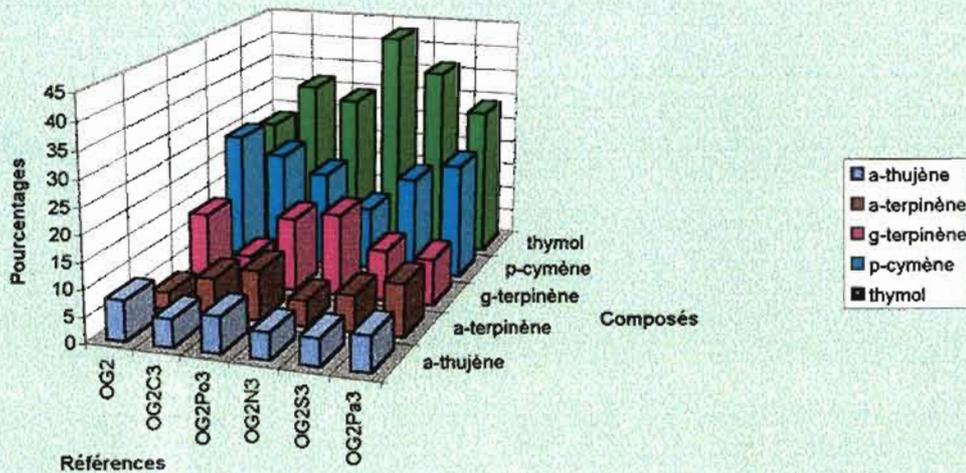
**Figure 48:** Variation du rendement en H.E. d'*O. gratissimum* en fonction du site de culture



**Figure 49:** Variation de la teneur en composés principaux d'*O. gratissimum* OG1 en fonction du site



**Figure 50:** Variation de la teneur en composés principaux d'*O. gratissimum* OG2 en fonction du site



exemple pour les échantillons OG<sub>1</sub>, on obtient des résultats différents au CENAP et à Pobè alors que ces deux localités sont affectées des paramètres climatiques identiques; par ailleurs, on obtient des résultats comparables à Niaouli et à Parakou alors que ces localités sont climatiquement différentes.

Pour différencier les influences éventuelles des sites de culture de celles liées à l'espèce nous avons multiplié les récoltes sur chaque site en fonction des stades de floraison .

### **III-2 Influence des stades de floraison sur le rendement et la composition chimique des huiles essentielles**

Sur chaque site, les graines provenant des échantillons OG<sub>1</sub> (Tanguiéta) et OG<sub>2</sub> (Pobè) ont été mises en culture dans les mêmes conditions que celles décrites au chapitre 4 pour *O. basilicum*. Trois récoltes ont été faites en fonction des stades végétatifs suivants:

- avant la floraison,
- début de floraison,
- pleine floraison.

L'évolution physiologique des plantes est résumée dans le tableau 33. L'analyse de ce tableau montre une croissance légèrement retardée des plantes cultivées au CENAP et à Pobè par rapport à celles des autres sites. Cela est vraisemblablement dû à la différence climatologique des sites considérés; en effet les graines de Pobè et du CENAP ont été mises en culture en période relativement sèche et les plants n'ont pu se développer convenablement compte tenu du manque d'eau. Par contre, les graines de Niaouli, Savè et Parakou ont été mises en culture en période plus humide et les plants ont pu se développer normalement. Le facteur "eau" semble ainsi intervenir dans la croissance de cette espèce: cependant, contrairement à son homologue *O. canum*, *O. gratissimum* a une croissance plus lente que *O. basilicum*. (Cf Section III-3).

Les rendements et compositions chimiques des huiles obtenues suivant ces périodes de floraison sont inscrits dans les tableaux 34 et 35 respectivement pour OG<sub>1</sub> et OG<sub>2</sub>.

#### **III-3-1 Rendements en huiles essentielles**

Pour l'un ou l'autre des deux types d'*O. gratissimum* étudiés, les rendements varient de façon similaire : médiocres (0,2 à 0,5 %) au départ, ils atteignent leur maximum en début de floraison (0,4 à 1,4 %) et diminuent faiblement à la pleine floraison (0,3 à 1,9 %). Toutefois le site de Niaouli, comme d'habitude, se distingue des autres par l'augmentation importante de ses rendements lorsque l'on passe du "début de la floraison" (0,6 % pour OG<sub>1</sub> et 0,4 % pour OG<sub>2</sub>) à la "pleine floraison"

**Tableau 33: Evolution physiologique d'*Ocimum gratissimum* sur les sites de culture**

	1ère récolte	2ème récolte	3ème récolte
<b>CENAP</b>	* Plantes jeunes	* Boutons floraux	* Pleine floraison
<b>Pobè</b>	"	"	"
<b>Niaouli</b>	* Boutons floraux	* Floraison moyenne	* Maturité moyenne des graines
<b>Savè</b>	"	"	"
<b>Parakou</b>	"	"	"

(respectivement 1,9 et 1,7 %). Comparés aux échantillons -mères, ces rendements sont comparables à ceux obtenus en période de pré-floraison pour les échantillons OG<sub>1</sub> et en période de pleine floraison pour les échantillons OG<sub>2</sub> (Fig.51).

### III-3-2 Composition chimique des huiles essentielles

L'examen des tableaux de résultats montre la complexité de l'évolution de la composition chimique des échantillons et la difficulté d'en tirer des règles précises; la première observation est que les deux échantillons, OG<sub>1</sub> et OG<sub>2</sub> n'évoluent pas de la même façon et nécessitent donc des commentaires séparés. Toutefois certaines observations sont communes aux deux séries d'analyses et les remarques qu'elles appellent s'appliquent aux données des tableaux 34 et 35 :

- les pourcentages des "petits produits" (monoterpènes, autres que G,T,P, et sesquiterpènes) varient de façon faible, aléatoire et non significative de la pré-floraison à la pleine floraison; il est sans intérêt de discuter leurs variations.

- la somme, S, des pourcentages de G, T et P reste quasi constante quels que soient les sites et les stades de floraison; c'est ainsi que, pour OG<sub>1</sub>, S est comprise entre 70 et 75 %, à l'exception de deux échantillons (seconde récolte au CENAP et 3ème récolte à Savè) où elle n'est que de 61 %. Pour OG<sub>2</sub> la fourchette est à peu près la même (65-75 %) sauf pour les troisièmes récoltes de CENAP, Pobè et Parakou où S est aux alentours de 60%.

Cette constance de S indique que les modifications de composition se font au sein du trio G,P,T, un produit pouvant se transformer en chacun des deux autres suivant les lieux et les périodes de floraison.

Voyons maintenant séparément l'évolution des deux échantillons mis en culture

- OG<sub>1</sub> :

L'évolution de la composition chimique sera illustrée par l'exemple du site de Parakou, assez représentatif de l'ensemble des sites: de la préfloraison à la pleine floraison le pourcentage de G passe de 40,6 à 19,7, celui de T de 19,5 à 26 et celui de P de 14,7 à 24; ceci traduit une diminution sensible de G compensée par des

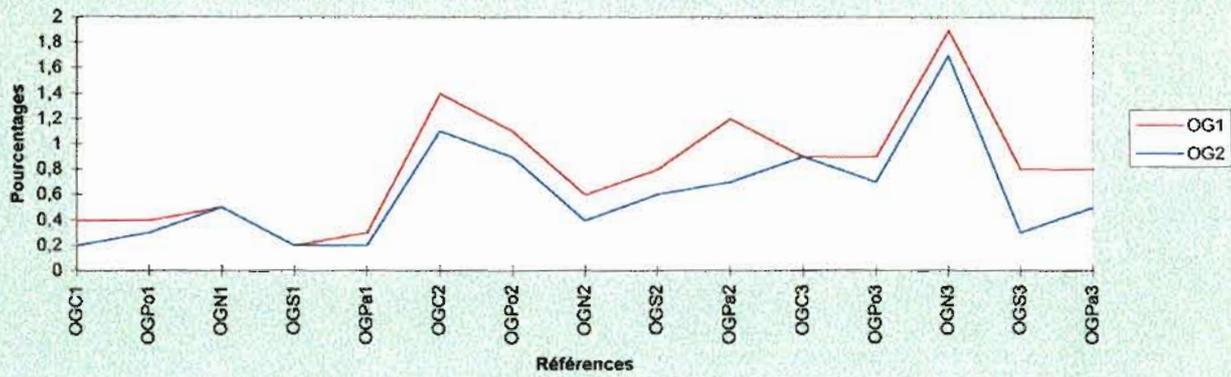
Tableau 34: Composition chimique et Rendement en H.E. d'*O.gratissimum* OG1 en fonction du stade de floraison et du site de culture

	Avant floraison					Début de floraison					Pleine floraison				
	OG1C1	OG1Po1	OG1N1	OG1S1	OG1Pa1	OG1C2	OG1Po2	OG1N2	OG1S2	OG1Pa2	OG1C3	OG1Po3	OG1N3	OG1S3	OG1Pa3
$\alpha$ -thujène	4,6	5,1	3,7	4,4	4	6,1	4,9	4,9	5,6	5,1	4,3	5,3	7,3	5,1	6,1
$\alpha$ -pinène	1,2	1,5	1	1,2	1,2	1,7	1,3	1,3	1,5	1,3	1,1	1,5	1,9	1,2	1,6
1,8-cinéole	1,3	1,1	1,1	1,1	1,2	1,5	1,1	1,1	1,2	1,1	1,1	1,2	1,4	1,2	1,3
$\alpha$ -terpinène	3,9	4,4	3,5	3,6	3,8	7,2	3,4	3,5	3,5	4	5	3,6	1,3	6	5,6
myrcène	4	3,8	3,6	4	3,7	5,1	3,9	3,6	4,2	4	3,9	4,1	5,2	4	4,6
$\beta$ -caryophyllène	1,9	1,5	1,3	1,4	1,2	1,3	0,9	1,3	1,4	1	1	0,9	0,9	1,2	1
germacrène D	1,7	1,4	1,5	1,4	1,2	1,3	0,9	1,3	1,4	1	1	0,9	0,9	1,2	1
p-cymène	16,5	6,9	14,5	16,6	14,7	15	10	14	16	15	23	13,5	19	17	24
$\gamma$ -terpinène	38,3	49,1	37,9	37,4	40,6	16,5	36,2	37,9	25,5	36,6	18,7	35,2	23,4	35,1	19,7
thymol	15,6	17	23,2	20,9	19,5	30,3	28,9	23,2	30,9	23	30,1	25,4	30	19,7	26
Rendement	0,4	0,4	0,5	0,2	0,3	1,4	1,1	0,6	0,8	1,2	0,9	0,9	1,9	0,8	0,8
Catégorie	IIIc	IIIc	IIIc	IIIc	IIIc	IIa	IIIc	IIIc	IIIb	IIIc	IIIb	IIIc	IIIb	IIIc	IIIb
S = P+T+G	70,4	73	7506	74,9	74,8	61	75,1	75,1	72,4	74,6	71,8	74,1	72,4	61,8	69,7

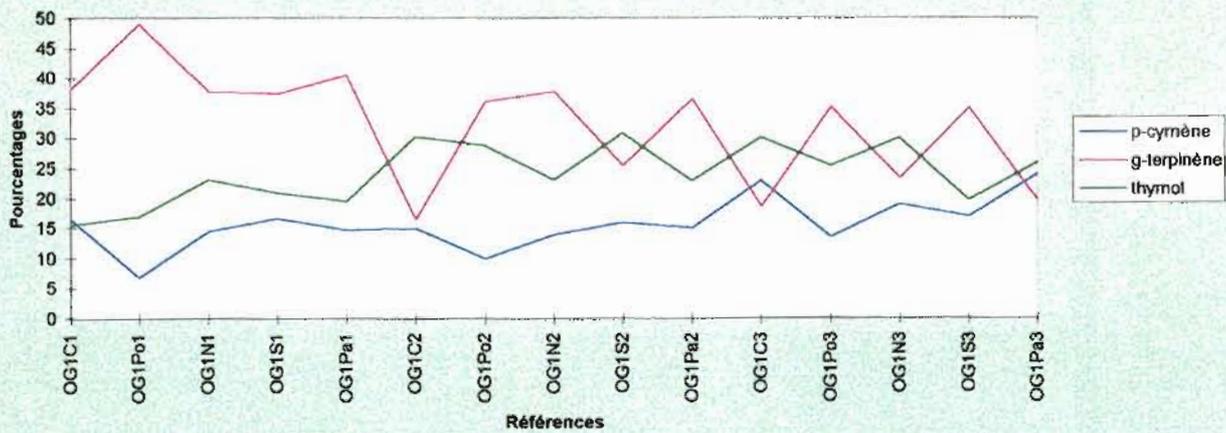
Tableau 35: Composition chimique et Rendement en H.E d'*O.gratissimum* OG2 en fonction du stade de floraison et du site de culture

	Avant floraison					Début de floraison					Pleine floraison				
	OG2C1	OG2Po1	OG2N1	OG2S1	OG2Pa1	OG2C2	OG2Po2	OG2N2	OG2S2	OG2Pa2	OG2C3	OG2Po3	OG2N3	OG2S3	OG2Pa3
$\alpha$ -thujène	2,9	3,4	4,5	2	4,6	4,5	4,5	7,2	5,3	4	5,3	6,9	5,1	5,2	6,8
$\alpha$ -pinène	0,8	0,9	1,3	0,6	1,3	1,2	1,2	2	1,4	1,1	1,5	2	1,3	1,4	1,9
1,8-cinéole	1,3	1,2	1,3	1	1,2	1	1,2	1,5	1,2	1,2	1,3	1,5	1,2	1,3	1,6
$\alpha$ -terpinène	2,9	3,2	3	2,4	3,4	3,1	3,2	3,6	3,9	5,3	6,9	9,4	4,8	6,8	10
myrcène	3,2	3,7	4,5	3	4	3,7	3,8	5,4	4,3	3,8	4,4	5,4	4,3	4,4	5,5
$\beta$ -caryophyllène	1,9	1,6	1,1	1,8	1,2	1,7	1,1	0,8	1	1,1	4	1,1	1,6	1,1	1,3
germacrène D	1,1	1,3	1,3	2,1	1,1	1	0,8	0,8	1	1,4	1,5	0,8	1,3	3	1,3
p-cymène	7,8	14,1	18,2	8,7	10,1	4,9	8,6	16	11	13,6	21,5	18,4	12	18,8	22,3
$\gamma$ -terpinène	22,4	19	20	21	23,7	23,6	22,1	21,8	23,7	13,5	5,7	14,2	15,9	9,6	8,9
thymol	35,8	39,6	35,4	44,2	39	46,3	43,3	31,6	38,4	41	31,7	29,4	43	36,4	28,8
Rendement	0,2	0,3	0,5	0,2	0,2	1,1	0,9	0,4	0,6	0,7	0,9	0,7	1,7	0,3	0,5
Catégorie	II'a	II'a	II'a	II'a	II'a	II'a	II'a	II'a	II'a	II'a	IIIb	II'a	II'a	IIIb	IIIb
S = T+P+G	66	72,7	73,6	73,9	72,8	74,8	74	69,4	73,1	68,1	58,9	62	70,9	64,8	60

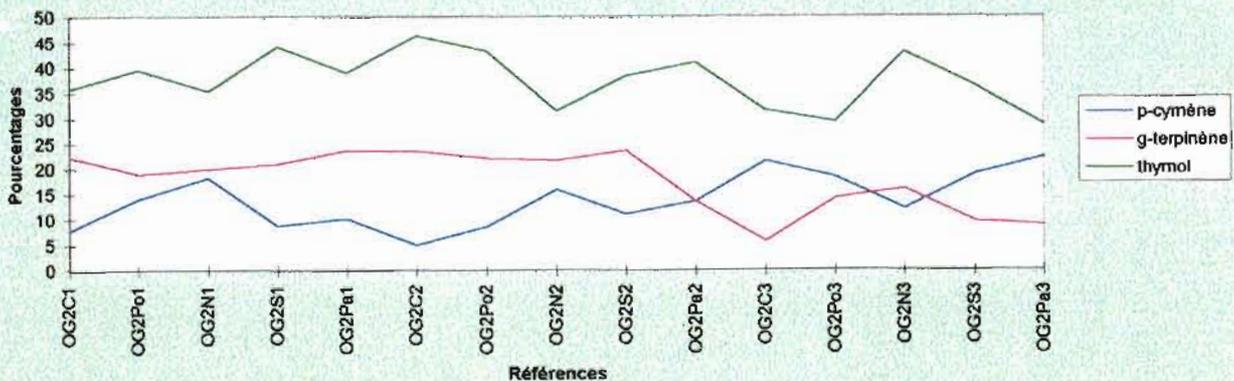
**Figure 51:** Variation du rendement en H.E. d'*O. gratissimum* en fonction du stade de floraison et du site



**Figure 52:** Variation de la teneur en composés principaux d'*O. gratissimum* OG1 en fonction du stade de floraison et du site



**Figure 53:** Variation de la teneur en composés principaux d'*O. gratissimum* OG2 en fonction du stade de floraison et du site



augmentations concomitantes de T et P. Globalement OG<sub>1</sub> passe d'un type GTP à un type TPG (Fig.52).

