

UNIVERSITE KASDI MERBAH- OUARGLA
Faculté des Mathématiques et des Sciences de la Matière
Département de chimie

Année 2016-2017



N° d'enregistrement :/...../.....

THESE

Pour l'obtention du diplôme de Doctorat ès sciences

En Chimie

Etude analytique comparative des huiles essentielles de quelques variétés de basilic cultivées pour la première fois dans diverses régions d'Algérie

Présentée et soutenue publiquement

Par

Mme Boulakroune née SLOUGUI Nabila

Le 23/02/2017

Devant le jury composé de :

SAIDI Mokhtar	Professeur U.K.M. Ouargla	Président
BAALIOUAMER Aoumeur	Professeur U.S.T.H.B	Examineur
MEGHEZZI Ahmed	Professeur U.M.K. Biskra	Examineur
DEHAK Karima	Maitre de Conférences A U. Boumerdes	Examineur
DENDOUGUI Hocine	Professeur U.K.M. Ouargla	Examineur
HADJ MAHAMMED Mahfoud	Professeur U.K.M. Ouargla	Rapporteur

Remerciements

Merci à Dieu le tout puissant de m'avoir toujours guidé dans mes choix, afin de savoir classer mes priorités.

Ce travail a été réalisé au Laboratoire BioGéoChimie des Milieux Désertiques, URMO, sous la direction du Professeur Hadj Mahammed Mahfoud, et à l'unité CHOM, UCL, Louvain la neuve, Belgique, sous la direction du professeur Istvan Marko, et au laboratoire d'Analyse Organique Fonctionnelle (faculté de chimie, USTAB) sous la direction du professeur Baalouameur Aoumeur, à qui j'adresse mes sincères expressions de gratitude profonde.

Je tiens particulièrement à remercier M. Hadj Mahammed Mahfoud, professeur à l'URMO, Ouargla, de m'avoir guidé et encouragé durant tout le long de ma graduation, post-graduation et mon doctorat. Je lui suis reconnaissante de sa patience et pour la confiance scientifique qu'il m'a toujours témoigné. Qu'il trouve ici mon immense gratitude.

Je tiens à exprimer mes sincères remerciements au professeur Istvan Marko, de m'avoir accueillie dans son laboratoire et de m'avoir accordé le privilège d'utiliser tous les moyens analytiques disponibles dans son laboratoire pour la réalisation de cette thèse.

Je suis très reconnaissante à M. Fabio Luccacioni, unité CHOM, UCL, Belgique, de m'avoir assisté dans mon travail. Je le remercie pour ses orientations, ses discussions fructueuses et son aide dans l'analyse de mes échantillons.

J'exprime mes sincères remerciements à M. Saidi Mokhtar, professeur à l'URMO, d'avoir accepté de présider le jury de ma thèse.

Je suis très sensible à l'honneur que me font, M. Dendougui Hocine, professeur à URMO, M. Baalouameur Aoumeur, professeur à l'USTAB, M. Meghezzi Ahmed professeur à l'université M.K. Biskra et Mme Dehak Karima, MCA Université de Boumerdes, d'avoir accepté d'examiner cette thèse. Qu'ils trouvent ici mes profonds remerciements pour leurs encouragements incessants et leurs orientations bénéfiques et fructueuses.

Mes remerciements vont à Mme Draoui Naima, MAA, au département d'agronomie, faculté des sciences de la vie et de la terre, URMO, d'avoir dirigé toute l'étude agronomique de ce travail. Qu'elle trouve ici l'expression de ma profonde gratitude.

Mes remerciements vont à M. Goussmi directeur de l'ITDAAS (Ouargla), M. Djilali (Mostaganem) et M. Boulakroune Djamel (Alger) d'avoir veillé à la réussite de nos cultures dans leurs régions. Je leurs exprime ma profonde reconnaissance.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à tous les enseignants du département de chimie, à l'URMO, pour leurs aides et encouragements incessants.

Je ne saurai oublier ma deuxième famille, tous les membres du laboratoire BioGéoChimie des milieux désertique, pour leur soutien, encouragement et leur fraternité.

Je tiens à remercier mes amies : Mebarka, Houria, Rokia, Karima, Zahour, Messaouda et toutes les autres, pour leur soutien et leur amitié.

Je ne saurai donner la vraie valeur et exprimer ma profonde reconnaissance à mon père, un monument sur lequel je m'appuis dans mes moments de peines comme dans mes moments de joies, à ma mère ma bougie éternelle, à mon frère Zaki, à mes sœurs : Zina, Mendjia et ma chouchoutée Bessma. Merci pour votre amour.

Je ne saurai remercier mon mari, Nabil, de m'avoir ramené les variétés de Belgique, de m'avoir assuré la culture de mes variétés à Mostaganem et Alger. Sans sa contribution, une grande partie de ce travail, n'aurait pu être réalisée.

Un grand pardon à ceux que j'ai pris de leurs temps et de leurs droits pour pouvoir terminer ce travail ; mes chères enfants.

Merci à tous

Aux prunelles de mes yeux :

Nada

Maha

Et Amil

Liste des figures

Figure	page
Figure 1 : Les squelettes principaux des terpènes	7
Figure 2 : Quelques exemples de terpènes et de leur source végétale	8
Figure 3 : Structures des monoterpènes et composés aromatiques étudiés	32
Figure 04 : Structures des sesquiterpènes hydrocarbures et des sesquiterpènes oxygénés	34
Figure 05 : Indices de rétention des monoterpènes hydrocarbures sur une colonne apolaire	37
Figure 06 : Indices de rétention des monoterpènes oxygénés et composés aromatiques sur une colonne apolaire	40
Figure 07 : Indices de rétention des sesquiterpènes hydrocarbures sur une colonne apolaire	43
Figure 08 : Indices de rétention des sesquiterpènes oxygénés sur une colonne apolaire	44
Figure 09 : Indices de rétention des monoterpènes hydrocarbures sur une colonne polaire	47
Figure 10 : Indices de rétention des monoterpènes et composés aromatiques sur une colonne polaire	50
Figure 11 : Indices de rétention des sesquiterpènes hydrocarbures sur une colonne polaire	53
Figure 12 : Indices de rétention des sesquiterpènes oxygénés sur une colonne polaire	54
Figure 13 : Dispositif expérimental	63
Figure 14 : Basilic grand vert	64
Figure 15 : Basilic pourpre	64
Figure 16 : Basilic nain compact	64
Figure 17 : Basilic marseillais	64
Figure 18 : Basilic cannelle	64
Figure 19 : Basilic citron	64
Figure 20 : Effet de la variété sur la durée du cycle semis-floraison (jours)	71
Figure 21 : Effet de la variété sur la durée du cycle repiquage-floraison (jours)	71
Figure 22 : Effet de variété sur la hauteur de la plante (cm)	72
Figure 23 : Effet de la variété sur le taux de mortalité	72
Figure 24 : Effet de la variété sur la biomasse totale	74
Figure 25 : Effet de la variété sur le nombre de ramifications	74
Figure 26 : Effet de la variété sur le rapport feuilles/biomasse totale	76
Figure 27 : Effet de la variété sur le nombre de feuilles par plante	76
Figure 28 : Effet de la variété sur la surface foliaire	77
Figure 29 : Effet de la variété sur la largeur de ramifications	77
Figure 30 : Carte de la situation géographique d'Ouargla	81
Figure 31 : Carte de la situation géographique de Mostaganem	81
Figure 32 : Carte de la situation géographique d'Alger	82
Figure 33 : Carte de la situation géographique de Constantine	82
Figure 34 OL : Spectre de masse du composé n°42 (KI=2355)	96
Figure 34 : Chromatogrammes GC-MS des huiles essentielles d' <i>Ocimum basilicum</i> L. V1	99
Figure 34a : Dendrogramme de la composition des 4 huiles essentielles de V1	100
Figure 34b : ACP 3D de la composition des 4 huiles essentielles de V1	100
Figure 34c : ACP (individus et biplot) de la composition des 4 huiles essentielles de V1	100
Figure 35 : Chromatogrammes GC-MS des huiles essentielles d' <i>Ocimum basilicum</i> L. <i>purpurascens</i> V2	111
Figure 35a : Dendrogramme de la composition des 4 huiles essentielles de V2	112
Figure 35b : ACP 3D de la composition des 4 huiles essentielles de V2	113
Figure 35c : ACP (individus et biplot) de la composition des 4 huiles essentielles de V2	114
Figure 36 : Chromatogrammes GC-MS des huiles essentielles d' <i>Ocimum basilicum</i> L. <i>minimum</i> V3	125
Figure 36a : Dendrogramme de la composition des 4 huiles essentielles de V3	126
Figure 36b : ACP 3D de la composition des 4 huiles essentielles de V3	126
Figure 36c : ACP (individus et biplot) de la composition des 4 huiles essentielles de V3	126
Figure 37 : Chromatogrammes GC-MS des huiles essentielles d' <i>Ocimum basilicum</i> L. <i>cinnamon</i> V4	139
Figure 37a : Dendrogramme de la composition des 4 huiles essentielles de V4	140
Figure 37b : ACP 3D de la composition des 4 huiles essentielles de V4	140
Figure 37c : ACP (individus et biplot) de la composition des 4 huiles essentielles de V4	140
Figure 38 : Chromatogrammes GC-MS des huiles essentielles d' <i>Ocimum basilicum</i> L. <i>marseillais</i>	152