- OG<sub>2</sub> :

Ici l'évolution de la composition sera illustrée par l'exemple du CENAP, le plus représentatif de l'ensemble des sites: de la préfloraison à la pleine floraison le pourcentage de T passe de 35,8 à 31,7, celui de G de 22,4 à 5,7 et celui de P de 7,8 à 21,5. Ces variations reflètent une baisse considérable de G, une quasi constance de T et une forte augmentation de P. L'échantillon OG<sub>2</sub> est passé du type TGP au type TPG (Fig.53).

Si la chaîne biosynthétique est la même dans *O. gratissimum* que dans *Thymus vulgaris*, ces transformations s'expliquent parfaitement : il est normal que G, qui est en tête de la biosynthèse, voit sa concentration diminuer au cours du temps au profit de P et/ou de T. Le fait que T soit déjà le produit prédominant dès la préfloraison dans OG<sub>2</sub> est, peut-être, une indication que la vitesse des transformations biosynthétiques est plus grande que dans OG<sub>1</sub>.

Il est difficile d'aller plus loin dans la discussion des résultats à ce stade de nos recherches; les modifications de type proposées ci-dessus ne reflètent que des tendances évolutives et devraient être étayées par des expérimentations plus nombreuses portant sur une beaucoup plus longue période et avec des récoltes beaucoup moins espacées dans le temps (par exemple toutes les semaines au lieu de tous les mois).

### III-3 Influence du cycle végétatif sur le rendement et la composition chimique des huiles essentielles

Comme dans le cas des autres espèces, cette étude a été réalisée sur les plantes provenant de OG<sub>1</sub> et qui ont été mises en culture à Kansoukpa. Le protocole cultural est identique à celui décrit pour les deux autres espèces.

Les plantes ont été suivies pendant huit mois et les différentes observations relatives sont inscrites dans le tableau 36. Ce tableau révèle l'évolution plus lente de cette espèce comparativement aux deux autres, par le fait qu'à la huitième récolte (soit 37 semaines environ après les semis), la plante n'est pas entièrement desséchée. Par ailleurs un temps de 20 semaines environ après les semis est nécessaire pour atteindre la phase de pleine floraison des plantes. A cette période, un début de maturité des graines est observé et évolue presque mensuellement vers la phase de maturité maximale des graines. Celle-ci est caractérisée par une chute plus ou moins sensible des feuilles.

A chacun des stades d'évolution (Planche 9) décrits dans ce tableau, des récoltes ont été faites et les résultats obtenus sont inscrits dans le tableau 37.



Jeunes pousses avant la floraison



Plantes en début de floraison



Plantes en pleine floraison



Plantes en fin du cycle végétatif

Planche 9 : évolution d'une plantation d'*O. gratissimum* en fonction du cycle végétatif

Tableau 36: Evolution physiologique d'*O. gratissimum* OG1 cultivé à Kansoukpa

1ère récolte 05/06/97	2ème récolte 02/07/97	3ème récolte 08/08/97	4ème récolte 04/09/97	5ème récolte 03/10/97	6ème récolte 05/11/97	7ème récolte 06/12/97	8ème récolte 08/01/98
* Plantes jeunes	* Boutons floraux	* Floraison moyenne	*Pleine floraison *Début de maturité des graines	* Maturité moyenne des graines	*Début de chute et de jaunissement des feuilles *Maturité moyenne des graines	*Chute moyenne des feuilles *Maturité maximale des graines	*Chute presque totale des feuilles *Maturité maximale des graines

Tableau 37: Variation de la composition chimique et du rendement en H.E. d'*O. gratissimum* OG1 en fonction du cycle végétatif des plantes

	OG1K1	OG1K2	OG1K3	OG1K4	OG1K5	OG1K6	OG1K7	OG1K8	OG1
$\alpha$ -thujène	3	5,4	4,8	4,6	5,3	6,1	6	6,2	8,2
$\alpha$ -pinène	0,8	1,5	1,3	1,2	1,4	1,5	1,6	1,6	2,3
1,8-cinéole	1	1,2	1,1	1	1,1	1,2	1,2	1,2	2
$\alpha$ -terpinène	3,8	4,2	3,3	3,9	3,8	3,6	4,2	3,8	3,2
myrcène	3,2	4,1	3,7	3,6	4,1	4,4	4,5	4,1	5,2
$\beta$ -caryophyllène	1,2	0,8	1	1,1	1,1	1	0,7	1,1	2,3
germacrène D	1,2	0,7	1,1	1,2	1,2	1,2	1	1,5	3
p-cymène	5	8,4	14,8	10,6	13	13,7	17,2	13,6	35
$\gamma$ -terpinène	32,6	42,8	46	47,7	37,6	35,2	36,9	42,3	15,9
thymol	36,6	22	13,7	16,7	23	22,6	19,2	15,4	8,5
Rendement	0,3	1,4	1,2	1,7	2,2	1,5	1,7	2,1	0,2
Types	TGP	GTP	GTP	GTP	GTP	GTP	III'b	II'a	IIIa
S = T+G+P	74,2	73,2	73,8	75	73,6	71,5	73,3	71,3	59,4

### **III-3-1 Rendements en huiles essentielles**

L'analyse du tableau 37 montre que, en dehors de la phase de "jeunes pousses" où le rendement en huile essentielle est significativement plus faible (0,3%), on observe une augmentation importante de ce rendement jusqu'à la phase de maturité moyenne des graines, où il devient maximum (2,2%); il apparaît ensuite une chute rapide et sensible du rendement à la fin de cette même période (1,5%) suivie d'un autre maximum (2,1%) vers la fin du cycle végétatif des plantes (Fig.54).

Cette évolution des rendements laisse penser à une éventuelle pérennité de cette espèce.

### **III-3-2 Composition chimique des huiles**

L'analyse de la composition chimique des huiles essentielles obtenues au cours du cycle végétatif met, ici aussi, en évidence les transformations précédemment observées au sein du trio T,P,G encore que l'évolution globale ne soit pas la même que sur les 5 sites (Fig.55).

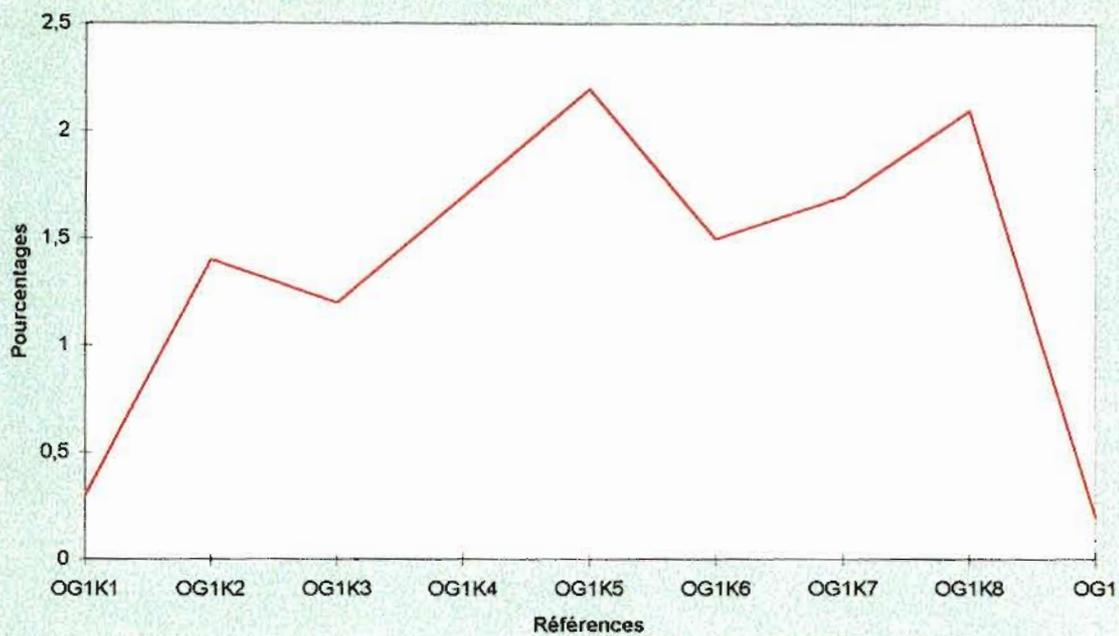
Notons, toutefois, une première similitude entre les deux séries d'expériences: la mise en culture des graines provenant d'une catégorie de plantes riches en p-cymène (35%), type PGT, à conduit à l'obtention des plantes riches en  $\gamma$ -terpinène et thymol, de type GTP, exactement comme lors de la culture sur les 5 sites, et significativement pauvres en p-cymène (8,4%; les résultats analytiques de la première récolte, portant sur des feuilles jeunes, non-représentatives de la plante adulte, ne seront pas pris en considération dans notre discussion).

Une deuxième similitude réside dans la valeur de S qui reste remarquablement constante, de 71,5 à 75%, tout au long du cycle végétatif.

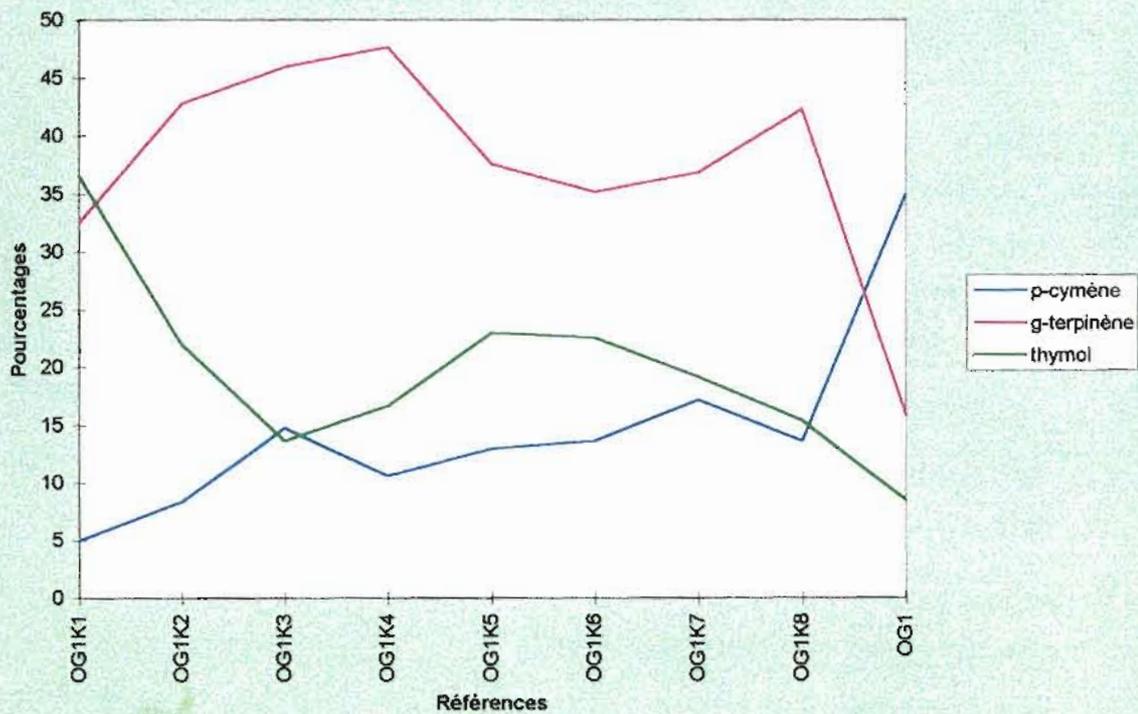
La ressemblance s'arrête là : en effet à Kansoukpa la plante reste au type GTP tout au long du cycle végétatif et ne se transforme pas en TGP comme sur les autres sites; les pourcentages de chaque composé fluctuent, certes, mais le classement n'est jamais modifié; le pourcentage de G oscille autour de 40% (35 à 48) celui de T autour de 18% (14 à 23) et celui de P autour de 12% (8 à 17). La constance de S entraîne évidemment que les fluctuations de T, P et G se fassent en sens inverse: quand G, le plus abondant diminue, les 2 autres augmentent et vice-versa, mais en fin de cycle (huitième récolte) on est revenue pratiquement à la même situation qu'en début (deuxième récolte) ce qui implique que les trois constituants du trio, G,P et T se transforment réversiblement l'un en l'autre: non seulement G peut donner T et P, comme l'ont montré Poulou et Croteau, mais P et T peuvent redonner G!

Remarquons enfin, qu'en aucun moment de la période végétative on n'a observé un retour à la situation initiale, c'est-à-dire une prépondérance du p-cymène, comme dans l'essence de la plante-mère.

**Figure 54:** Variation du rendement en H.E. d'*O. gratissimum* OG1 en fonction du cycle végétatif



**Figure 55:** Variation de la teneur en composés principaux d'*O. gratissimum* OG1 en fonction du cycle végétatif



Ces résultats, surprenants et passionnants, soulignent la nécessité d'expérimentations détaillées avant de commencer une culture industrielle d'*O. gratissimum*.

## SECTION IV ÉTUDES COMPLÉMENTAIRES

### IV-1 Variation diurne du rendement et de la composition chimique des huiles essentielles

Cette étude a été réalisée sur les plantes cultivées à Kansoukpa. Les récoltes ont été faites, sur une même plante, à différentes heures de la journée, au stade de pleine floraison comme déjà décrit dans le chapitre 4 ; les résultats sont regroupés dans le tableau 38. On observe :

- que le rendement faible le matin ( 0,3% à 7h.) croît rapidement dans la matinée (1,7% à 10h.), passe par un maximum à midi (1,8%) et rediminue régulièrement et légèrement dans le courant de l'après-midi pour atteindre 1,6% à 19h. Il serait intéressant de vérifier si un nouveau cycle reprend de façon identique le jour suivant (Fig.56).

- une variation opposée des pourcentages de T et de G au cours de la journée (Fig.57); alors que P est toujours le moins abondant et voit sa teneur osciller entre 16 et 19,5%, les pourcentages de T oscillent entre 23 et 30,5% à contretemps de ceux de G qui fluctuent entre 27 et 33,5%. Si bien que l'huile est du type TGP à 7h., GTP à 10h., TGP à 12h. et finalement GTP à 16 et 19h.

Cette transformation diurne d'un type en l'autre confirme la complexité des réactions biosynthétiques qui se produisent au sein de la plante et expliquent qu'aucune conclusion claire et solide n'avait pu être tirée des expérimentations précédentes.

### IV-2 Effet de séchage sur le rendement et la composition chimique des huiles essentielles

Au stade de maturité des graines, soit environ 25 semaines après les semis, une récolte abondante des feuilles a été faite sur les plantes OG<sub>1</sub> cultivées au CENAP. Tout comme dans le cas d'*O. basilicum* le matériel a été réparti en 6 lots quantitativement identiques puis extrait à intervalles de 3 jours, le premier étant extrait à l'état frais.

Les résultats obtenus sont rassemblés dans le tableau 39. On observe:

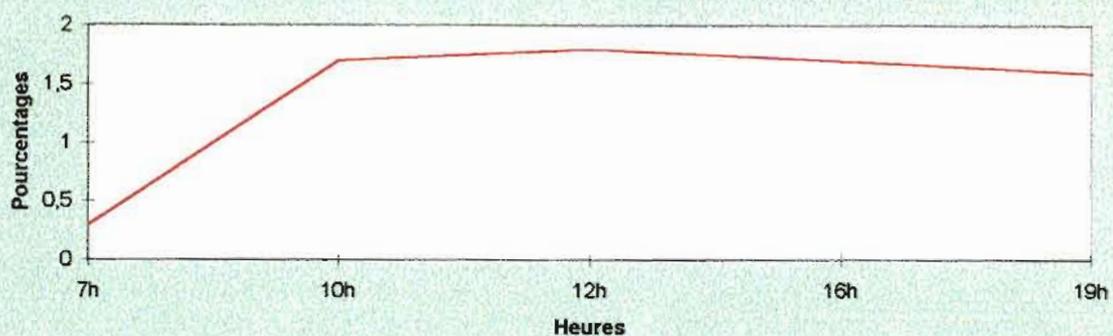
**Tableau 38: Variation diurne de la composition chimique et du rendement en huile essentielle d'*O. gratissimum* OG1**

	7h	10h	12h	16h	19h
$\alpha$ -thujène	4,7	4,7	4,8	4,9	4,5
$\alpha$ -pinène	1,3	1,3	1,2	1,3	1,2
1,8-cinéole	1,2	1,2	1,1	1,1	1
$\alpha$ -terpinène	3	3,4	3,2	3,5	3,3
myrcène	3,9	4	4	4,1	3,8
$\beta$ -caryophyllène	0,9	1,2	1,1	1,1	1,1
germacrène D	1,1	1,4	1,3	1,3	1,3
p-cymène	16,4	19,6	16,1	16,1	17,2
$\gamma$ -terpinène	27	31,6	27,3	33,6	31,9
thymol	30	23,1	30,5	24,6	25,9
Rendement	0,3	1,7	1,8	1,7	1,6
Types	TGP	GTP	TGP	GTP	GTP

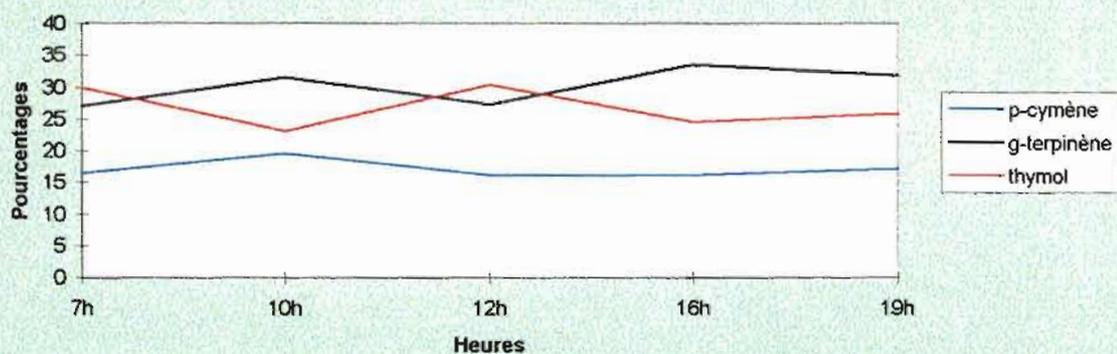
**Tableau 39: Variation de la composition chimique et du rendement en huile essentielle d'*O. gratissimum* OG1 au cours du séchage**

	OG1-0	OG1-3	OG1-6	OG1-9	OG1-12	OG1-15
$\alpha$ -thujène	2	5	5,2	5,3	5,4	4,9
$\alpha$ -pinène	1,2	1,2	1,2	1,2	1,4	1,1
1,8-cinéole	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4
$\alpha$ -terpinène	3	3,7	3	3,2	3,1	2,5
myrcène	3,1	3,7	3,9	4,2	4,5	3,7
$\beta$ -caryophyllène	1,5	1,6	1,5	1,5	1,5	1,4
germacrène D	1,8	1,7	1,7	1,8	1,8	1,9
p-cymène	9	15,5	24,6	25,5	27,4	26,5
$\gamma$ -terpinène	30	30,5	23,1	25,2	22,5	20,6
thymol	35,8	26,6	24,2	21,3	21,3	24,1
Rendement	0,8	1,1	1	1,1	1	1
Perte en eau	0	34,8	72	72,3	73,6	74
S = T+G+P	74,8	72,6	71,9	72	71,2	71,2
Types	TGP	GTP	PTG	PGT	PGT	PTG

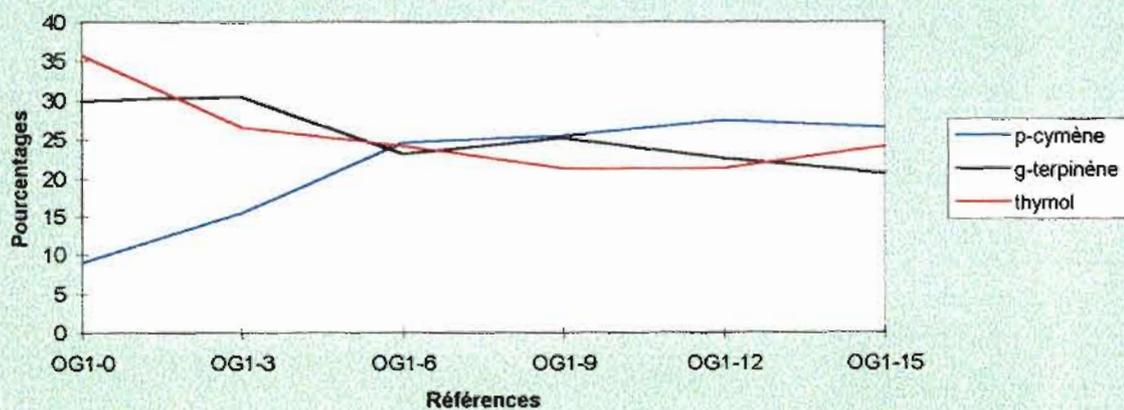
**Figure 56: Variation du rendement en H.E d'*O. gratissimum* au cours de la journée**



**Figure 57: Variation de la teneur en composés principaux d'*O. gratissimum* au cours de la journée**



**Figure 58: Variation de la teneur en composés principaux d'*O. gratissimum* en fonction du séchage**



- une augmentation de rendement entre le 1<sup>er</sup> et le 3<sup>ème</sup> jour (0,8 à 1,1%) qui reste ensuite constant au cours du séchage; ceci montre qu'un séchage d'au moins 3 jours permet d'optimiser le rendement en huile essentielle,

- une perte en eau élevée au cours des 6 premiers jours du séchage (34,8% au bout de 3 jours et 72 % au bout de 6 jours), puis très faible après le 6<sup>ème</sup> jour (72-74%),

- une constance de la somme S au cours du temps puisqu'elle n'oscille qu'entre 71 et 75%,

- une diminution du  $\gamma$ -terpinène et du thymol au profit du p-cymène au cours du séchage (Fig.58); entre le premier et le quinzième jour le % en G passe de 30 à 20,6%, celui de T de 35,8 à 24,1 et celui de P de 9 à 26,5. Cela montre que les transformations observées plus haut au sein du trio T, P, G continuent après la coupe des feuilles: la plante qui donne une huile du type TGP lorsqu'elle est extraite à l'état frais se transforme en type PGT après 12 jours de séchage, le même type que la plante-mère qui a fourni les graines OG<sub>1</sub>! Il nous paraît donc impossible de procéder à une quelconque classification en types stables et bien définis : les 3 composés constituant le trio TPG semblent être ainsi "liés à vie".

## CONCLUSION

*O. gratissimum* d'origine béninoise est caractérisé par l'existence dans son essence du trio T, P, G., indissociables à cause de la rapide et facile interconversion d'un composé en un autre:

- au cours de la croissance des plantes,
- au cours de la journée à l'intérieur d'une même plante,
- après la récolte du matériel végétal.

Ceci conduit à la multiplicité des profils chimiques des huiles essentielles en partant d'un profil initial donné. En l'état actuel de nos travaux il est impossible d'indiquer des conditions culturales conduisant à l'optimisation de la production d'essences pour cette espèce. Celle-ci, objet d'utilisations diverses par la population locale tire vraisemblablement ses vertus de l'ensemble des composés du trio T, P, G. Cependant il est possible, pour cette espèce, d'optimiser le rendement en huile essentielle en récoltant le matériel végétal aux environs de midi, au stade de floraison et de le laisser sécher de 3 à 6 jours avant de l'extraire.

## CONCLUSION

L'étude bibliographique préliminaire fait apparaître l'importance des travaux réalisés sur le genre *Ocimum*; *O. basilicum* plus largement distribué, a été beaucoup plus étudiée qu' *O. canum* et *O. gratissimum*.

Devant l'ampleur et la diversité des recherches effectuées sur *O. basilicum*, nous avons recherché les possibilités d'un nouveau classement basé sur les deux grandes voies de biosynthèse en compétition :

- la voie de l'acide mévalonique,
- la voie de l'acide shikimique.

Selon l'importance de la voie mévalonique trois groupes, pouvant se subdiviser, ont été distingués :

- un groupe à méthylchavicol très majoritaire (> 80%),
- un groupe "mixte", à méthylchavicol - linalol, chez lequel le rapport méthylchavicol/linalol varie de 0,5 à 10,
- un groupe à linalol (46-84%).

Ce premier classement est complété par une subdivision secondaire binaire basée sur les deux constituants majoritaires; 18 types et sous-types ont ainsi été définis.

L'inventaire systématique des *O. basilicum* présents sur le territoire béninois a permis de répertorier quatre variétés :

- la première riche en méthylchavicol,
- la deuxième caractérisée par le méthylchavicol et le linalol,
- la troisième constituée de linalol et d'eugénol,
- la quatrième à linalol - trans  $\alpha$ -bergamotène, semble être spécifique du Bénin.

Des cultures expérimentales ont été réalisées sur la 1ère et la 4ème catégorie; elles montrent :

- l'extrême stabilité de la première, la teneur en méthylchavicol restant voisin de 85% et ce quels que soient les sites et les conditions de culture et de traitement,
- l'instabilité de la quatrième, qui se traduit par une fluctuation des pourcentages en eugénol et trans  $\alpha$ -bergamotène évoluant avec le site de culture, les périodes et les heures de récolte.

L'inventaire effectué pour *O. canum* fait apparaître deux principaux types :

- le premier à linalol, accompagné soit de terpinèn-4-ol, soit de  $\beta$ -caryophyllène,
- le second à terpinèn-4-ol, accompagné de  $\gamma$ -terpinène, de  $\beta$ -caryophyllène et de trans  $\alpha$ -bergamotène; ce type semble être particulier au Bénin.

Les expérimentations réalisées sur l'ensemble des sites expérimentaux mettent en évidence la stabilité de leur composition chimique. Néanmoins celle-ci varie tout au long du cycle végétatif ce qui se traduit par une perte de terpinèn-4-ol au profit du

linalol. D'autre part, la composition de l'huile essentielle d'*O. canum* n'est pas affectée par le moment de la récolte, ce cas particulier est à relever.

Pour *O. gratissimum* nous avons mis en évidence 3 catégories, toutes constituées de l'ensemble thymol - p-cymène -  $\gamma$ -terpinène, pouvant être subdivisées suivant l'importance d'un des constituants:

- la première est caractérisée par la prépondérance du thymol,
- la deuxième présente une balance entre chacun des 3 constituants,
- la troisième, caractéristique de la région du Nord-Bénin, se distingue par la prépondérance d'un des 3 constituants sans que l'on puisse en désigner un systématiquement majoritaire.

L'ensemble de l'étude montre une facile interconversion des 3 constituants entre eux et dans ce cas nous ne pouvons parler que d'un type chimique à thymol - p-cymène -  $\gamma$ -terpinène.

La composition chimique est en général peu influencée par le temps de séchage du végétal, sauf dans le cas d'un des deux types d'*O. gratissimum* où la biosynthèse paraît se poursuivre après la coupe du végétal.

Enfin les rendements en huile essentielle sont toujours plus élevés sur le site de Niaouli, station dont le sol est plus riche en matière organique assimilable, et sont plus importants en période de pleine floraison.

Il apparaît ainsi que seul *O. basilicum* à méthylchavicol peut conduire à une production d'huile essentielle chimiquement bien définie.

Dans presque tous les autres cas, les cultures pourront être réalisées sans se soucier du lieu de production ni de l'heure de récolte, à condition de distiller les récoltes selon leur provenance et de stocker individuellement chaque lot produit afin d'assurer une composition constante de la communelle qui, nécessairement devra être réalisée.

Enfin, si ce travail a pour mérite de faire apparaître la stabilité du type à méthylchavicol chez *O. basilicum*, il soulève de nombreuses interrogations qui concernent les fluctuations observées chez *O. canum* et surtout *O. gratissimum*.