V5	
Figure 38a : Dendrogramme de la composition des 4 huiles essentielles de V5	153
Figure 38b : ACP 3D de la composition des 4 huiles essentielles de V5	153
Figure 38c : ACP (individus et biplot) de la composition des 4 huiles essentielles de V5	153
Figure 39 : Chromatogrammes GC-MS des huiles essentielles d' <i>Ocimum basilicum</i> L. <i>citriodora</i> V6	162
Figure 39a : Dendrogramme de la composition des 4 huiles essentielles de V6	163
Figure 39b : ACP 3D de la composition des 4 huiles essentielles de V6	163
Figure 39c : ACP (individus et biplot) de la composition des 4 huiles essentielles de V6	163
Figure 40 : Dendrogramme de toutes les huiles essentielles étudiées	165
Figure 41 : ACP 3D de toutes les huiles essentielles étudiées	165
Figure 42 : ACP des individus et des variables de toutes les huiles essentielles étudiées	166

Liste des graphiques

Graphique	page
Graphique 1 : Répartition en % des principaux composés de l'huile essentielle d'O1	89
Graphique 2 : Répartition en % des principales familles de l'huile essentielle d'O1	89
Graphique 3: Répartition en % des principaux composés de l'huile essentielle de M1	91
Graphique 4: Répartition en % des principales familles de l'huile essentielle de M1	92
Graphique 5: Répartition en % des principaux composés de l'huile essentielle d'A1	93
Graphique 6: Répartition en % des principales familles de l'huile essentielle d'A1	93
Graphique 7: Répartition en % des principaux composés de l'huile essentielle de C1	96
Graphique 8: Répartition en % des principales familles de l'huile essentielle de C1	97
Graphique 09 : Répartition en % des principaux composés de l'huile essentielle d'O2	102
Graphique 10: Répartition en % des principales familles de l'huile essentielle d'O2	103
Graphique 11 : Répartition en % des principaux composés de l'huile essentielle de M2	104
Graphique 12 : Répartition en % des principales familles de l'huile essentielle de M2	105
Graphique 13 : Répartition en % des principaux composés de l'huile essentielle d'A2	106
Graphique 14 : Répartition en % des principales familles de l'huile essentielle d'A2	107
Graphique 15 : Répartition en % des principaux composés de l'huile essentielle de C2	108
Graphique 16 : Répartition en % des principaux composés de l'huile essentielle de C2	108
Graphique 17 : Répartition en % des principaux composés de l'huile essentielle d'O3	114
Graphique 18 : Répartition en % des principales familles de l'huile essentielle d'O3	114
Graphique 19 : Répartition en % des principaux composés de l'huile essentielle de M3	117
Graphique 20 : Répartition en % des principales familles de l'huile essentielle de M3	117
Graphique 21 : Répartition en % des principaux composés de l'huile essentielle d'A3	119
Graphique 22 : Répartition en % des principales familles de l'huile essentielle d'A3	119
Graphique 23 : Répartition en % des principaux composés de l'huile essentielle de C3	122
Graphique 24 : Répartition en % des principales familles de l'huile essentielle de C3	122
Graphique 25 : Répartition en % des principaux composés de l'huile essentielle d'O4	128
Graphique 26 : Répartition en % des principales familles de l'huile essentielle d'O4	128
Graphique 27 : Répartition en % des principaux composés de l'huile essentielle de M4	131
Graphique 28 : Répartition en % des principales familles de l'huile essentielle de M4	132
Graphique 29 : Répartition en % des principaux composés de l'huile essentielle d'A4	133
Graphique 30 : Répartition en % des principales familles de l'huile essentielle d'A4	133
Graphique 31 : Répartition en % des principaux composés de l'huile essentielle de C4	135
Graphique 32 : Répartition en % des principales familles de l'huile essentielle de C4	136
Graphique 33 : Répartition en % des principaux composés de l'huile essentielle d'O5	142
Graphique 34 : Répartition en % des principales familles de l'huile essentielle d'O5	142
Graphique 35 : Répartition en % des principaux composés de l'huile essentielle de M5	144
Graphique 36 : Répartition en % des principales familles de l'huile essentielle de M5	145
Graphique 37 : Répartition en % des principaux composés de l'huile essentielle d'A5	146
Graphique 38 : Répartition en % des principales familles de l'huile essentielle d'A5	146
Graphique 39 : Répartition en % des principaux composés de l'huile essentielle de C5	148
Graphique 40 : Répartition en % des principales familles de l'huile essentielle de C5	149
Graphique 41 : Répartition en % des principaux composés de l'huile essentielle d'O6	154
Graphique 42 : Répartition en % des principales familles de l'huile essentielle d'O6	155
Graphique 43 : Répartition en % des principaux composés de l'huile essentielle de M6	156
Graphique 44 : Répartition en % des principales familles de l'huile essentielle de M6	157
Graphique 45 : Répartition en % des principaux composés de l'huile essentielle d'A6	158
Graphique 46 : Répartition en % des principales familles de l'huile essentielle d'A6	158
Graphique 47 : Répartition en % des principaux composés de l'huile essentielle de C6	160
Graphique 48 : Répartition en % des principales familles de l'huile essentielle de C6	160

Liste des tableaux

Tableau	page
Tableau 1 : La composition de l'huile essentielle du basilic accordée à son origine géographique	28
Tableau 2 : Indices de rétentions des monoterpènes hydrocarbures en fonction de la température de la colonne apolaire (HP-1)	36
Tableau 3 : Indices de rétention des monoterpènes oxygénés et composés aromatiques en fonction de la température de la colonne apolaire (HP-1)	39
Tableau 04 : Indices de rétention des sesquiterpènes hydrocarbure en fonction de la température de la colonne apolaire (HP-1)	42
Tableau 5 : Indices de rétention des sesquiterpènes oxygénés en fonction de la température de la colonne apolaire (HP-1)	42
Tableau 6 : Indices de rétentions des monoterpènes hydrocarbures en fonction de la température de la colonne polaire (CW20M)	46
Tableau 7 : Indices de rétention des monoterpènes oxygénés et composés aromatiques en fonction de la température de la colonne polaire (CW 20M)	49
Tableau 08 : Indices de rétention des sesquiterpènes hydrocarbure en fonction de la température de la colonne polaire (CW20M)	52
Tableau 9 : Indices de rétention des sesquiterpènes oxygénés en fonction de la température de la colonne polaire (CW20M)	52
Tableau 10. Données climatiques de la région d'Ouargla (1999-2008)	59
Tableau 11. Données climatiques de la campagne agricole (2008-2009)	60
Tableau 12 : Caractéristiques physico-chimiques du sol	61
Tableau 13 : Caractéristiques de l'eau d'irrigation	61
Tableau 14 : Présentation du matériel végétal	62
Tableau 15. Différentes opérations culturales	65
Tableau 16. Inventaire des adventices présents dans les parcelles.	66
Tableau 17. Effet de la variété sur les différents paramètres étudiés	70
Tableau 18 : Positions géographiques des régions d'étude	83
Tableau 19 : Propriétés organoleptiques, rendements et taux d'humidités de nos échantillons.	84
Tableau 20 : Composition de l'huile essentielle d'O1	90
Tableau 21 : Composition de l'huile essentielle de M1	92
Tableau 22 : Composition de l'huile essentielle d'A1	94
Tableau 23 : Composition de l'huile essentielle de C1	97
Tableau 24 : Composition de l'huile essentielle d' <i>Ocimum basilicum</i> L. selon leurs origines	102
Tableau 25 : Composition de l'huile essentielle d'O2	103
Tableau 26 : Composition de l'huile essentielle de M2	105
Tableau 27 : Composition de l'huile essentielle d'A2	107
Tableau 28 : Composition de l'huile essentielle de C2	109
Tableau 29 : Composition majoritaire de l'huile essentielle d' <i>Ocimum basilicum</i> L. <i>purpurascens</i> selon sa provenance.	113
Tableau 30 : Composition de l'huile essentielle d'O3	115
Tableau 31 : Composition de l'huile essentielle de M3	118
Tableau 32 : Composition de l'huile essentielle d'A3	121
Tableau 33 : Composition de l'huile essentielle de C3	123
Tableau 34 : Composition de l'huile essentielle d'O4	129
Tableau 35 : Composition de l'huile essentielle de M4	132
Tableau 36 : Composition de l'huile essentielle d'A4	134
Tableau 37 : Composition de l'huile essentielle de C4	136
Tableau 38 : Composition de l'huile essentielle d'O5	142
Tableau 39 : Composition de l'huile essentielle de M5	145
Tableau 40 : Composition de l'huile essentielle d'A5	147
Tableau 41 : Composition de l'huile essentielle de C5	149
Tableau 42 : Composition de l'huile essentielle d'O6	155
Tableau 43 : Composition de l'huile essentielle de M6	157
Tableau 44 : Composition de l'huile essentielle d'A6	159
Tableau 45 : Composition de l'huile essentielle de C6	161

Résumé

L'histoire des plantes aromatiques et médicinales est communément liée à l'évolution des civilisations. L'Algérie, par son histoire et sa géographie spécifiquement variée, a toujours été un terrain de prédilection au développement de ces cultures. Dans le but de mettre l'accent sur l'importance économique croissante de la culture des plantes aromatiques et médicinales dans l'investigation industrielle, nous avons cultivé 6 variétés d'*Ocimum basilicum* L. d'origine européenne dans 4 régions différentes : (Ouargla, Mostaganem, Alger, Constantine)

L'étude du comportement variétal des 6 variétés de basilic étudiés : (*Ocimum basilicum* L., *genovese*, *Ocimum basilicum* L., *purpurescens*, *Ocimum basilicum* L., *Ocimum basilicum* L., *minimum*, *Ocimum basilicum* L., *cinnamon*, *Ocimum basilicum* L. *marseillais*, *Ocimum basilicum* L. *citriodora*) dans les conditions saharienne (Ouargla), nous a aidé à estimer les meilleures conditions de cultures pour nos variétés.