Pour tenter de comprendre et d'essayer de maîtriser les cultures il conviendrait de réaliser de nouvelles expérimentations sur les espèces versatiles en :

- sélectionnant de manière draconienne la variété (sur un seul pied),
- en ensemençant sur un site distant de toute autre culture du même type,
- en suivant très régulièrement l'évolution chimique et physiologique de la plante.

Dans ce cas idéal nous pouvons espérer produire des essences de types intermédiaires peu connus et susceptibles d'intéresser le marché.

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] G. Lamaty,  
*Les plantes aromatiques: richesse potentielle des pays tropicaux.*  
Congo magazine, Oct. 1985
- [2] E. J. Adjanohoun,  
*Médecine traditionnelle et Pharmacopée :Contributions aux Études  
Ethnobotaniques et Floristiques en République du Bénin.*  
A. C. C. T. , Paris, 1989, p. 274-82.
- [3] M. A. Ayédoun,  
*Contribution à la connaissance chimique des huiles essentielles de plantes  
aromatiques du Bénin en vue de leur valorisation.*  
Thèse de Doctorat, Université Nationale du Bénin, Cotonou, 1995.
- [4] T. Bernard,  
*Le concept de Raffinage végétal: Application à l'extraction des Huiles  
essentiels.*  
Thèse de Doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse, 1988.
- [5] J. J. Kabara,  
Cosmetic Science and Technology Series, 1984, 1, 237
- [6] Agence Française de Normalisation,  
*Recueil des Normes Françaises , Huiles Essentielles. 3ème Édit.*  
AFNOR, Paris 1989.
- [7] J. Bruneton,  
*Pharmacognosie : Phytochimie, Plantes Médicinales. 2ème Édition.*  
Technique et Documentation-Lavoisier, Paris, 1993, pp. 387-404.
- [8] P. Mainebau,  
*La Nouvelle Aromathérapie, 2ème édition.*  
Jakin, Paris, 1994, pp. 28-9.
- [9] G. Deysson,  
*Organisation et classification des Plantes vasculaires. Tome II : Organisation  
Générale et Systématique. (6ème édition)*  
Soc. d'Éd. et d'Ens. Sup., Paris, 1976.
- [10] R. R. Paris et H. Moÿse,  
*Matière médicale, Tomes I et II.*  
Masson, Paris, 1967.
- [11] C. Descoins et P. Zagatti,  
*Rôles des terpènes dans le comportement des insectes.*  
*in Progress in Terpen Chemistry, Editions Frontières, 1986, pp. 137-150.*

- [12] M. Pouyanne,  
Bull. Soc. Hist. Nat. Af. Nord, 1917, 8, 135-50.
- [13] B. Kullenberg and G. Bergstrom,  
Zoologica Scripta, 1976, 5, 13
- [14] J.-C. Chalchat, R. P. Garry and A. Muhayimana,  
*Essential Oils of Tagetes minuta from Rwanda and France: Chemical Composition according to harvesting location, growth stage and part of plant extracted.*  
J. Essent. Oil Res., 1995, 7, 375-86.
- [15] D. J. Connolly and A. R. Hill,  
*Dictionary of Terpenoids*  
Chapman and Hall, New-York, 1992.
- [16] S. L. Spurgeon and J. W. Porter,  
*Biosynthesis of isoprenoid Compounds*  
1981, 1, 1-46.
- [17] M. Rohmer,  
*Une nouvelle voie métabolique insoupçonnée pour la formation des terpénoïdes chez les bactéries, les algues vertes et les végétaux.*  
Nouvelles Sciences, Lettre des Sciences chimiques n° 59( Nov.96-Jan.97), p. 17-21.
- [18] W. Eisenreich, S. Sagner, M. H. Zenk and Adelbert Bacher,  
*Monoterpenoid Essential Oils are Not of Mevalonoid Origin.*  
Tetrahedron Lett., 1997, 38, 3889-92.
- [19] A. Hatanaka, T. Kajiwara and J. Sekiya,  
*Fatty Acid Hydroperoxide Lyase in Plant Tissues.*  
*in Biogenesis of Aromas, American Chemical Society, Washington D.C., 1986, pp. 167-75.*
- [20] H. P. Fleming, W. Y. Cobb, J. L. Etchells and A. T. Bell,  
J. Food Sci., 1968, 33, 572.
- [21] F. Drawert, W. Heiman, R. Emberger and R. Tressl,  
Lieb. Ann. Chem. 1966, 694, 200-8.
- [22] L. Sidibé,  
*Contribution à l'étude de certaines huiles essentielles de Lamiacées, Myrtacées, Graminées et Rutacées du Mali.*  
Thèse de Doctorat, Université Blaise Pascal, Clermont-Ferrand, 1997.
- [23] P. Mengal, D. Behn, M. Bellido Gil et B. Mompon,  
*VMDH : Nouveau Procédé d'extraction d'huile essentielle par micro-ondes.*  
Rivista Ital. EPPOS, 1994, Numéro Spécial, 110-3.

- [24] R. P. Adams,  
*Identification of essential oils by ion trap mass spectrometry.*  
Academic Press, New-York, 1989.
- [25] Y. Masada,  
*Analysis of essential oils by gas chromatography and mass spectrometry.*  
Hirokawa Publishing Cy., Tokyo, 1975.
- [26] E. Stenhagen, S. Abrahamson and F. W. Mc Lafferty,  
*Registry of Mass Spectral Data.*  
J.Wiley, New-York, 1980.
- [27] W. Jennings and T. Shibamoto,  
*Quantive analysis of flavors and fragrances volatiles by glass capillary gas chromatography.*  
Academic Press, New-York, 1980.
- [28] A. Ghanim and J. Indrani,  
*Indian J. Pharm. Sci.*, 1978, **41**(2), 80.
- [29] D. Low, B. D. Rawal and J. W. Griffin,  
*Planta medica*, 1974, **26**, 184.
- [30] H. Hikotoko, S. Morozumi, T. Wanke, S. Saka and H. Hinata,  
*Inhibitory Effects of Spores on Growth and Toxin Production of Toxicogenic Fungi.*  
*App. Environ. Microbiol.*, 1980, **39**, 818-22.
- [31] F. F. Busta and P. M. Føegeding,  
*Chemical Food Preservation.*  
*in S. Block (Ed.) : Desinfection, Sterilisation and Preservation.*  
Lea and Febiger, Philadelphie, USA, 1980, p. 656-94.
- [32] J. C. Maruzella,  
*The Germicidal Properties of Perfume Oils and Perfumery Chemicals.*  
*Ann. Parf. Cosm.*, 1962, **77**(1), 67-72.
- [33] K. Bauer, D. Garbe and H. Surburg,  
*Common Fragrance and Flavor Materials. Preparation, Properties and Uses.* 2nd ed.  
VCH Verlag. D-6940 Weinheim, 1990, p. 96-110.
- [34] *idem*, p. 31-4.
- [35] R. R. Paris et H. Moÿse,  
*Matière médicale, Tome III.*  
Masson, Paris, 1971.
- [36] E. Guenther,  
*The Essential Oils*  
R. E. Krieger Publishing Cy, Malabar, Fl., 1982, Vol.III. pp. 399-435.

- [37] B. Pasquier,  
*Contribution à l'étude morphologique de quelques espèces et variétés du genre Ocimum et constitution d'une banque de gènes.*  
CNPMAI, Milly-la-Forêt, 1990, p.4.
- [38] J. Briquet,  
*Die Natürlichen Pflanzen Familien.*  
Ed.: A. Engler und K. Prantl,  
Verlag von Wilhem Engelmann, Leipzig, 1897, 4(3a,4), p. 183.
- [39] S. de Souza,  
*Flore du Bénin, Tome III*  
Cotonou, 1989, pp. 837-8.
- [40] J. L. Pousset,  
*Plantes Médicinales Africaines. Vol. I : Utilisation pratique.*  
A.C.C.T., Paris, 1989, pp. 115-6.
- [41] J. Kerharo et J.G. Adam,  
*La Pharmacopée sénégalaise traditionnelle. Plantes médicinales et Toxiques.*  
Vigot Frères, Paris, 1974, pp. 488-640.
- [42] E. Noumi,  
*Les Plantes à Épices, à Condiments et à Aromates du Cameroun.*  
Thèse de Spécialité en Sciences Biologiques, Université de Yaoundé, Cameroun, 1984.
- [43] G. Garnier, L. Bézanger-Beauquesne et M. Debraux,  
*Ressources médicinales de la flore française. Vol. II.*  
Vigot Frères, Paris, 1961, pp. 36
- [44] M. K. Boukef,  
*Médecine Traditionnelle et Pharmacopée: les plantes dans la médecine traditionnelle Tunisienne.*  
A. C. C. T. ,Paris, 1986, 165-9.
- [45] F. Stary, V. Jirasek et F. Severa,  
*Plantes Médicinales: Atlas illustré.*  
Gründ, Paris, 1973, p. 247.
- [46] P. Franchomme et D. Pénoël,  
*L'Aromathérapie exactement,*  
R. Jollois, Limoges, 1990, p.379-81
- [47] E. J. Adjanohoun,  
*Médecine traditionnelle et Pharmacopée :Contributions aux Études Ethnobotaniques et Floristiques au Togo.*  
A. C. C. T. , Paris, 1986, p. 160-88.

- [48] L. Ntezurubanza, J. J. C. Scheffer and A. Looman,  
*Composition of the essential oil of Ocimum canum grown in Rwanda.*  
Pharm. Weekbl. ( Sci. Ed.), 1985, 7, 273-6.
- [49] J. Hutchinson and J. M. Dalziel,  
*Flora of West Tropical Africa.* 2nd. Ed.  
Crown Agents, London, 1963. Vol.II, p. 452-3.
- [50] S. Talalaj,  
*Essential Oil of Ocimum viride grown in Ghana.*  
West African Pharmacist, 1964, 6, 113-4
- [51] J. Mapi,  
*Contribution à l'étude ethnobotanique et analyse chimique de quelques plantes utilisées en médecine traditionnelle dans la région de Nkongsamba (Cameroun).*  
Thèse de Doctorat de 3<sup>ème</sup> cycle, Université de Yaoundé I, 1988, p. 68-80.
- [52] M.-F. Bissangou,  
*Contribution à l'étude des composés organiques volatils extrait de plantes aromatiques d'Afrique subsaharienne.*  
Thèse de Doctorat, Université de Montpellier II, 1993, pp. 140-9.
- [54] Oliver,  
*Medicinal Plants in Nigeria,*  
Science and Technology (Publication of Nigerian College of Arts), 1960.
- [55] E.A. Sofowora,  
*A Study of the Variations in Essential Oil of Cultivated Ocimum gratissimum.*  
Planta Medica, 1970, 18, 173-6.
- [56] A. S. Kolawolé et M. Boko,  
*Le Bénin.*  
Édicef, Cotonou(Bénin), 1983, p. 13-22.
- [57] A. Zola et J. Garnerio,  
*Contribution à l'étude de quelques essences de basilic de type européen.*  
Parf.Cosm.Sav.France, 1973, 3(1), 15-9
- [58] A. Fleisher,  
*Essential Oils from two Varieties of Ocimum basilicum L. Grown in Israel.*  
J. Sci. Food Agric., 1981, 32, 1119-22.
- [59] Y.-S. Cheng and M.-L. Liu,  
*Oils of Ocimum basilicum L., Ocimum basilicum var minimum and Ocimum gratissimum L. Grown in Taiwan.*  
Proceedings 9th International Congress of Essential Oils, Singapore (1983),  
Essential Oil Technical Papers, Book 4 (published 1986).

- [60] J. J. Brophy and M. K. Jogia,  
*Essential Oils from Fijian Ocimum basilicum L.*  
Flavour Frag. J., 1986, 1, 53-5.
- [61] O. Ekundayo,  
*Chemical Composition of two Basil Oils produced from Ocimum basilicum growing at two different locations in Nigeria.*  
Communication personnelle, 1987.
- [62] M. Mariani, L. Ducci, A. Scotti et A. Gravina,  
*L'Utilisation de l'espace de tête dynamique dans la sélection des basilics.*  
Riv. Ital. EPPOS, 1991, N° spécial, 125-137.
- [63] E. Reverchon, L. S. Osseo and D. Gorgoglione,  
*Supercritical CO<sub>2</sub> extraction of basil oil: Characterization of Products and process modeling.*  
J. Supercritical Fluids, 1994, 7, 185-90.
- [64] Y. Mahmout,  
*Contribution à l'étude de quelques aromates et condiments utilisés au Tchad.*  
Thèse de Doctorat, Université Montpellier II, 1992.
- [65] F. Tchoumboungang,  
*Contribution à la détermination des teneurs, des caractéristiques chimiques et des activités antifongiques des huiles essentielles de quelques plantes aromatiques, condimentaires et médicinales du Cameroun.*  
Thèse de Doctorat, Université de Yaoundé I, Yaoundé, 1997
- [66] M. Dethier,  
*Contribution à l'étude des plantes aromatiques du Burundi.*  
Thèse de Doctorat, Université de Montpellier II, Montpellier 1996.
- [67] B. M. Lawrence,  
*Progress in Essential Oils : Basil Oil.*  
Perfumer & Flavorist, 1995, 20(4)35-37.
- [68] G. Vernin and J. Metzger,  
*Analysis of Basils Oils by GC-MS Data Bank.*  
Perfumer & Flavorist, 1984, 9, 71-86.
- [69] M. Riaz, M.R. Khalid, M. Hanif and F.M. Chaudhary,  
*Extraction and GC/MS Analysis of the Essential Oil of Ocimum basilicum (Comoros).*  
Pak. J. Sci. Ind. Res. 1994, 37(9), 362-4.
- [70] B. M. Lawrence,  
*A further Examination of the Variation of Ocimum Basilicum L.*  
in B.M. Lawrence, B.D. Mookherjee and B.J. Willis (Editors), *Flavors and Fragrances: A World Perspective.* Proc. of the 10th Intern. Congress of Essential Oils, Fragrances and Flavors, Washington D.C., U.S.A., 16-20 November 1986. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, 1988, pp. 161-170.