En s'appuyant sur l'étude chimique et statistique de la composition des huiles essentielles des variétés de basilic analysées par chromatographie gazeuse et chromatographie gazeuse couplée à la spectrométrie de masse, nos résultats ont permis d'identifier les chemotypes suivants: linalool/eugenol, linalyl acetate, linalol, methylchavicol, methyleugenol, eugenol, methylcinnamate (E), geraniol. L'oleamide a été identifié pour la première fois comme constituant de l'huile essentielle d'*Ocimum basilicum* L. Pour les variétés étudiées, cette étude a permis de confirmer que le linalol est un composé représentatif de l'espèce *Ocimum basilicum* L.

Abstract

The history of aromatic and medicinal plants is commonly associated with the evolution of civilisations. Algeria, given its history and diverse geography, has always been a fertile ground for the development of these cultures. With the aim of drawing attention of the increasing economic importance of the culture of the aromatic and medicinal plants in the industrial investigation, we cultivated 6 varieties of *Ocimum basilicum* L. from European origins in 4 different areas: (Ouargla, Mostaganem, Algiers, Constantine).

The study of the varietal behaviour of the 6 studied varieties of basil (*Ocimum basilicum* L., *genovese*, *Ocimum basilicum* L., *purpurescens*, *Ocimum basilicum* L., *minimum*, *Ocimum basilicum* L., *cinnamon*, *Ocimum basilicum* L. *Marseillais*, *Ocimum basilicum* L. *citriodora*) under the Saharan conditions (Ouargla) has helped us to estimate the best conditions of cultures for our varieties.

Based on the chemical and statistical study of composition of essential oils of basil cultivars, analysed by gas chromatography and gas chromatography coupled to mass spectrometry, our results allowed identifying the following chemotypes: linalool/eugenol, linalyl acetate, linalol, methylchavicol, methyleugenol, eugenol, methylcinnamate (E), geraniol. The oleamide was identified for the first time as constituting an essential oil of *Ocimum basilicum* L. For the studied varieties this study made it possible to confirm that linalool is a representative compound of the species *Ocimum basilicum* L.

المخلص

تاريخ النباتات الطبية والعطرية مرتبط عادة بتطور الحضارات. الجزائر، لتاريخها وجغرافيتها المختلفة على وجه التحديد، كانت دائما أرضا خصبة لتطوير هذه الزراعات. من أجل التأكيد على الأهمية الاقتصادية المتزايدة لزراعة النباتات الطبية والعطرية في النمو الاقتصادي الصناعي، قمنا بغرس 6 أصناف من الريحان (*Ocimum basilicum* L.) من أصل أوروبي في مناطق مختلفة: (ورقلة، مستغانم، الجزائر، قسنطينة)

دراسة السلوك النوعي لـ 6 أصناف من أصناف الريحان (*Ocimum basilicum* L., *genovese*, *Ocimum basilicum* L., *purpurescens*, *Ocimum basilicum* L., *minimum*, *Ocimum basilicum* L., *cinnamon*, *Ocimum basilicum* L., *marseillais*, *Ocimum basilicum* L., *citriodora*) . ساعدتنا في تحديد أحسن الشروط التجريبية لغرسه.

استنادا إلى الدراسة التحليلية والإحصائية لتحليل الزيوت الأساسية لأصناف الريحان بواسطة كروماتوغرافيا الغاز مقرونة بمطيافية الكتلة، نتأجنا سمح لنا بتحديد الأنواع الكيميائية التالية . لينالول- أوجينول. لينالول أستاه. لينالول. مثيل شفيكول. مثيل اوجينول. أوجينول. سنامث المثيل (E). جيرانبول. تم التعرف على الأولياميد لأول مرة كعضون من مكونات الزيوت الأساسية لنجاث الريحان.

بالنسبة لأنواع الريحان المدروسة فقد تم اثبات أن اللينالول هو مركب محدد للنوع *Ocimum basilicum* L.

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION GENERALE

1

Chapitre I

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

I- GENERALITES SUR LES TERPENES.....	5
I-1- Introduction et historique.....	5
I-2- Nomenclature.....	5
I-3- Domaines d'intérêt.....	6
I-4 Biosynthèse des terpènes.....	9
I-5 Biosynthèse des dérivés du phénylpropane.....	12
I-6 Biosynthèse des dérivés du phénylpropane dans l' <i>Ocimum basilicum</i> L.....	13
II- GENERALITES SUR LES HUILES ESSENTIELLES.....	15
II-1- Définition et caractéristiques.....	15
II-2- Critères de qualité.....	17
II-3- Utilisation des huiles essentielles.....	20
III- GENERALITES SUR L'<i>OCIMUM BASILICUM</i> L.....	21
III-1- Historique.....	21
III-2- Systématique.....	22
III-3- Caractères botaniques.....	22
III-4- Variétés.....	22
III-5- Exigences pédoclimatiques.....	23
III-6- Pratiques culturales.....	24
III-7- Importance.....	26
III-8- Utilisation.....	26
III-9 - Description de quelques travaux sur le basilic.....	26

Chapitre II

ETUDE SYSTEMATIQUE DE QUELQUES CONSTITUANTS DES HUILES ESSENTIELLES PAR CHROMATOGRAPHIE EN PHASE GAZEUSE

INTRODUCTION.....	30
I-ANALYSE DES COMPOSES TERPENIQUES ET AROMATIQUES SUR LA PHASE STATIONNAIRE HP-1	30
I-1- Monoterpènes hydrocarbures.....	35
I-2- Monoterpènes oxygénés et composés aromatiques.....	38
I-3- Sesquiterpènes hydrocarbures.....	41
I-4- Sesquiterpènes oxygénés.....	41
II- ANALYSES DE COMPOSES TERPENIQUES ET AROMATIQUES SUR LA PHASE STATIONNAIRE POLAIRE.....	45
II-1- Monoterpènes hydrocarbures.....	45
II-2- Monoterpènes oxygénés et composés aromatiques.....	48
II-3- Sesquiterpènes hydrocarbures.....	51

II-4- Sesquiterpènes oxygénés.....	51
------------------------------------	----

Chapitre III
ETUDE DU COMPORTEMENT VARIETAL DE 6 VARIETES D'OCIMUM BASILICUM L. DANS LES
CONDITIONS SAHARIENNES

INTRODUCTION.....	57
I- OBJECTIFS.....	57
II- PRESENTATION DU SITE D'EXPERIMENTATION.....	57
II-1- Situation géographique.....	57
II-2- Caractéristiques climatiques.....	57
III- MATERIEL D'ETUDE.....	60
III-1- Le sol.....	60
III-2- L'eau d'irrigation.....	60
III-3- Caractéristiques de la fumure organique.....	61
IV- PROTOCOL EXPERIMENTAL.....	61
IV-1- Dispositif expérimental.....	61
IV-2- Précédent cultural.....	62
IV-3- Matériel végétal.....	62
IV-4- Conduite de la culture.....	65
IV-5- Méthode d'étude des différents paramètres.....	67
IV-6- Méthodes d'analyse.....	68
IV-7- Analyse statistique des résultats.....	68
V- RESULTATS ET DISCUSSION.....	69
DISCUSSION GENERALE.....	78

Chapitre IV
COMPOSITION DES HUILES ESSENTIELLES . ETUDE ANALYTIQUE ET STATISTIQUE

I- POSITIONS GEOGRAPHIQUES ET DESCRIPTION DES REGIONS D'ETUDES.....	80
I-1- Ouargla.....	80
I-2- Mostaganem.....	80
I-3- Alger.....	80
I-4- Constantine.....	83
II- MATERIEL VEGETAL.....	83
III- CONDITIONS D'OBTENTION DES HUILES ESSENTIELLES.....	83
IV- ANALYSE DES HUILES ESSENTIELLES.....	84
IV-1- Caractérisation organoleptique.....	84
IV-2- Caractérisation physico-chimique.....	84
IV-3- Analyses chromatographiques en phase gazeuse (CPG).....	85
I- SECTION OCIMUM BASILICUM L. GENOVESE.....	89
I-1- <i>Ocimum basilicum</i> L. <i>genovese</i> cultivé à Ouargla O ₁	89
I-2- <i>Ocimum basilicum</i> L. <i>genovese</i> cultivé à Mostaganem M ₁	91