- [71] C. Boniface, G. Vernin et J. Metzger,  
*Les diverses techniques d'analyse des données : II. Application aux arômes  
huiles essentielles de basilic.*  
Parf. Cosm. Arômes, 1987, n° 74, 75-7.
- [72] O. Baritoux, H. Richard, J. Touche and M. Derbesy,  
*Effects of Drying and Storage of Herbs and Spices on the Essential Oil. Part I.  
Basil, Ocimum basilicum L.*  
Flavour Frag. J., 1992, 7, 267-271.
- [73] S.-Y. Lin, L.-Y. Sheen and S.-J. Tsai,  
*Effect of Microwave-heating on Retention and Composition of Basil Oil.*  
Shipin Kexue (Taipei), 1994, 21, 75-82.
- [74] B. M. Lawrence,  
*Chemical Components of Labiate Oils and their Exploitation.*  
in R.M. Harley and T. Reynolds (Editors), *Advances in Labiate Science*, Royal  
Botanic Gardens, Kew, 1992, pp. 399-436.
- [75] S.-J. Tsai and L.-Y. Sheen,  
*Essential Oil of Ocimum basilicum L. Cultivated in Taiwan.*  
in *Trends in Food Science* (L. W. Sze and F. C. Woo Editors), Singapore 1987, pp.  
66-70.
- [76] K. J. Lachowicz, G. P. Jones, D. R. Briggs, F. E. Bienvenu, M. V. Palmer, S. S. T.  
Ting and M. Hunter,  
*Characteristics of Essential Oil from Basil (Ocimum basilicum L.) grown in  
Australia.*  
J. Agric. Food Chem. 1996, 44, 877-81.
- [77] H. H. Peter et M. Rémy,  
*L'essence de basilic, étude comparative.*  
Parf. Cosmet. Arom., 1978, n° 21, 61-8.
- [78] R. Randriamiharisoa, E.M. Gaydou, J.-P. Bianchini, G. Ravelojoana et G.  
Vernin,  
*Étude de la variation de la Composition chimique et Classification des Huiles  
essentiels de Basilic de Madagascar.*  
Sciences des Aliments, 1986, 6, 221-231.
- [79] N. A. Shaath and N. R. Azzo,  
*Essential oils of Egypt,*  
in : *Food Flavors, Ingredients and Composition*, (Ed. G. Charalambous), 1993,  
Elsevier Sci.Publ., Amsterdam, pp. 591-603.
- [80] B. M. Lawrence,  
*Progress in Essential Oils : Basil Oil.*  
Perfumer & Flavorist, 1992, 17(4), 47-50.

- [81] Y. Hasegawa, K. Tajima, N. Toi and Y. Sugimura,  
*Characteristic Components Found in the Essential Oil of Ocimum basilicum L.*  
*Flavour Frag. J.*, 1997, **12**, 195-200.
- [82] I. Nykänen,  
*High resolution gas chromatographic-mass-spectrometric determination of the  
flavour composition of basil (Ocimum basilicum L.) cultivated in Finland.*  
*Z. Lebensm. Unters Forsch.*, 1986,, **182**, 205-211.
- [83] J. A. Pino, E. Roncal, A. Rosado and I. Goire,  
*The Essential Oil of Ocimum basilicum L. from Cuba.*  
*J. Essent. Oil Res.* 1994, **6**, 89-90.
- [84] B. M. Lawrence,  
*Progress in Essential Oils : Basil Oil.*  
*Perfumer & Flavorist*, 1986, **11**(3), 49-52.
- [85] L. N. Thach, T. H. Anh, H. D. Tram, A. Loupy, D.H. Hai and L. Q. Tram,  
*Microwave-assisted Extraction Process of the Basil Oil (South Viet-Nam).*  
*Tap chi Hoa hoc*, 1996, **34**(2), 94-8.
- [86] R. Tapanes, M. Delgado and M. T. Correa,  
*Obtencion y analisis mediante la GC-EM de an aceite esential de Ocimum  
basilicum L.*  
*Rev. Cienc. Quim.* 16 (Numero Special) 1985, 217-220.
- [87] B. M. Lawrence,  
*Progress in Essential Oils : Basil Oil.*  
*Perfumer & Flavorist*, 1989, **14**(5), 45-51.
- [88] R. J. Grayer, G. C. Kite, F. J. Goldstone, S.E. Bryan, A. Paton and E. Putievsky,  
*Infraspecific taxonomy and Essential Oil Chemotypes in Sweet Basil, Ocimum  
basilicum.*  
*Phytochemistry*, 1996, **43**(5), 1033-9.
- [89] P. Manninen, M. L. Riekkola, Y. Holm and R. Hiltunen,  
*S.F.C. in Analysis of Aromatic Plants.*  
*J. High Resol. Chrom.*, 1990, 167-9.
- [90] M. Berrada, M. Ait Igri, A. Il Idrissi et J. Bellhakhdar,  
*Contribution à l'Analyse de l'Huile Esentielle d'un Cultivar d'Ocimum  
basilicum du Maroc.*  
*Al Biruniya*, 1987, **3**, 137-44.
- [91] M. Ichimura, M. Ikushima, T. Miyazaki and M. Kimura,  
*Effect of Phosphorous on Growth and Concentration of Mineral Elements and  
Essential Oils of Sweet Basil Leaves.*  
*Acta Horticulturae* , 1995, **396**, 195-202.

- [92] I. Mizrahi, M. A. Juarez y A. L. Bandoni  
*Determinacion de la Composicion y la Calidad de Esencias de Albahaca (Ocimum basilicum L.) Obtenidas de Cultivos Efectuados en Argentina.*  
Ess.Derivati Agrum., 1996, **66**(2), 148-57.
- [93] M. Marotti, R. Piccaglia and E. Giovanelli,  
*Differences in Essential Oil Composition of Basil (Ocimum basilicum L.) Italian Cultivars Related to Morphological Characteristics.*  
J. Agric. Food Chem. 1996, **44**, 3926-9.
- [94] Z. Fleisher and A. Fleisher,  
*Volatiles of Ocimum basilicum traditionnaly grown in Israël.*  
J.Essent. Oil Res. 1992, **4**, 97-99.
- [95] F. Tateo,  
*The Composition of Various Oils of Ocimum basilicum L.*  
J.Essent. Oil Res. 1989, **1**, 137-138.
- [96] N. M. Farrag,  
*Further Analysis of the Volatile Oil of Ocimum basilicum and Ocimum rubrum grown in Egypt.*  
Bull. Fac. Pharm. Cairo Univ., 1995, **33**(2), 39-42.
- [97] A. Akgül,  
*Volatile Oil Composition of Sweet Basil(Ocimum basilicum L.) cultivating in Turkey.*  
Nahrung, 1989, **33**, 87-8.
- [98] M. M. Carmo, E. J. Raposo, F.Venâncio , S. Frazão and R.Seabra  
*The Essential of Ocimum basilicum L. from Portugal*  
J.Essent. Oil Res., 1990, **2**, 263-264.
- [99] M. F. Bobin, F. Gau, J. Pelletier et J. Cotte,  
*Étude de l'Arôme Basilic.*  
Riv. Ital. EPPOS, Juillet 1991, 3-13.
- [100] J. A. Retamar, J. S. Molli, R.A. Malizia y G. A. Risso,  
*Estudio del Rendimiento y Composicion de Diferentes Variedades de Albahaca (Ocimum basilicum L.) Cultivadas en Santa Fe.*  
Ess. Derivati Agrum. 1995, **65**(4), 503-10.
- [101] O.L. Rodrigues Roque,  
*Composição do Oleo essencial de Ocimum basilicum L. cultivado.*  
Bol. Fac. Farm. Coimbra, 1991, **15**(1), 47-51.
- [102] F. Tateo, L. Santamaria, L. Bianchi and A. Bianchi,  
*Basil Oil and Tarragon Oil: Compositionand Genotoxicity Evaluation.*  
J. Essent. Oil Res., 1989, **1**, 111-8.

- [103] M. Qaisar, M. Khan, Saeed- Ur-Rhman, M. Nisar, Atta-Ur-Rahman, M.I. Choudhary and A. Ata,  
*Gas Chromatographic-Mass Spectrometric Determination of the Flavour Compositions of Ocimum basilicum, Myrtus communis and Mentha arvensis.*  
Jour. Chem. Soc. Pak. 1996, 18(4), 331-5.
- [104] E. Kostrzewa and K. Karwowska,  
*Chemical composition of the essential oil from sweet basil grown in Poland.*  
Prace Ins. Lab. Bad. Przem Spoz., 1991, 44, 97-107.
- [105] B. Volkoff,  
*Carte pédologique de reconnaissance du Bénin au 1/200.000. Feuille Abomey.*  
ORSTOM, Paris, 1976, p.40. (CENAP, Cotonou).
- [106] B. Volkoff et P. Willaime,  
*Carte pédologique de reconnaissance du Bénin au 1/200.000. Feuille Porto Novo.*  
ORSTOM, Paris, 1976, p.39. (CENAP, Cotonou).
- [107] R. Venskutonis, L. Poll and M. Larsen,  
*Effect of Irradiation and Storage on the Composition of Volatile Compounds in Basil (Ocimum basilicum L.).*  
Flavour Frag. J. 1996, 11, 117-121.
- [108] O. Ekundayo, I. Laakso and R. Hiltunen,  
*Constituents of the Volatile Oil from Leaves of Ocimum canum Sims.*  
Flavour Frag. J., 1989, 4, 17-8.
- [109] C. E. Fun and A. Baerheim Svendsen,  
*Composition of the essential oil of Ocimum basilicum var canum Sims and O. gratissimum L. grown in Aruba.*  
Flavour Frag. J., 1990, 5, 173-7.
- [110] B. M. Lawrence,  
*Labiatae oils: mother nature's chemical factory. In Essential Oils 1988-1991*  
Edit. B. M. Lawrence, Allured Publ., Carol Stream, IL., 1992, pp. 188-206.
- [111] G. K. Sinha and B. C. Gulati,  
*Study of Essential Oil of Ocimum americanum L.*  
Philippine J. of Sci., 1990, 119(4), 347-55.
- [112] C. C. Xaasan, A.D. Cabdulraxmaan, S. Passananti, F. Piozzi and J.P. Schmid,  
*Constituents of the essential oils of Ocimum canum.*  
J. Prod. 1981, 44, 752
- [113] B. C. Gulati, A. S. Shawl, S. N Garg, S. N. Sobti and P. Pushpagadan,  
*Essential Oil of Ocimum canum Sims (Linalool type).*  
Indian Perf., 1977, 21, 21.

- [114] S. C. Gupta and A. Tava,  
*Chemical Composition of an improved Hybrid Strain of Ocimum canum Sims.(RRL-OC-11).*  
J. Essent. Oil Res., 1997, 9, 375-7.
- [115] J. Mann,  
*Secondary Metabolism. 2nd Ed.*  
Oxford University Press, Oxford, 1987, p. 105-12.
- [116] R. Hegnauer,  
*Chemotaxonomie der Pflanzen.*  
Birkhauser Verlag, Bâle-Stuttgart, 1966, Vol.4, p. 314.
- [117] M. E. Ali, L. A. M. Shamsuzzaman,  
Sci.Res. (Dacca), 1968, 5, 91-4. (C.A. 1969, 70, 60746c).
- [118] F. El Saïd, E. A. Sofowora, A. S. Malcolm and A. Hofer,  
Planta medica, 1979, 17, 195-200
- [119] X-J. Yu and B-Q. Cheng,  
*Analysis of the chemical constituents of Ocimum gratissimum var. suave oil.*  
Yunnan Zhiwu Yanjiu, 1986, 8(2), 171-4.
- [120] V. A. Zamureenko, N. A. Klyuev, L. B. Dmitriev, S. G. Polakova and I. I. Grandberg,  
*Component composition of essential oils in eugenol-type basils.*  
Izv.Timiryazevsk S-kh.Akad., 1986, (2), 172-5.
- [121] L. Ntezurubanza, J. C. C. Scheffer and A. Baerheim Svendsen,  
*Composition of the Essential Oil of Ocimum gratissimum Grown in Rwanda.*  
Planta Medica, 1987, 35, 421-3.
- [122] J. G. S. Maia, L. S. Ramos, A. I. R. Luz, M. L. da Silva and M. das Gracos B. Zoghbi,  
*Uncommon Brazilian essential oils of the Labiatae and Compositae.*  
in B.M. Lawrence, B.D.Mookherjee and B.J.Willis (Editors), *Flavors and Fragrances: A World Perspective.* Proceedings of the 10th International Congress of Essential Oils, Fragrances and Flavors, Washington D.C., U.S.A., 16-20 November 1986  
Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, 1988, pp. 177-188.
- [123] O. Vostrowsky, W. Garbe and J. G. S. Maia,  
*Essential oil of Alfavaca, Ocimum gratissimum from Brazilian Amazon.*  
Zeit. Naturforsch., 1990, 45c, 1073-6.
- [124] D. J. Charles and J. E. Simon,  
*A New Geraniol Chemotype of Ocimum gratissimum L.*  
J. Essent. Oil Res., 1992, 4, 231-4.

- [125] I. Vahirua-Lechat, C. Menut, G. Lamaty et J.-M. Bessière,  
*Études Chimiques de Huiles Essentielles de quelques Labiées de Polynésie Française.*  
Riv. Ital. EPPOS., 1997, Numéro spécial, 704-11
- [126] R. K. Khanna, O. S. Sharma, M. L. Sharma, P. N. Misra and A. Singh,  
*Essential Oil of clocimum. A strain of Ocimum gratissimum L. raised on alkaline soils.*  
Parfum. Kosmet. 1988, **69**, 564-8.
- [127] M-Z. Wu, S-C. Xiao, W-J. Ren and P-Q. Chen,  
*Chemical components of the essential oil from an escape Ocimum gratissimum L. var. Suave Willd. in Miyi County, Sichuan.*  
Tianran Chanwu Yanjiu Yu Kaifa, 1990, **2**(2), 58-60.
- [128] D. De Medici, S. Pieretti, G. Salvatore, M. Nicoletti and P. Rasoanaivo,  
*Chemical Analysis of Essential Oils of Malagasy Medicinal Plants by Gas Chromato-graphy and NMR Spectroscopy.*  
Flavour Frag. J., 1992, **7**, 275-81.
- [129] B. M. Lawrence,  
*Progress in Essential Oils : Ocimum gratissimum Oil.*  
Perfumer & Flavorist, 1997, **22**(4), 70-4.
- [130] M. Sainsbury and E.A. Sofowora,  
*Essential Oil from the Leaves and Inflorescence of Ocimum gratissimum.*  
Phytochemistry, 1971, **10**, 3309-10.
- [131] C. Menut et G. Valet,  
*Étude de la composition chimique de l'huile essentielle d'une plante aromatique cultivée au Cameroun : Ocimum gratissimum.*  
Ann. Fac. Sc. Biol-Biochim.(Yaoundé), 1985, **III**(3), 91-5.
- [132] G. Lamaty et T. Molangui,  
*Composition d'une huile essentielle d'Ocimum gratissimum L. récolté en République Centrafricaine.*  
Résultats non publiés, Communication personnelle.
- [133] J.A. Pino, A. Rosado and V. Fuentes,  
*Composition of the Essential Oil from the Leaves and Flowers of Ocimum gratissimum L. Grown in Cuba.*  
J. Essent. Oil Res. 1996, **8**, 139-41.
- [134] S. N. Sobti, P. Pushpangadan, B. L. Bradu and B. B. Jain,  
*Development of an Eugenol Containing Ocimum Species.*  
Indian Perfumer, 1979, **XXIII**(1), 16-20
- [135] S. N. Choudhury, R. S. Singh and A. C. Ghosh,  
*Regeneration and Essential Oil Quality of Ocimum gratissimum L. under different clipping Heights.*  
Indian Perfumer, 1995, **39**(2), 64-6.

- [136] A. S. Dro and F. W. Hefendehl,  
*Biogenese des Ätherischen Öle von Ocimum gratissimum.*  
*Planta medica*, 1973, 24, 353-66.
- [137] L. Nover,  
*Pharmaz.*, 1938, 276, 368-88.
- [138] A. J. Poulouise and R. Croteau,  
*Biosynthesis of Aromatic Monoterpenes: Conversion of  $\gamma$ -Terpinene to p-Cymene and Thymol in Thymus vulgaris L.*  
*Arch. Biochem. Biophys.* 1978, 187, 307-14.