I-3- <i>Ocimum basilicum</i> L. <i>genovese</i> cultivé à Alger A ₁	93
I-4- <i>Ocimum basilicum</i> L. <i>genovese</i> cultivé à Constantine C ₁	95
II- SECTION OCIMUM BASILICUM L. PURPURASCENS V₂	101
II-1- <i>Ocimum basilicum</i> L. <i>purpurascens</i> cultivé à Ouargla O ₂	101
II-2- <i>Ocimum basilicum</i> L. <i>purpurascens</i> cultivé à Mostaganem M ₂	103
II-3- <i>Ocimum basilicum</i> L. <i>purpurascens</i> cultivé à Alger A ₂	105
II-4- <i>Ocimum basilicum</i> L. <i>purpurascens</i> cultivé à Constantine C ₂	107
III- SECTION OCIMUM BASILICUM L. MINIMUM V₃	113
III-1- <i>Ocimum basilicum</i> L. <i>minimum</i> cultivé à Ouargla O ₃	113
III-2- <i>Ocimum basilicum</i> L. <i>minimum</i> cultivé à Mostaganem M ₃	115
III-3- <i>Ocimum basilicum</i> L. <i>minimum</i> cultivé à Alger A ₃	117
III-4- <i>Ocimum basilicum</i> L. <i>minimum</i> cultivé à Constantine C ₃	119
IV- SECTION OCIMUM BASILICUM L. CINNAMON V₄	124
IV-1- <i>Ocimum basilicum</i> L. <i>cinnamon</i> cultivé à Ouargla O ₄	124
IV-2- <i>Ocimum basilicum</i> L. <i>cinnamon</i> cultivé à Mostaganem M ₄	127
IV-3- <i>Ocimum basilicum</i> L. <i>cinnamon</i> cultivé à Alger A ₄	129
IV-4- <i>Ocimum basilicum</i> L. <i>cinnamon</i> cultivé à Constantine C ₄	131
V- SECTION OCIMUM BASILICUM L. MARSEILLAIS V₅	137
V-1- <i>Ocimum basilicum</i> L. <i>marseillais</i> cultivé à Ouargla O ₅	137
V-2- <i>Ocimum basilicum</i> L. <i>marseillais</i> cultivé à Mostaganem M ₅	140
V-3- <i>Ocimum basilicum</i> L. <i>marseillais</i> cultivé à Alger A ₅	142
V-4- <i>Ocimum basilicum</i> L. <i>marseillais</i> cultivé à Constantine C ₅	144
VI- SECTION OCIMUM BASILICUM L. CITRIODORA V₆	150
VI-1- <i>Ocimum basilicum</i> L. <i>citriodora</i> cultivé à Ouargla O ₆	150
VI-2- <i>Ocimum basilicum</i> L. <i>citriodora</i> cultivé à Mostaganem M ₆	152
VI-3- <i>Ocimum basilicum</i> L. <i>citriodora</i> cultivé à Alger A ₆	154
VI-4- <i>Ocimum basilicum</i> L. <i>citriodora</i> cultivé à Constantine C ₆	156
DISCUSSION GENERALE SUR L'ESPECE OCIMUM BASILICUM L.	160

Introduction générale

L'histoire des plantes aromatiques et médicinales est associée à l'évolution des civilisations. Dans toutes les régions du monde, l'histoire des peuples montre que ces plantes ont toujours occupé une place importante en médecine, dans la composition des parfums et dans les préparations culinaires.

La Chine, berceau de la phytothérapie, l'Inde, le Moyen-Orient, l'Égypte, la Grèce, les romains, constituent les civilisations phares pendant lesquelles les plantes aromatiques et médicinales ont connu une place de premier plan.

Se trouvant dans le bassin de la méditerranée avec de grandes variations climatiques du Nord au Sud, l'Algérie présente un terrain de prédilection au développement de ces cultures.

Les plantes aromatiques et médicinales se divisent en deux groupes, les plantes spontanées que leur production dépend totalement des conditions climatiques et les plantes cultivées qui accaparent un intérêt croissant, vu la richesse et la diversité impressionnante de leur composition, suivant les conditions de leur culture, en l'occurrence : *Ocimum basilicum* L.

Dans le but de mettre l'accent sur l'importance économique croissante de la culture des plantes aromatiques et médicinales dans l'investigation industrielle, nous avons cultivé six variétés d'*Ocimum basilicum* L. : (basilic grand vert, basilic pourpre, basilic nain compact, basilic cannelle, basilic marseillais et basilic citron) d'origine européenne dont deux seulement d'entre elles sont connues et cultivées en Algérie : le basilic grand vert et le basilic nain compact.

Afin d'optimiser les conditions de culture adaptées à cette espèce dans notre pays, nous avons choisis d'étudier le comportement variétal de ces six variétés dans les conditions sahariennes (Ouargla).

Cette culture a été généralisée dans trois autres régions représentant les différents climats algériens : Mostaganem, Alger et Constantine.

Les huiles essentielles, vu leurs diverses utilisations et leurs richesses en principes actifs, présentent un intérêt économique et industriel croissant. L'effet de la position géographique sur la composition des huiles essentielles a été prouvé par de nombreuses études. Dans cet axe, une étude comparative de la composition des huiles essentielles des six variétés de basilic cultivées dans quatre écotypes sera élaborée.

Afin de pouvoir optimiser les conditions d'analyse de nos huiles essentielles, une étude systématique, des constituants les plus répandus dans l'huile essentielle d'*Ocimum basilicum* L., par chromatographie en phase gazeuse en utilisant deux colonnes de différentes polarités va être réalisée.

La chromatographie en phase gazeuse et la chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse, étant les techniques de choix dans l'identification des constituants d'une huile essentielle, seront les techniques d'analyses de nos huiles essentielles.

L'application des méthodes statistiques à l'interprétation des résultats des compositions chimiques de nos huiles essentielles, peut permettre de mettre en évidence les différents groupes ou chémotypes s'ils existent.

Notre document se présente comme suit :

- Chapitre I : synthèse bibliographique
- Chapitre II : Etude systématique de quelques constituants de l'huile essentielle d'*Ocimum basilicum* L. par chromatographie en phase gazeuse
- Chapitre III : Etude du comportement variétal de six variétés d'*Ocimum basilicum* L. dans les conditions sahariennes.
- Chapitre IV : Composition des huiles essentielles ; Etude analytique et statistique.

Chapitre I

Synthèse bibliographique

I- GENERALITES SUR LES TERPENES

I-1- Introduction et historique :

Les terpénoïdes ou isoprénoïdes constituent une classe de substances naturelles extrêmement abondante. Plus de 30 000 composés ont été répertoriés [1]. Leur squelette carboné est formellement dérivé du squelette ramifié en C₅ de l'isoprène. Le nombre d'unités isopréniques engagées dans la formation d'un composé permet un classement commode de ces substances naturelles qui correspond à une réalité fondée sur un schéma biogénétique. Ces dénominations font intervenir un sous-multiple ou des multiples du terme « terpène » qui désignait dans la littérature ancienne jusqu'à la fin du XIX^e et le début du XX^e siècle les substances isopréniques en C₁₀ des huiles essentielles végétales comme l'essence de térébenthine. La nature répétitive du motif isoprénique a été reconnue très tôt dans les composés les plus simples [2]. Elle a permis d'établir une première version de la règle isoprénique valable pour les isoprénoïdes où le motif en C₅ est facilement reconnaissable [3,4].

Bien que les terpènes au sens strict ne soient que des hydrocarbures, de nombreux dérivés porteurs de fonctions diverses sont également considérés comme des composés terpéniques.

Il n'y a pas de fonction chimique commune aux terpènes ; seule leur structure et leur biosynthèse en font une catégorie. Aussi se contente-t-on ici d'en citer quelques exemples et certaines de leur propriétés.

Certains terpènes ont une structure acyclique, d'autres comportent un ou plusieurs cycles et une ou plusieurs doubles liaisons.

Les composés terpéniques oxygénés sont parfois moins insaturés que les hydrocarbures terpéniques correspondants (exemple : menthol et limonène) [5].

I-2- Nomenclature :

Pour connaître la nomenclature des terpènes, il faudrait préciser leurs squelettes principaux. Ceux-ci sont regroupés dans la figure 1[3].

Tous les composés terpéniques se présentent structurellement comme des polymères de l'isoprène (C₅H₈), mais seulement en structures car la nature ne se sert pas de l'isoprène pour biosynthétiser les terpènes [6,7].

Les hémiterpènes : ils ne comportent qu'une seule unité isoprène (2-méthyl buta-1.3-diène).

Les monoterpènes : ils comportent 10 atomes de carbone et peuvent être divisés en deux unités isopréniques.

Les sesquiterpènes : ils comportent 3 unités isopréniques (C₁₅).

Les diterpènes : ils comportent 4 unités isopréniques (C₂₀).

Les sesterpènes : ils comportent 5 unités isopréniques (C₂₅).

Les triterpènes : ils comportent 6 unités isopréniques (C₃₀).

Les caroténoïdes : ils comportent 8 unités isopréniques (C₄₀).

Le caoutchouc : il comporte n unités isopréniques [(C₅)_n].

La grande majorité des composés terpéniques connus résulte d'un couplage dit « tête-queue » d'unités isopréniques. Une telle structure est dite « régulière », c'est le cas de la plupart des sesquiterpènes, diterpènes et sesterpènes. Par contre, les triterpènes et les caroténoïdes sont respectivement formés de deux ensembles de trois ou de quatre unités isopréniques dans lesquels les structures sont régulières mais où la liaison située au milieu de la molécule se fait de manière « tête-tête » [3].

Les exemples pour les mono- di- tri- et tétraterpènes sont présentés dans la Figure 2 [8].

I-3- domaines d'intérêt :

Les terpénoïdes sont présents chez tous les organismes vivants et remplissent des rôles physiologiques très divers. Un certain nombre d'entre eux sont des métabolites essentiels. Les stérols jouent le rôle de stabilisateurs de membranes biologiques chez les eucaryotes et sont les précurseurs des hormones stéroïdes, les caroténoïdes sont impliqués dans l'appareil photosynthétique de tous les organismes phototrophes, les polyprénols à longue chaîne servent de transporteurs de glucides pour la biosynthèse des polysaccharides. Pour la plupart d'entre eux, le rôle physiologique est moins évident et reste à déterminer, en particulier chez les végétaux : mono- et sesquiterpènes des huiles essentielles ou triterpénoïdes [9, 10].