## **ANNEXE**

## CODE des ABRÉVIATIONS

ACG : Acétate de Géranyle	GTR : $\gamma$ -Terpinène
AEU : Acétate d'Eugényle	HSB : Hydrate de sabinène
AHU : $\alpha$ -Humulène	IEG : Iso-eugénol
API : $\alpha$ -Pinène	LIM : Limonène
ATO : $\alpha$ -Terpinéol	LIN : Linalol
ATR : $\alpha$ -Terpinène	LON : Longifolène
ATU : $\alpha$ -Thujène	MCH : Méthylchavicol
BCB : $\beta$ -Cubébène	MEG : Méthyleugénol
BCP : $\beta$ -Copaène	MIE : Méthylisoeugénol
BCY : $\beta$ -Caryophyllène	MUU : $\alpha$ -Muuroène
BCG : Bicyclogermacrène	MYR: Myrcène
BEL : $\beta$ -Élémène	NRA : Néral
BOC : $\beta$ -Ocimène ( <i>E</i> et/ou <i>Z</i> )	NRO : Nérol
BPI : $\beta$ -Pinène	PCY: <i>p</i> -Cymène
BSL: $\beta$ -Sélinène	SBN : Sabinène
CAD : Cadinène	TAB : trans $\alpha$ -Bergamotène
CAM : Camphre	TCO : $\tau$ -Cadinol
CIN : 1,8-Cinéole	THY : Thymol
CMP : Camphène	TPN : Terpinolène
CNA : Citronellal	TQO : Terpinène-4-ol
CNM : Cinnamate de Méthyle ( <i>E</i> et/ou <i>Z</i> )	
CTA : Citral (Géranial + Néral)	
CVO : Carvéol	
DCA : $\delta$ -Cadinène	
EUG : Eugénol	
FAR : Farnésène	
FEN : Fenchone	
FCH : Fenchol	
GCA : $\gamma$ -Cadinène	
GCD : Germacrène D	
GRA : Géranial	
GRO: Géranol	

**Liste des composés identifiés sur les chromatogrammes**

- |                         |                              |
|-------------------------|------------------------------|
| 1- $\alpha$ -thujène    | 11- hydrate de sabinène      |
| 2- $\alpha$ -pinène     | 12- linalol                  |
| 3- sabinène             | 13- camphre                  |
| 4- $\beta$ -pinène      | 14- terpinènn-4-ol           |
| 5- myrcène              | 15- $\alpha$ -terpinéol      |
| 6- limonène             | 16- méthylchavicol           |
| 7- 1,8-cinéole          | 17- eugénoI                  |
| 8- $\alpha$ -terpinène  | 18- $\beta$ -caryophyllène   |
| 9- p-cymène             | 19- tr $\alpha$ -bergamotène |
| 10- $\gamma$ -terpinène | 20- thymol                   |
|                         | 21- germacrène D             |

\* PEAK PROC, CALC ERROR \* CH=1, 9:Disk error

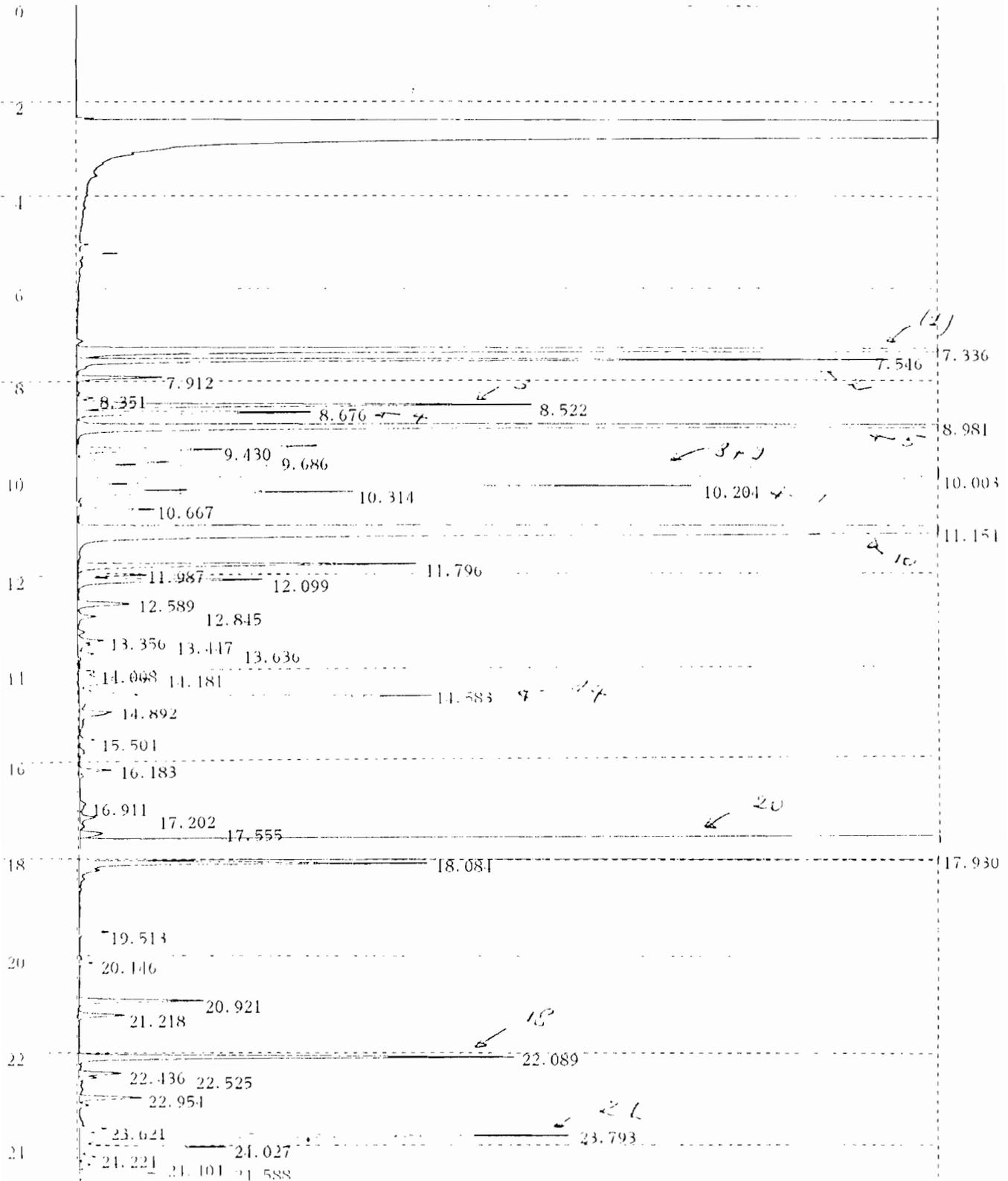
Not ready

C RIA CHROMATOPAC CH=2 REPORT No.=9 CHROMATOGRAM=2:R7N3.C08 97/11/04 15:03:22

Analysis File : 2:OV101.

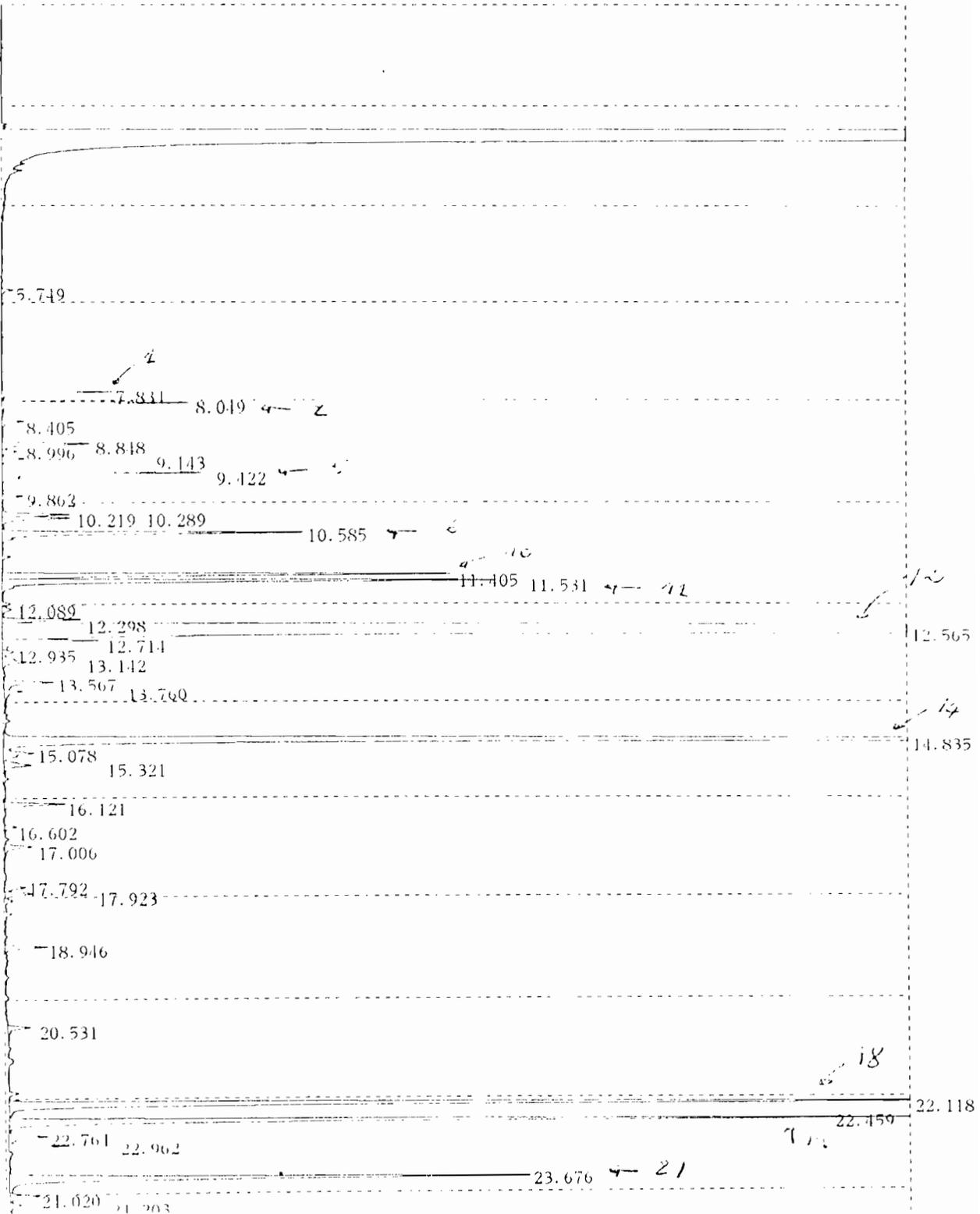
ESSENCE DU BENIN  
OV101

OG<sub>2</sub> Pa 5



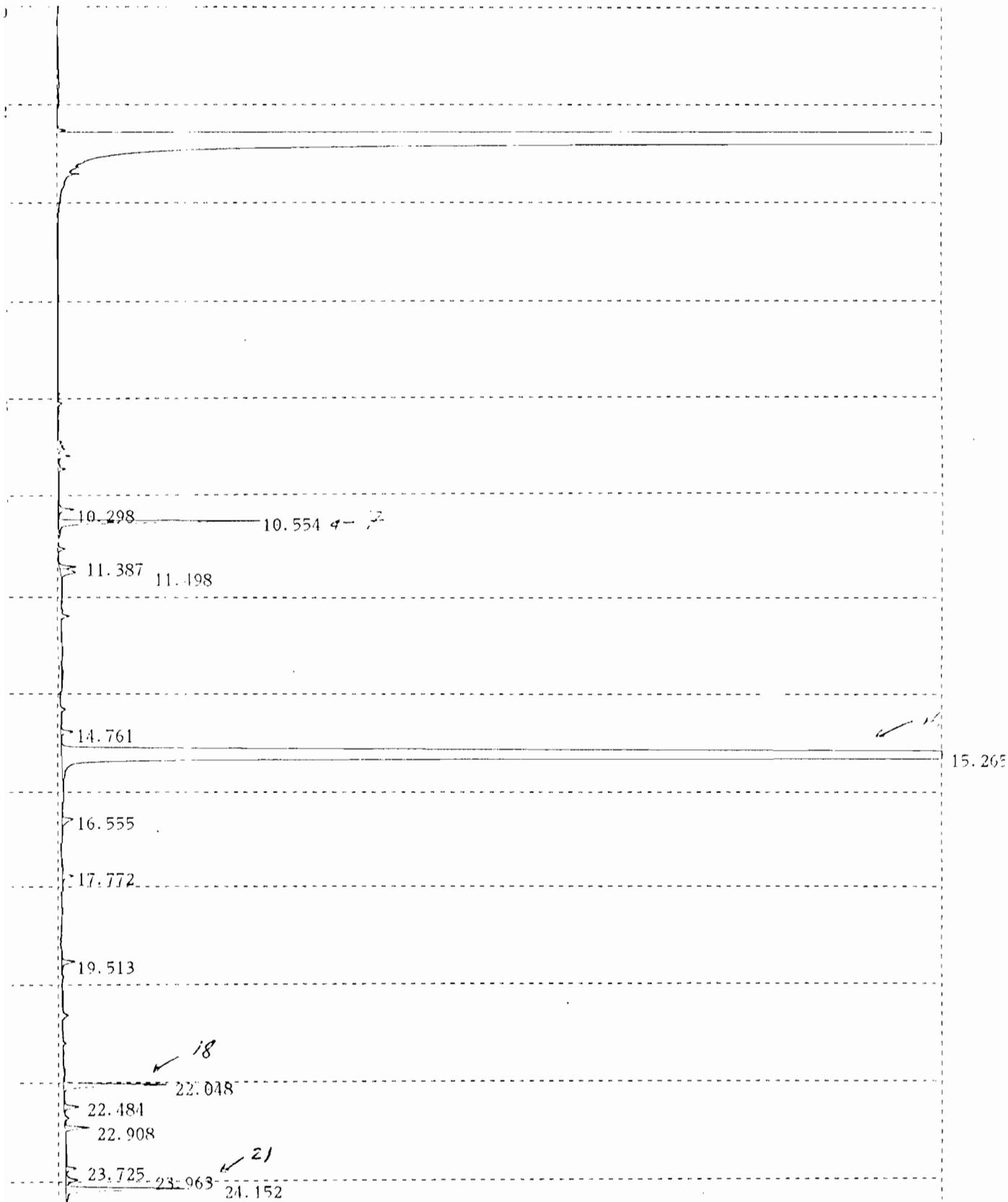
Analysis File : 2:OV101.

ESSENCE DU BENIN c.c.2 Pa.3  
OV101



Analysis File : 2:OV101.