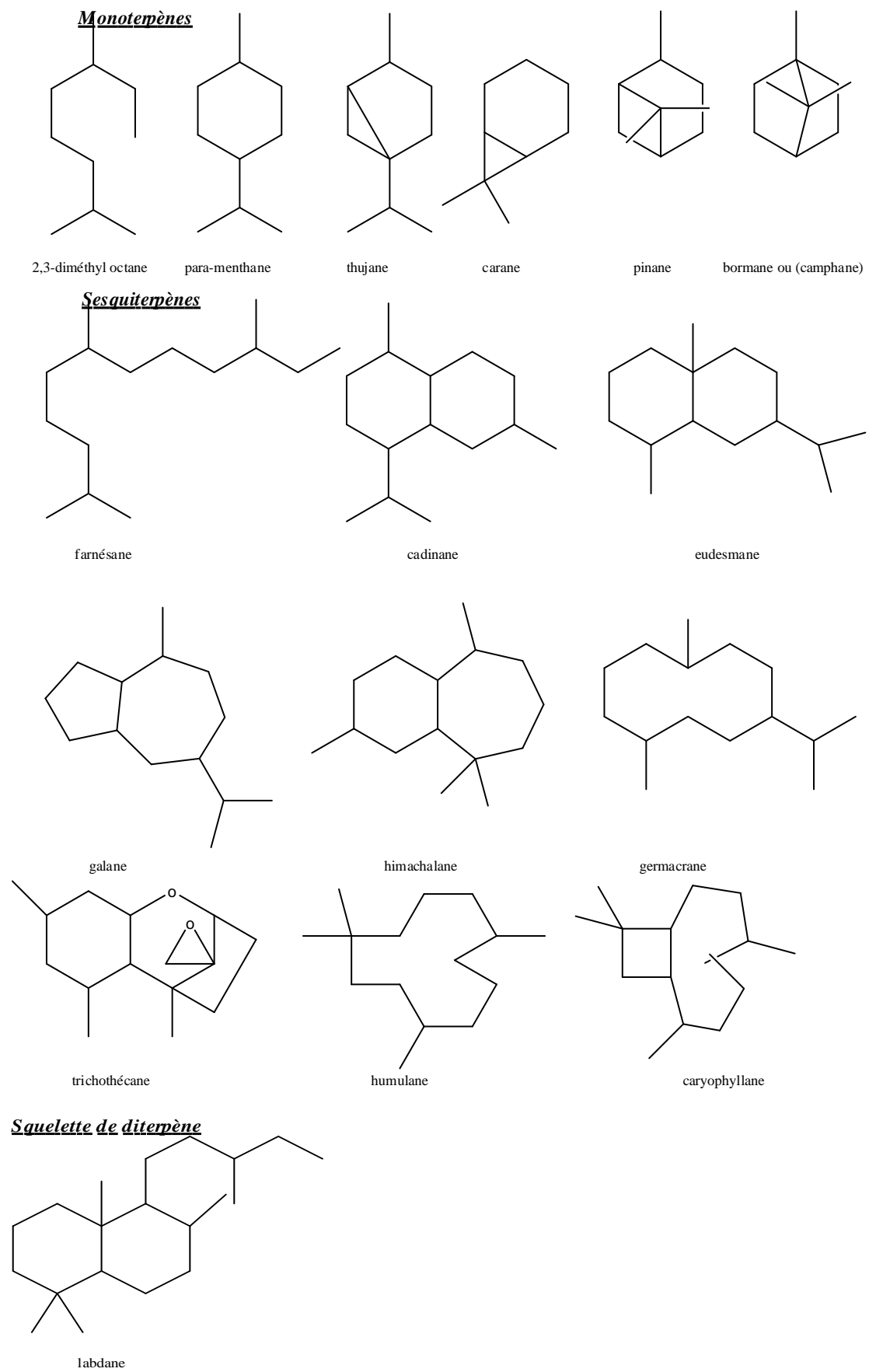


Figure 1 : Les squelettes principaux des terpènes

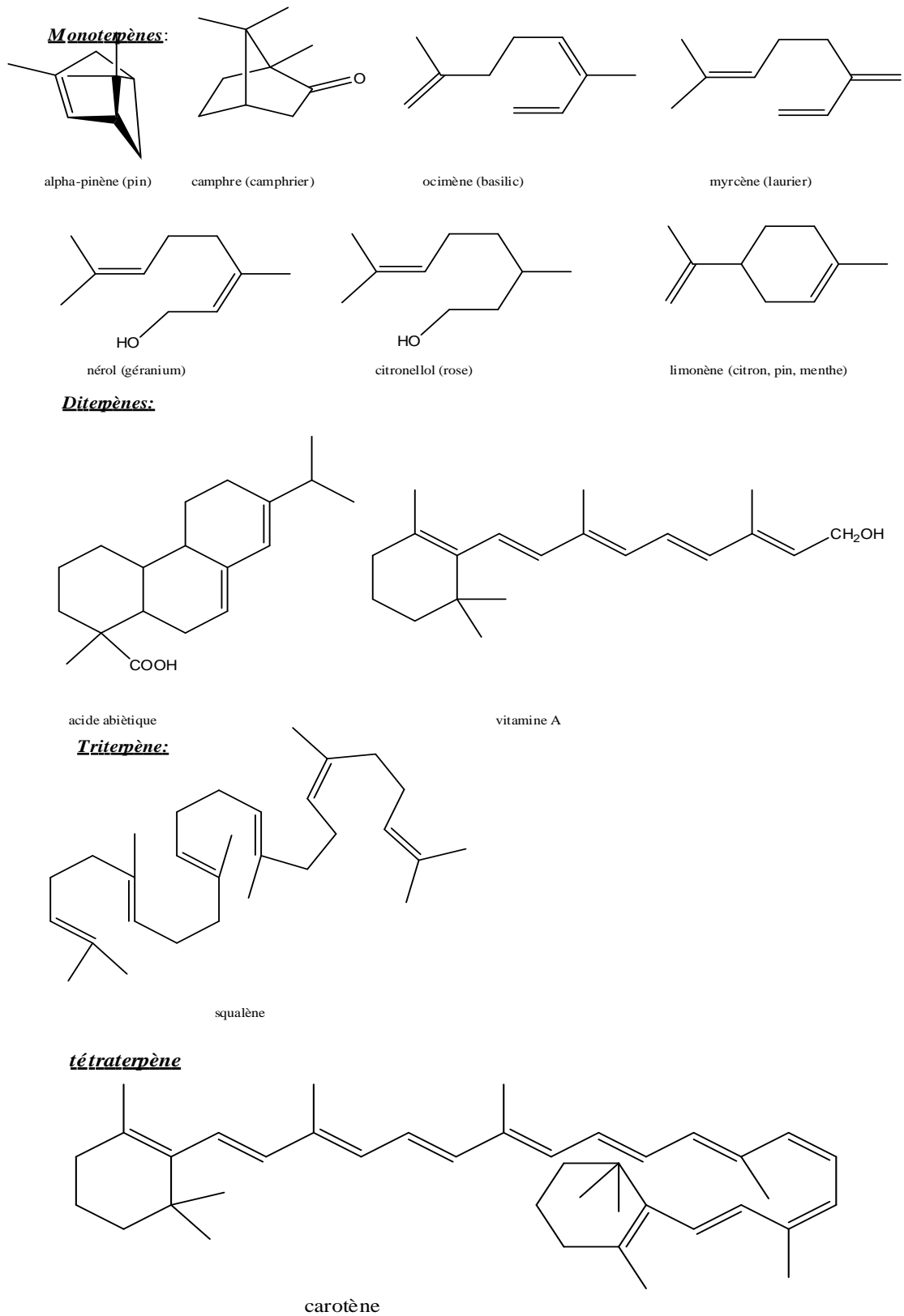


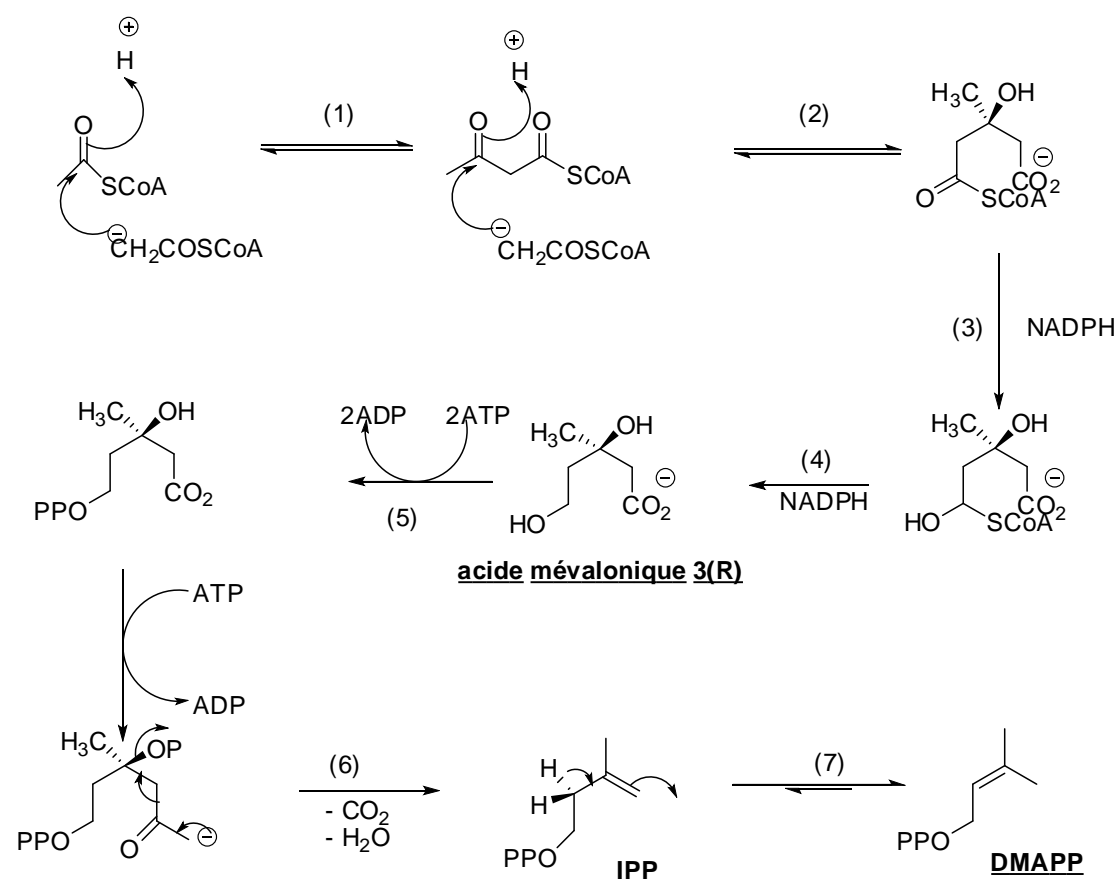
Figure 2 : Quelques exemples de terpènes et de leur source végétale

I-4 Biosynthèse des terpènes

La diversité des structures terpéniques naturelles rend délicate, sinon difficile, toute tentative de généralisation de leur biosynthèse. Aujourd'hui, il est admis que la voie de l'acide mévalonique conduit à la formation des terpènes. Cet acide est obtenu à partir du métabolisme des sucres après formation de l'acétyl coenzyme A.

I-4-1- Formation du motif isoprénique

De nombreux travaux [11-15] effectués sur la biosynthèse des isoprénoides ont permis de déduire un mécanisme biogénétique expliquant la formation de la plupart des isoprénoides. Ce mécanisme considère l'acide mévalonique ou le mévalonate comme précurseur universel des terpènes [15] (schéma 1)



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

Schéma 1 : formation du motif isoprénique

L'acide mévalonique est formé par condensations successives de 3 molécules d'acétyl-coenzyme A.

La réaction est catalysée par l'hydroxyméthylglutaryl-coenzyme A synthétase. L'hydroxyméthylglutaryl-coenzyme A réductase réduit spécifiquement le 3-hydroxy-3-méthylglutarylcoenzyme A (HMG-CoA) formé en 3R- mévalonique (MVA)

La conversion de l'acide mévalonique en structures hémiterpéniques débute par une double phosphorylation : l'acide mévalonique-5-phosphate formé subit ensuite une décarboxylation et une déshydratation pour donner l'isopenténylpyrophosphate (IPP).

Le pyrophosphate d'isopentényle est isomérisé par l'isopentényle diphosphate- δ -isomérase en diméthylallylpyrophosphate (DMAPP).

Le DMAPP étant très réactif est susceptible d'alkyler divers sites nucléophiles.

I-4-2- Condensation des motifs isopréniques

Le premier terme de la série est le DMAPP qui, par additions séquentielles de l'IPP, aboutit à la formation des précurseurs des différentes classes des terpènes.

Ces précurseurs sont des esters pyrophosphoriques d'alcools en $(C_5)_n$ formés par addition séquentielle d'une unité en C_5 , le pyrophosphate d'isopentényle (IPP), sur le pyrophosphate de phénylallyle.

L'addition du DMAPP sur la double liaison de l'IPP est catalysée par une GPP synthétase et conduit au pyrophosphate de géranyle (GPP), précurseur des monoterpènes.

La réaction implique l'ionisation du pyrophosphate d'allyle et le départ du groupe pyrophosphate qui permet l'attaque électrophile simultanée et stéréosélective du carbocation allylique formé sur la double liaison du pyrophosphate d'isopentényle

Le processus s'accompagne de l'élimination d'un proton H 2-pro-(R) de l'IPP, conduisant à la formation d'une double liaison *trans*, dans la biosynthèse du GPP. L'élimination d'un proton H 2-pro-(S) conduirait à la formation de l'isomère *cis*.

Cette réaction de prénylation peut se poursuivre par l'addition de l'IPP sur le GPP et conduire au pyrophosphate de farnésyle (FPP), précurseur des sesquiterpènes ; une condensation ultérieure de l'IPP sur le FPP conduira au pyrophosphate de géranylgeranyl (GGPP), précurseur des diterpènes et ainsi de suite pour former la série de pyrophosphates de prényls allyliques homologues (schéma 2) [16]. L'allongement de la chaîne est catalysé par des prényl-transférases.

- Pyrophosphate de géranyle (GPP), précurseur des monoterpènes
- Pyrophosphate de farnésyle (FPP), précurseur des sesquiterpènes
- Pyrophosphate de géranylgeranyl (GGPP), précurseur des diterpènes
- Pyrophosphate de géranylfarnésyle (GFP), précurseur des sesterpènes

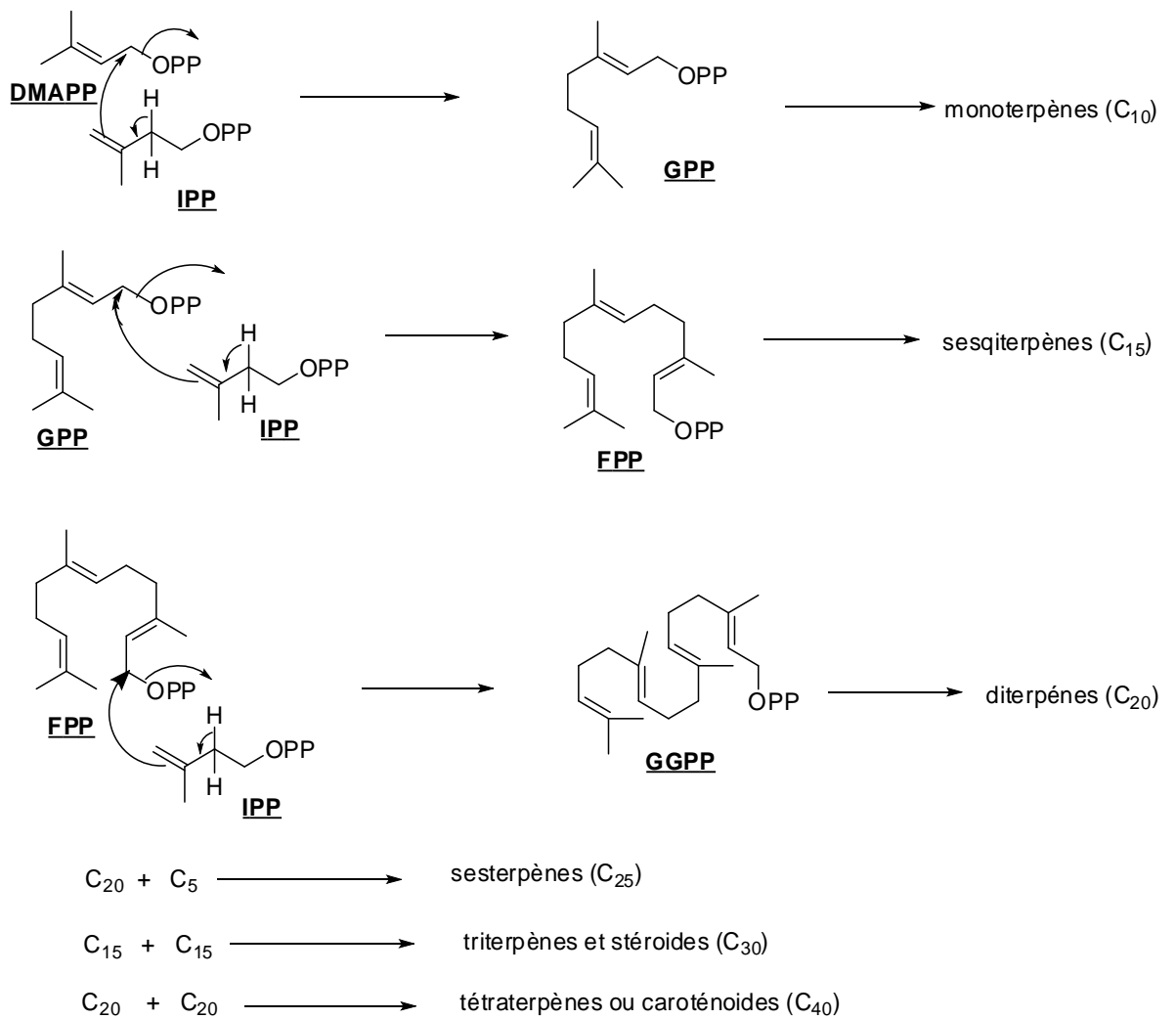


Schéma 2 : condensation des motifs isopréniques

I-4-3- Biosynthèse des monoterpènes acycliques

La formation de l'ensemble des monoterpènes acycliques (schéma 3) [16] peut être rationalisée à partir d'un unique carbocation le cation terpényle. Selon toute vraisemblance, ce cation dérive du GPP *via* une réaction concertée. Ainsi, les monoterpènes acycliques ont pour point de départ soit le cation dérivé du GPP, soit le cation dérivé du NPP ou, enfin, le cation dérivé du LPP.

Le cation évolue ensuite par cyclisation électrophile ; la suite de réactions se termine par l'élimination d'un proton ou par addition d'une molécule d'eau.

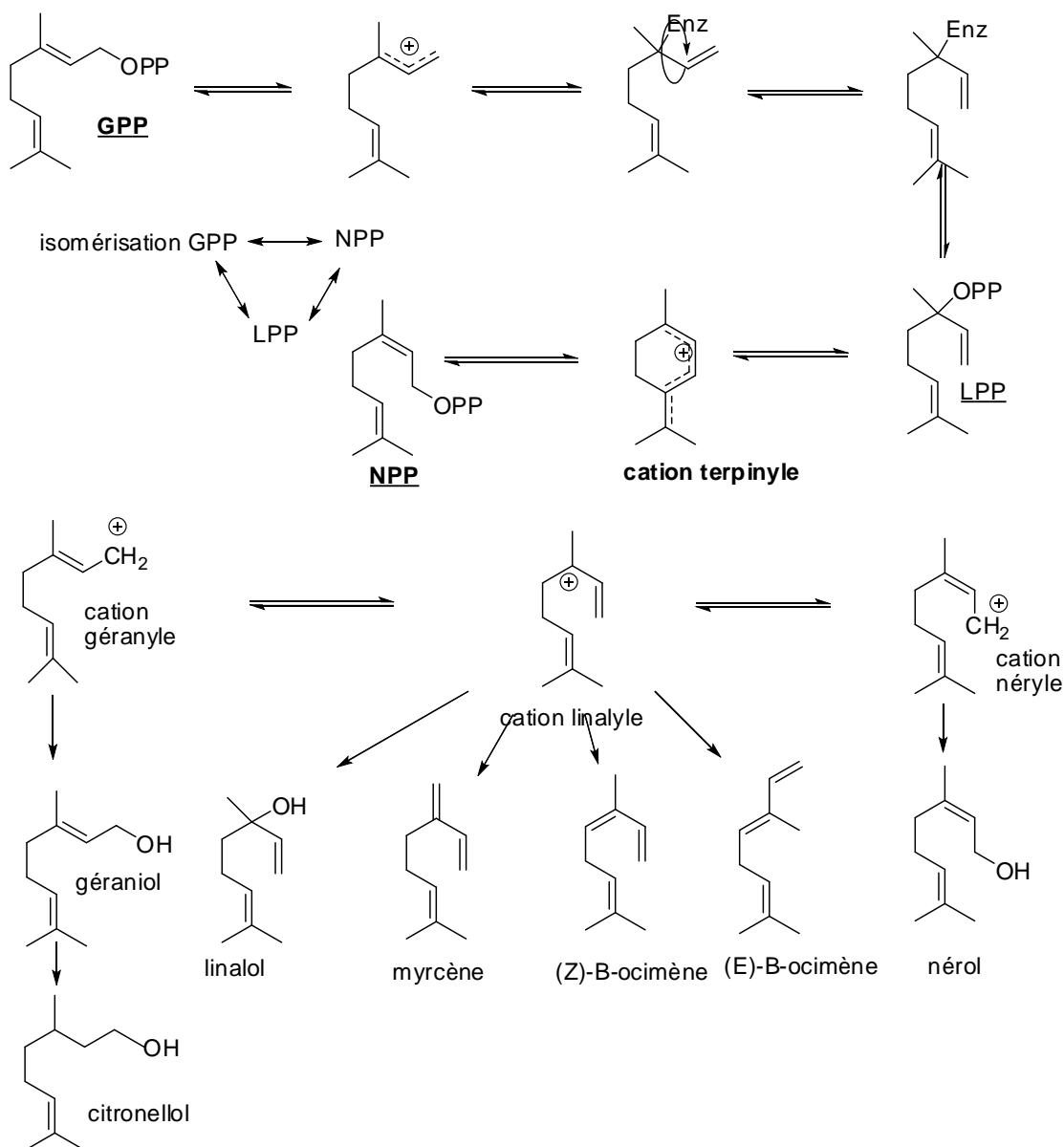


Schéma 3 : biosynthèse des principaux monoterpènes acycliques

I-5 Biosynthèse des dérivés du phénylpropane

Les composés aromatiques sont biogénétiquement issus d'une voie métabolique secondaire dite de l'acide shikimique (schéma 4) [16]. Cet intermédiaire se forme par une série de conversions biogénétiques, dont la première étape est une condensation aldolique stéréospécifique, entre le phosphoénolpyruvate et l'érythrose-4-phosphate pour former un composé en C₇, dont la cyclisation conduit à l'acide déhydroquinique.

Ce dernier se déshydrate pour donner l'acide déhydroshikimique qui, à son tour conduit à l'acide shikimique par une réaction de réduction.

A partir de cet important précurseur se forment, par des réactions, d'éliminations, de réarrangements intramoléculaires, etc..., les dérivés aromatiques ARC₁, ARC₂, et ARC₃. Outre les deux familles principales que forment les terpènes et les dérivés aromatiques, il existe d'autres constituants des huiles souvent en petites quantités.