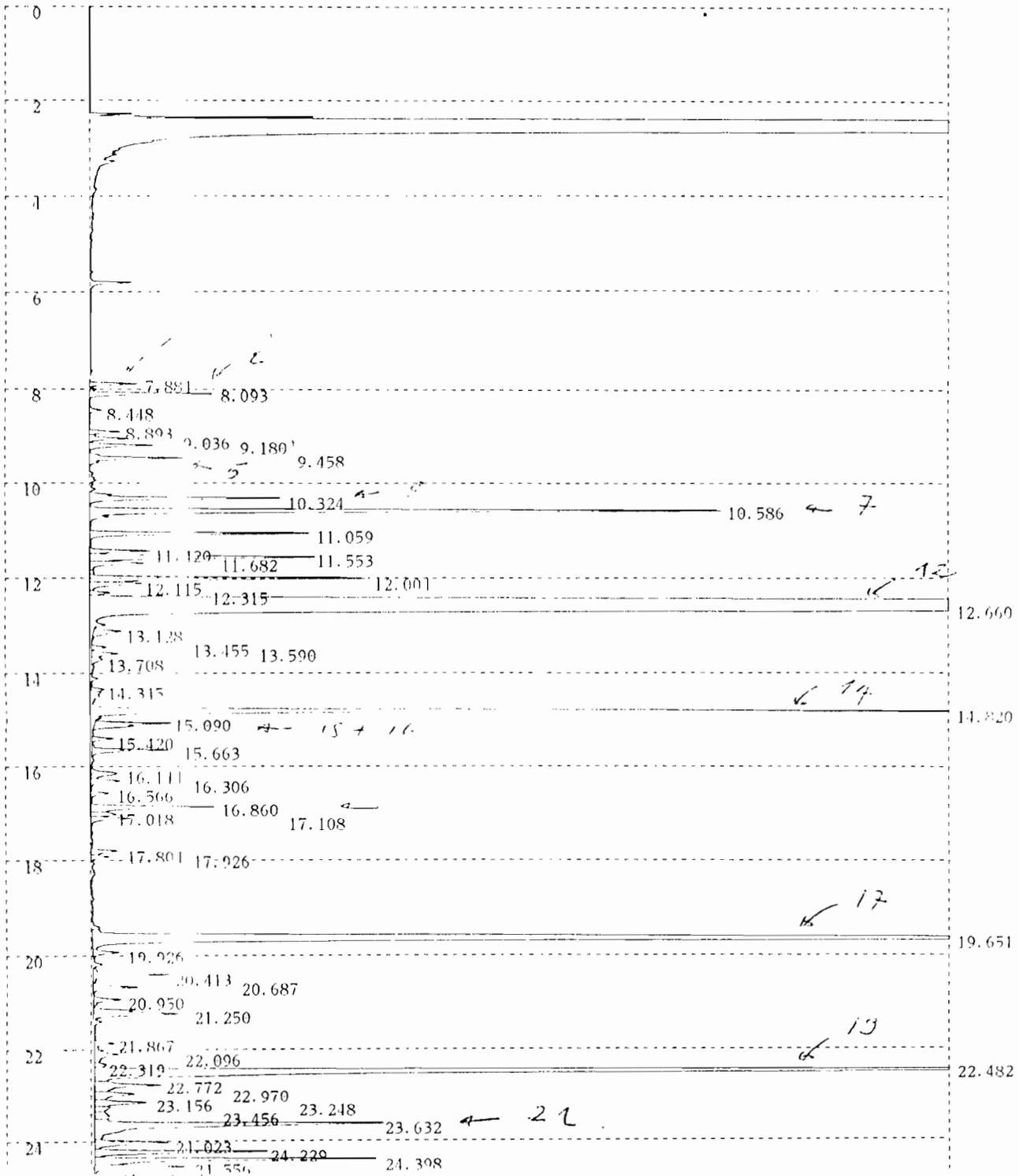
ESSENCE DU BENIN 03173  
OV101



Analysis File : 2:OV101.

ESSENCE DU BENIN  
OV101

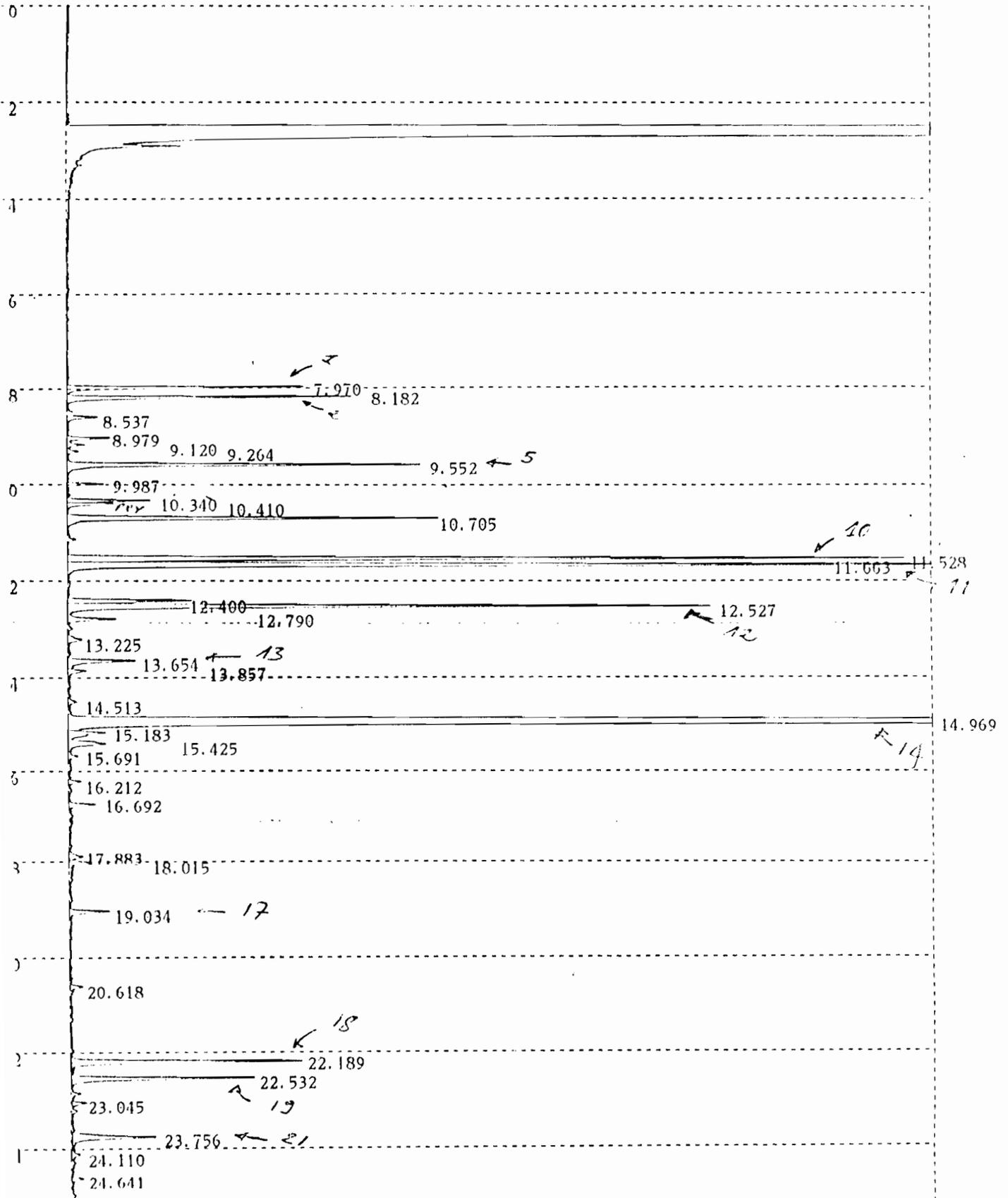
0.0, Pa 3



Analysis File : 2:OV101.

ESSENCE DU BENIN  
OV101

Page 3



IK OV 101	IK CW-20M	Composés	Références OB1														
			OB1Pa1	OB1Pa2	OB1Pa3	OB1S1	OB1S2	OB1S3	OB1N1	OB1N2	OB1N3	OB1Po1	OB1Po2	OB1Po3	OB1C1	OB1C2	OB1C3
930	1039	$\alpha$ -pinène	0,1	0,2	tr	tr	tr	0,2	tr	0,1	0,2	tr	0,1	0,2	0,1	tr	tr
965	1126	sabinène	0,1	0,3	tr	tr	0,1	0,2	tr	0,3	0,3	0,1	0,1	0,2	0,2	tr	tr
1020	1225	1,8-cinéole	1,8	4	2	3	2,7	3,9	2,3	3,8	3,6	2	3,9	4,5	3	1,3	3
1032	1255	tr $\beta$ -ocimène	0,1	0,2	tr	0,1	0,2	0,2	tr	tr	0,2	tr	0,2	0,4	0,1	tr	0,3
1082	1557	linalol	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	1	0,1	0,6	0,1	0,2	0,2
1162	1723	$\alpha$ -terpinéol	0,1	tr	0,1	0,1	0,1	0,1	tr	0,1	tr	0,1	tr	0,1	tr	0,1	0,3
1182	1681	méthylchavicol	94	89,7	91	91,2	91	89,8	92,3	90,1	90,3	90	91,1	87	92,7	95,1	87,5
1420	1606	$\beta$ -caryophyllène	0,8	1,4	1,1	1,6	1,6	1,4	1,1	1,4	1,3	0,7	1,2	2	0,9	0,9	2,6
1437	1596	tr $\alpha$ -bergamotène	0,1	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	0,1	0,1	0,2	0,4	0,1	0,1	0,5
1453	1702	$\alpha$ -humulène	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,4	0,3	0,2	0,6
1501	1728	$\beta$ -bisabolène	0,8	1,3	1,4	1,6	1,4	1,4	1,5	1,2	1	0,7	0,9	1,3	0,6	0,9	1,6

IK OV-101	IK CW-20M	Composés	Références OB 2														
			OB2Pa1	OB2Pa2	OB2Pa3	OB2S1	OB2S2	OB2S3	OB2N1	OB2N2	OB2N3	OB2Po1	OB2Po2	OB2Po3	OB2C1	OB2C2	OB2C3
915	1049	$\alpha$ -thujène	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2
923	1049	$\alpha$ -pinène	0,2	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,1	0,5	0,3	0,2	0,3	0,4	0,3	0,5	0,6
957	1144	sabinène	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
962	1133	$\beta$ -pinène	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3
972	1182	myrcène	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,2	0,4	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4	0,5	0,5
1001	1202	$\alpha$ -terpinène	0,3	0,6	0,7	0,4	0,6	0,7	0,2	0,4	0,4	0,1	0,5	0,7	0,6	0,7	1,1
1014	1227	1,8-cinéole	2,7	2,8	2,5	2,9	2,5	2,2	1,9	2,9	2,4	2	2,6	2,3	2,3	2,6	3,2
1030	1258	cis- $\beta$ -ocimène	1	1,4	0,7	1,4	1,2	0,8	1,1	2,3	2	1,7	1,4	1	1,3	1,9	1
1042	1280	trans- $\beta$ -ocimène	0,2	0,3	0,2	0,3	0,5	0,4	0,4	0,6	0,5	0,5	0,4	0,3	0,4	0,8	0,5
1045	1477	tr. hyd. sabinène	0,9	0,7	0,9	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,5	1
1074	1562	linalol	55,6	60	59,1	54,2	61,2	58,4	43,5	50,4	47,5	42	58,8	59,9	47,5	47,1	60,7
1157	1623	terpinèn-4-ol	3,7	3,4	3,6	3,6	4,2	5	3,8	3,8	4,1	3,4	4,1	3,7	5,1	4,9	4,9
1164	1710	$\alpha$ -terpinéol	0,3	0,3	2,1	0,2	0,3	0,4	0,2	0,2	0,2	1	0,2	0,3	0,2	0,4	0,3
1172	1687	méthylchavicol	0,3	0,2	1,9	0,2	0,7	1,4	0,2	0,2	0,2	2,1	0,1	0,1	0,5	1,7	0,3
1226	1849	géraniol	0,8	0,4	0,5	0,8	0,5	0,3	0,8	0,7	0,6	0,7	0,7	0,4	0,8	0,6	0,3
1235	1560	linalyl acétate	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,1	0,2
1325	2176	eugénol	11	12	8,5	17,8	6,5	5,9	30,2	23,7	22,3	31,2	14,2	8	14,2	25,3	4
1362	1691	méthyleugénol	0,5	0,2	0,2	0,4	0,3	0,4	2,1	0,2	0,2	0,3	0,1	0,2	3,3	0,4	0,2
1428	1592	tr $\alpha$ -bergamotène	5	4	6,8	4,6	6,5	7,1	3,5	3,8	4,7	2,2	4,6	5,9	6,2	3,2	6,3
1439	1664	$\alpha$ -guaiène	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4	0,5	0,4	0,3	0,3	0,1	0,3	0,4	0,4	0,1	0,4
1454	1675	$\alpha$ -humulène	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,3	0,2	0,1	0,3
1472	1720	germacrène D	1,3	1,3	1,7	1,4	2,1	1,7	1,2	1,2	1,5	0,6	1,3	2,1	1,7	1,1	2,1
1487	1744	$\alpha$ -sélinène	0,4	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4	0,6	0,4	0,4
1495	1773	$\gamma$ -cadinène	0,3	0,4	0,7	0,3	0,6	0,8	0,2	0,3	0,3	0,2	0,4	0,7	0,3	0,3	0,7
1472	1730	bicyclogermacrène	0,8	0,6	1,1	0,7	1	1,3	0,5	0,6	0,8	0,4	0,8	1	1	0,6	1
1560	2134	spathuléol	0,1	0,2	0,3	0,1	0,1	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,1	0,2
1621	2183	T-cadinol	1,9	1,7	2,2	1,6	2	2,8	1,9	1,6	1,8	1,5	1,4	2,4	2,4	1,5	1,9

IK OV-101	IK CW-20M	Composés	Références OC1														Références OC2						
			OC1Pa1	OC1Pa2	OC1Pa3	OC1S1	OC1S2	OC1S3	OC1N1	OC1N2	OC1N3	OC1Po1	OC1Po2	OC1Po3	OC1C1	OC1C2	OC1C3	OC2Po1	OC2Po2	OC2Po3	OC2Pa1	OC2Pa2	OC2Pa3
915	1049	$\alpha$ -thujène	1,8	1,6	2,1	1,6	1,8	1,8	1,6	2,1	2,3	1,8	1,6	1	1,6	2,4	1,7	0,2	0,5	0,1	* tr	tr	0,6
923	1049	$\alpha$ -pinène	2,3	2	2,1	2,1	2,4	2,3	2,1	2,7	2,8	2,2	2	1,7	2,1	3	2,4	0,3	0,9	0,5	0,1	0,1	1
935	1096	camphène	0,3	0,3	2,6	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	0,4	0,3	0,1	0,1	0,1	tr	tr	0,2
951	1456	octèn-3-ol	0,3	0,1	0,4	0,3	0,1	0,1	0,4	0,3	0,4	0,4	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	0,8	0,6	0,1	1,1	1,1	0,5
957	1144	sabinène	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	tr	tr	0,1
962	1133	$\beta$ -pinène	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,3	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	tr	tr	0,1
972	1182	myrcène	3	2,7	3,5	2,9	3,1	2,9	3,1	3,3	3,6	3,3	2,6	2,1	2,9	3,6	2,7	0,6	1	0,4	0,1	0,1	1,2
988	1188	$\alpha$ -phellandrène	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,2	0,3	0,4	0,3	0,1	0,1	0,1	tr	tr	0,1
1001	1202	$\alpha$ -terpinène	1,7	1,3	0,8	1,5	1,9	1,6	1,5	2	1,8	1,4	1,2	0,8	0,5	1,8	1,6	0,1	0,3	0,3	tr	tr	0,4
1003	1287	p-cymène	0,8	0,8	0,5	0,8	1,1	0,8	0,7	0,5	0,8	1,5	1,1	2,2	1,1	0,8	1	0,4	0,4	0,4	tr	tr	0,4
1013	1220	limonène	3,5	3,2	3,8	3,4	3,8	3,5	3,8	3,7	3,9	4	3	3,1	3,7	4,1	3,2	0,6	1,2	0,6	0,6	0,6	1,4
1041	1265	$\gamma$ -terpinène	8,5	7,4	8,4	8,4	9,6	8,6	8,8	9,7	9,7	9,2	7,2	6,2	8,8	9,6	8,2	2,6	1,6	0,4	0,1	0,1	2,5
1045	1477	tr. hyd. sabinène	5	7,3	11,4	6,2	4,8	6,5	6,9	4,8	6,1	8	7,2	8,7	6,1	6,7	4,8	1,9	2,5	0,9	2,5	0,1	2,9
1070	1300	terpinolène	1,5	1,3	1,3	1,5	1,7	1,4	1,5	1,6	1,6	1,6	1,2	0,9	1,6	1,6	1,4	0,3	0,1	0,1	tr	tr	0,4
1074	1562	linalol	3,8	4,4	6,6	4,8	2,2	3	5,2	3,5	3,6	5,3	4,5	2,5	4,2	4,4	2,8	68,2	57,8	63,6	84,5	84,3	52,7
1112	1535	camphre	1	0,8	0,9	1	1	0,9	1	1	1	0,6	0,9	0,8	0,7	1	1	1	0,3	0,7	0,1	0,1	0,4
1157	1623	terpinèn-4-ol	47,6	44,8	44,7	51,4	46,2	44,4	50,3	50,5	46,7	48	46,4	36,7	44,6	52,3	48,7	10,8	14,6	2,1	0,5	0,2	13
1164	1710	$\alpha$ -terpinéol	0,8	1	0,6	0,9	0,7	0,6	0,6	0,9	0,7	1,3	0,6	0,6	0,8	0,7	0,8	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2
1172	1687	méthylchavicol	1	0,8	0,7	0,8	0,5	0,5	0,9	0,7	0,6	0,4	0,6	0,4	0,4	0,7	0,6	1,4	0,6	0,9	0,1	0,1	2
1412	1620	$\beta$ -caryophyllène	3,2	4,1	2,7	2,3	3,5	3,7	3	2,5	3	2	3,7	4,1	3,1	1,3	4,3	2,5	3,7	5,7	5,1	5,6	6,5
1425	1602	tr $\alpha$ -bergamotène	3	4,2	2,1	1,5	4,8	4,6	2,3	2,8	3,5	1,6	4,3	6,9	2,8	1,1	4,5	1,4	2,7	6	3,3	3,9	5,6
1472	1730	germacrène D	1,7	4,5	1,2	1,1	4,4	5,1	1,5	1,9	2,6	1,2	5,4	10,6	1	0,7	3,6	1,5	1,6	5,6	1,5	1,7	2,1

\* tr : trace ( < 0,05 %)

IK OV-101	IK CW-20M	Composés	Références OG 1														
			OG1Pa1	OG1Pa2	OG1Pa3	OG1S1	OG1S2	OG1S3	OG1N1	OG1N2	OG1N3	OG1Po1	OG1Po2	OG1Po3	OG1C1	OG1C2	OG1C3
915	1049	$\alpha$ -thujène	4	5,1	6,1	4,4	5,6	5,1	3,7	4,9	7,3	5,1	4,9	5,3	4,6	6,1	4,3
923	1049	$\alpha$ -pinène	1,2	1,3	1,6	1,2	1,5	1,2	1	1,3	1,9	1,3	1,3	1,5	1,2	1,7	1,1
943	1092	camphène	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1
957	1144	sabinène	0,6	0,9	1	0,9	1	0,9	0,9	0,9	1,2	0,7	0,9	1	0,9	1,5	0,9
962	1133	$\beta$ -pinène	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,6	0,4	0,4	0,5	0,4	0,5	0,4
972	1182	myrcène	3,7	4	4,6	4	4,2	4	3,6	3,9	5,2	3,8	3,9	4,1	4	5,1	3,9
996	1184	$\alpha$ -phellandrène	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3
1001	1202	$\alpha$ -terpinène	3,8	4	5,6	3,6	3,5	6	3,5	3,6	1,3	4,4	3,4	3,6	3,9	7,2	7
1012	1286	p-cymène	14,7	14,9	24	16,6	16	17	14,5	10,9	19	6,9	9,9	13,5	16,5	15	21
1014	1227	1,8-cinéole	1,2	1,1	1,3	1,1	1,2	1,2	1,1	1,1	1,4	1,1	1,1	1,2	1,31	1,5	1,1
1051	1265	$\gamma$ -terpinène	40,6	36,6	19,7	37,4	25,5	35,1	37,9	39,9	23,4	49,1	36,2	35,2	38,3	16,5	18,7
1078	1297	terpinolène	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
1074	1562	linalol	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,4	0,3	0,2	0,5	0,4	0,4	0,5	0,8
1148	1716	bornéol	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,1	0,1	0,3	0,2	0,2	0,4	0,4
1157	1623	terpinèn-4-ol	1,5	1	1	0,6	0,7	1,1	0,7	0,9	0,8	0,6	0,9	0,6	1,2	0,7	1,4
1172	1687	méthylchavicol	0,4	0,5	0,1	0,1	0,3	0,4	0,3	0,2	0,1	0,1	0,3	0,5	0,2	0,4	0,3
1267	2193	thymol	19,5	23	26	20,9	30,9	19,7	23,2	24,8	29,9	17	28,9	25,4	15,6	30,3	30,1
1274	2219	carvacrol	0,5	0,6	0,8	0,5	0,8	0,6	0,6	0,5	0,7	0,5	0,9	0,7	0,6	0,7	1,1
1325	2176	eugénol	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
1418	1598	$\beta$ -caryophyllène	1,2	1	1	1,4	1,4	1,2	1,3	1	0,9	1,5	0,9	0,9	1,9	1,3	1
1428	1592	tr $\alpha$ -bergamotène	0,4	0,2	0,1	0,3	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,3	0,1	0,1	0,6	0,1	0,1
1454	1675	$\alpha$ -humulène	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,3	0,2	0,1
1478	1729	$\gamma$ -muurolène	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,4	0,1
1472	1720	germacrène D	1,1	1,1	1,1	1,4	1,3	1,2	1,5	1,3	1	1,4	1,1	1,1	1,7	2,3	1,4
1492	1740	$\beta$ -selénène	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,4	0,5	0,5	0,3	0,5	0,3	0,3	0,5	0,7	0,4
1513	1858	trans calaménène	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
1571	2011	tr époxycaryophyllène I	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,4

IK OV-101	IK CW-20M	Composés	Références OG2														
			OG2Pa1	OG2Pa2	OG2Pa3	OG2S1	OG2S2	OG2S3	OG2N1	OG2N2	OG2N3	OG2Po1	OG2Po2	OG2Po3	OG2C1	OG2C2	OG2C3
915	1049	$\alpha$ -thujène	4,6	4	6,8	2	5,3	5,2	4,5	7,2	5,1	3,4	4,5	6,9	2,9	4,5	5,3
923	1049	$\alpha$ -pinène	1,3	1,1	1,9	0,6	1,4	1,4	1,3	2	1,3	0,9	1,2	2	0,8	1,2	1,5
943	1092	camphène	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2
957	1144	sabinène	0,9	0,9	1,1	0,6	1	0,9	1	1,3	1	0,8	0,9	1,2	0,7	9	1,1
962	1133	$\beta$ -pinène	0,4	0,3	0,5	0,3	0,4	0,5	0,5	0,6	0,4	0,4	0,4	0,6	0,3	0,4	0,5
972	1182	myrcène	4	3,8	5,5	3	4,3	4,4	4,5	5,4	4,3	3,7	3,8	5,4	3,2	3,7	4,4
996	1184	$\alpha$ -phellandrène	0,4	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,4	0,5	0,4	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4	0,3
1001	1202	$\alpha$ -terpinène	3,4	5,3	10	2,4	3,9	6,8	3	3,6	4,8	3,2	3,2	9,4	2,9	3,1	6,9
1012	1286	p-cymène	10,1	13,6	22,3	8,7	11	18,8	18,2	15,9	12	14,1	8,6	18,4	7,8	4,9	21,5
1014	1227	1,8-cinéole	1,2	1,2	1,6	1	1,2	1,3	1,3	1,5	1,2	1,2	1,2	1,5	1,3	1	1,3
1051	1265	$\gamma$ -terpinène	23,7	13,5	8,9	21	23,7	9,6	19,9	21,8	15,9	19	21,1	14,2	22,4	23,6	5,7
1078	1297	terpinolène	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,4	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
1074	1562	linalol	0,6	1	0,5	1,5	0,4	0,8	0,5	0,4	0,2	0,5	1	0,4	0,4	0,3	1,1
1148	1716	bornéol	0,4	0,2	0,4	0,5	0,4	0,5	0,2	0,1	0,4	0,1	0,4	0,4	0,1	0,3	0,5
1157	1623	terpinèn-4-ol	1,1	1,6	1,2	1,1	0,7	1,1	0,8	0,9	0,8	0,9	1,1	0,9	0,8	0,9	1,4
1172	1687	méthylchavicol	0,4	1,5	0,1	0,6	0,2	0,1	0,3	0,1	0,1	0,1	0,8	0,2	0,4	0,1	0,1
1267	2193	thymol	39	41	28,8	44,2	38,4	36,4	35,4	31,6	43	39,6	43,3	29,4	35,8	46,3	41,7
1274	2219	carvacrol	0,8	1,1	0,9	0,8	0,8	1	1,2	0,7	1	1,5	0,9	0,9	1,2	0,9	1
1325	2176	eugénol	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,4	0,1	0,7
1418	1598	$\beta$ -caryophyllène	1,2	1,1	1,3	1,8	1	1,1	1,1	0,8	1,6	1,6	1,1	1,1	1,9	1,7	4
1428	1592	tr $\alpha$ -bergamotène	0,2	0,2	0,1	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3
1454	1675	$\alpha$ -humulène	0,5	0,2	0,2	0,3	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,3	0,2	0,2
1478	1729	$\gamma$ -muurolène	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,1	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2
1472	1720	germacrène D	1,1	1,4	1,3	2,1	1	3	1,3	0,8	1,3	1,3	0,8	0,8	1,1	1	1,5
1492	1740	$\beta$ -selinène	0,3	0,4	0,4	0,6	0,3	0,9	0,4	0,2	0,4	0,4	0,2	0,2	0,4	0,3	0,5
1513	1858	trans calaménène	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2
1571	2011	tr époxycaryophyllène I	0,1	0,1	0,2	0,4	0,1	0,2	0,1	0,1	0,3	0,2	0,1	0,1	0,3	0,1	0,4

## RÉSUMÉ :

Le genre *Ocimum*, largement distribué à travers le monde, a fait l'objet d'importants travaux. Nous proposons une classification des espèces étudiées (*Ocimum basilicum*, *O. canum*, *O. gratissimum*) selon les deux principales voies de biosynthèse connues (mévalonique et shikimique) en considérant les deux constituants majoritaires. Dix-huit types ont pu être distingués pour *O. basilicum*.

L'inventaire du genre *Ocimum* sur le territoire béninois a permis de répertorier:

- quatre variétés endémiques pour *O. basilicum* : un type à méthylchavicol, un type à méthylchavicol - linalol, un type à linalol - eugénol et un type à linalol - trans  $\alpha$ -bergamotène,
- deux pour *O. canum*, respectivement à linalol et à terpinèn-4-ol,
- trois pour *O. gratissimum* : à thymol, à thymol -  $\gamma$ -terpinène et à p-cymène; ces trois composés sont présents dans presque toutes les essences, soit en quantités équilibrées, soit avec un d'entre eux largement prédominant.

Des semis réalisés à partir de graines sélectionnées ont été effectués et mis en place en parcelles sur plusieurs sites répartis géographiquement. L'étude de l'évolution de leur composition chimique a été réalisée en fonction du site de culture, de la période végétative et du moment de la journée où s'effectue la coupe. Les récoltes séchées sont extraites par hydrodistillation et les huiles essentielles sont analysées par CPG, les identifications sont quant à elles, réalisées par couplage CPG / SM.

*O. basilicum* à méthylchavicol conduit à une huile essentielle chimiquement définie quelles que soient les conditions de culture et de récolte; *O. canum* et *O. gratissimum* présentent des variations de composition chimique qui soulèvent de nombreuses interrogations. Cependant, ils permettent d'obtenir des huiles essentielles de qualité et de composition chimique suivies: à linalol ou à terpinèn-4-ol pour *O. canum*, à thymol, p-cymène et  $\gamma$ -terpinène pour *O. gratissimum*.

## Summary:

The genus *Ocimum* is widely spread around the world and has been studied many times.

We have examined three species growing in Benin: *O. basilicum*, *O. canum* and *O. gratissimum*. For each of them we give a classification of essential oils based on the two main biosynthetic pathways: the mevalonique acid pathway and the shikimique acid one. 18 types have been identified with *O. basilicum*.

Botanical search for the genus *Ocimum* throughout Bénin has allowed us to find several types:

- a methylchavicol type, a methylchavicol - linalol type, a linalool - eugenol type and a linalool - trans  $\alpha$ -bergamotène for *O. basilicum*.
- a linalool type and a terpinen-4-ol type for *O. canum*,
- a thymol type, a thymol -  $\gamma$ -terpinene type and a p-cymene type for *O. gratissimum*.

Selected seedlings have been sown on five geographically different accessions. Influences of sites, vegetative period and hours of harvest have been studied. Essential oils were obtained by hydrodistillation and analyzed by G.C.; further identifications have been carried out by means of GC./MS. coupling.

The *O. basilicum*, rich in methylchavicol, is the only well fixed type among the *Ocimum* species; its essential oil keeps the same composition whatever the cultivation conditions. On the other hand, the essential oils issued from *O. canum* and *O. gratissimum* show large variations of compositions, which rise many questions. However it seems possible to get from these two species essential oils of known and stable compositions providing cultivation, harvesting and extraction are done under very stricts conditions.

From *O. canum* we could get essential oils rich in linalool or terpinen-4ol, from *O. gratissimum* an essential oil rich in  $\gamma$ -terpinene, p-cymene and thymol.