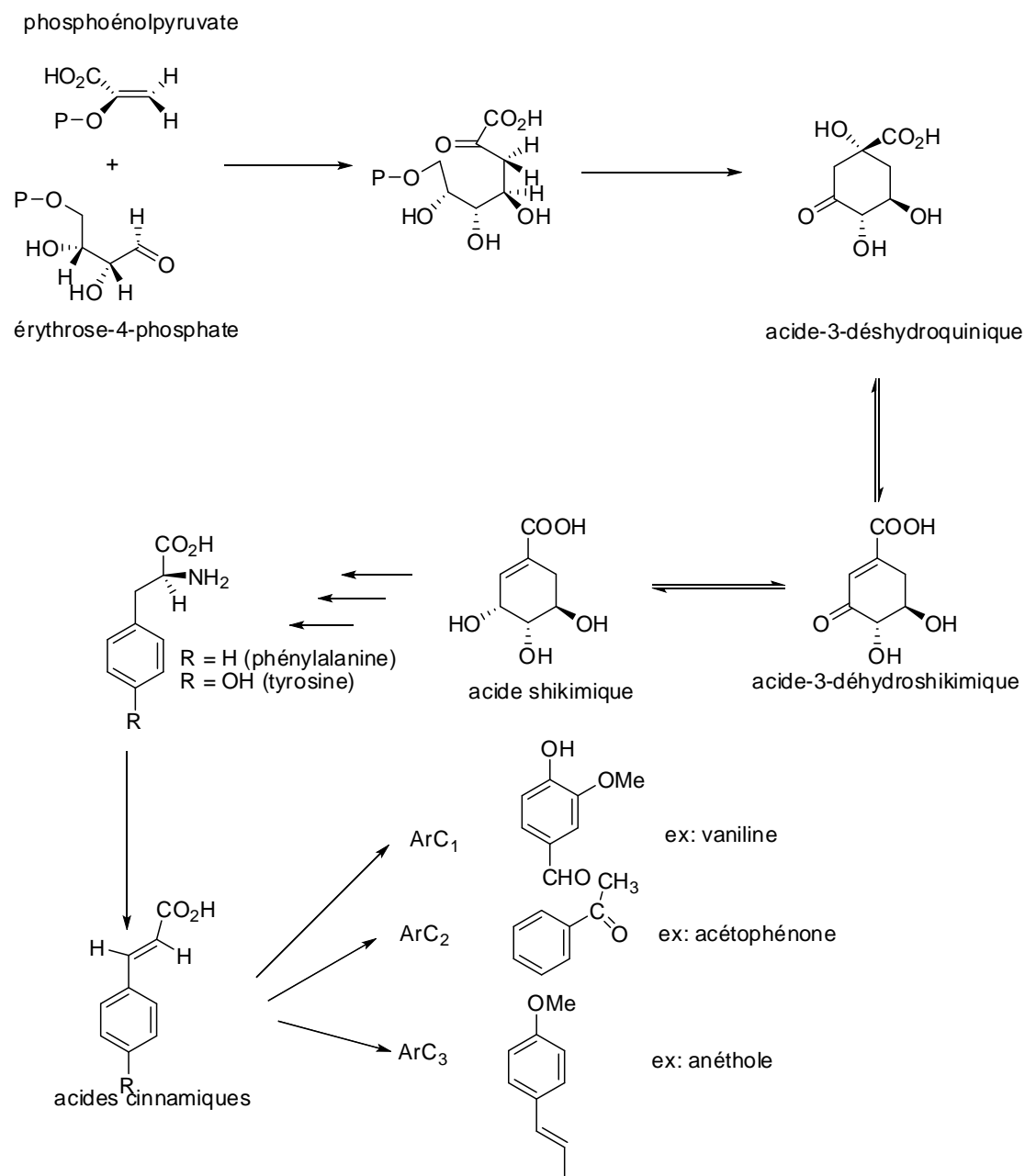
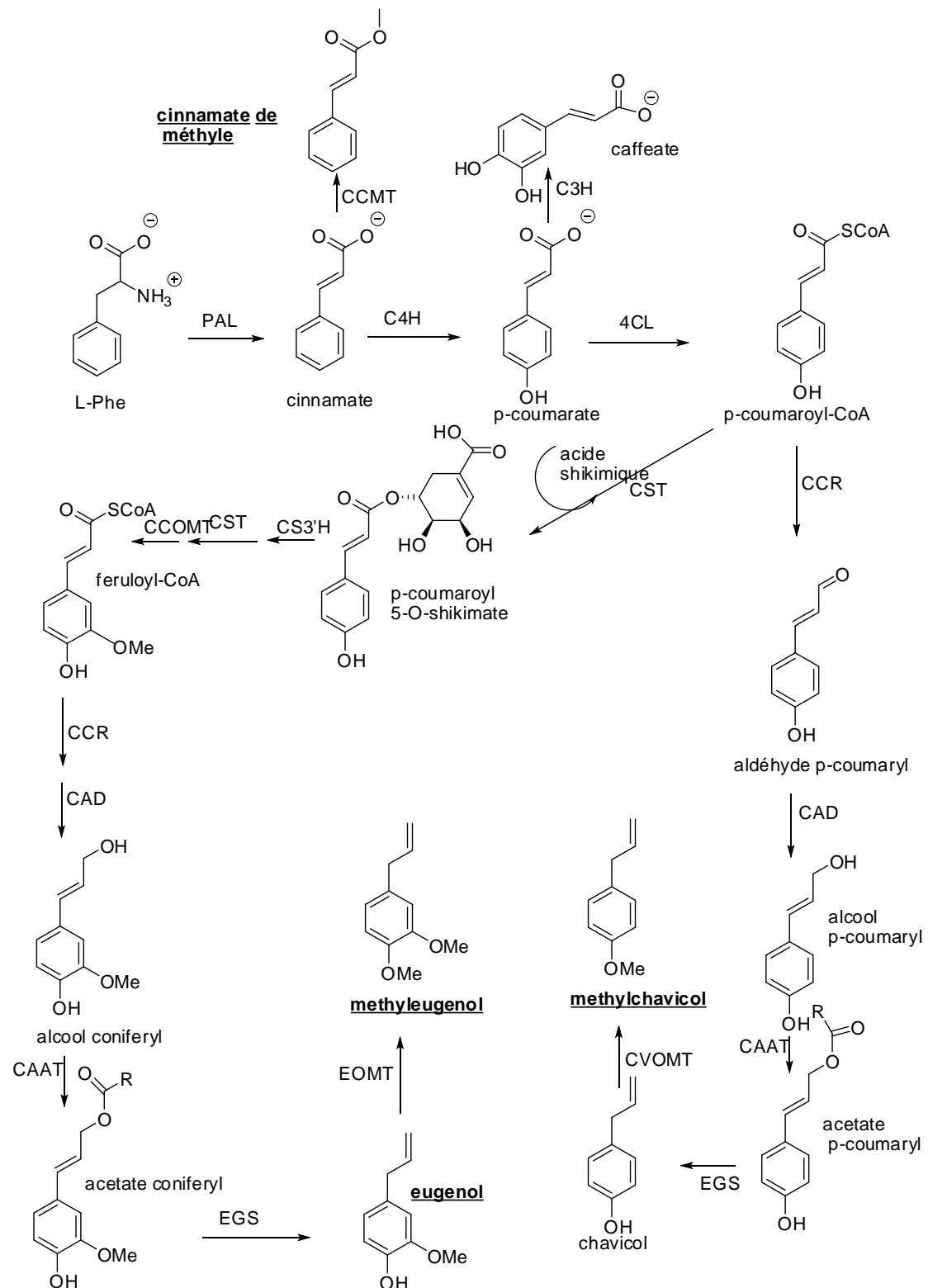


Schéma 4 : synthèse des dérivés du phénylpropane

I-6 Biosynthèse des dérivés du phénylpropane dans l'*Ocimum basilicum* L.

Nous allons développer la synthèse de l'eugénol, méthyl cinnamate, méthyleugenol et le méthyl chavicol, ces composés aromatiques étant les composés majoritaires de certaines huiles essentielles d'*Ocimum basilicum* L., (schéma 5) [17].



PAL : Phe ammonia lyase, CCMT : p-coumarate/cinnamate carboxyl methyltransferase, C4H : cinnamate 4-hydroxylase, 4CL : 4-coumarate :CoA ligase ; C3H : p-coumarate 3-hydroxylase, CST : p-coumaroyl shikimate transferase, CS3'H : p-coumaroyl 5-O-shikimate 3'-hydroxylase, CCOMT : caffeoyl-CoA O-methyltransferase, CCR : cinnamoyl-CoA reductase, CAD : cinnamyl alcohol dehydrogenase, CAAT : coniferyl alcohol acetyl transferase, EGS : eugenol (et chavicol) synthase, EOMT : eugenol O-methyltransferase, CVOMT : chavicol O-methyltransferase.

Schéma 5 : biosynthèse des principaux dérivés du phénylpropane dans l'*Ocimum basilicum* L.

II- GENERALITES SUR LES HUILES ESSENTIELLES

II-1- Définition et caractéristiques

II-1-1- Définition :

La Pharmacopée française (édition de 1965) donne une définition officielle des huiles essentielles :

« Produits de composition généralement assez complexe renfermant les principes volatils contenus dans les végétaux et plus ou moins modifiés au cours de la préparation. Pour extraire ces principes volatils, il existe divers procédés. Deux seulement sont utilisables pour la préparation des essences officinales : celui par distillation dans la vapeur d'eau de plantes à essences ou de certains de leurs organes, et celui par expression. »

Depuis la neuvième édition (1972), la pharmacopée n'utilise plus que le terme d'(huile essentielle). En octobre 1987, l'AFNOR (association Française de la Normalisation) propose une autre définition :

« Produit obtenu à partir d'une matière première végétale, soit par entraînement à la vapeur d'eau, 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. »

Cette définition paraît encore restrictive car elle exclut de nombreux procédés d'extraction très utilisés sur les marchés de la pharmacie, de l'industrie cosmétique et agroalimentaire. Une définition encore plus large a donc été donnée :

« Nom générique pour tous les produits lipophiles, volatils, préexistant dans une plante ou une drogue végétale. Une huile essentielle est constituée de nombreuses substances chimiques peu solubles dans l'eau. Dans la plante, celles-ci résultent pour la plupart du métabolisme des terpènes et de composés en C6C3 et sont localisées dans des organes où elles sont biosynthétisées (papilles, cellules et poils, poches, canaux). Les huiles essentielles sont obtenues par distillation à la vapeur, par hydrodistillation (entraînement à la vapeur d'eau) ou encore dans des cas particuliers, par pression mécanique (ex : agrumes) par dissolution dans des lipides (enfleurage pour des organes délicats tels que la fleur de Jasmin) et plus fréquemment maintenant dans des gaz supercritiques (dioxyde de carbone). L'extraction par dissolution dans des solvants fournit une fraction chargée de divers constituants liposolubles (cires, hydrocarbures...) ; après élimination du solvant ou du dioxyde de carbone, on obtient une (concrète) que l'on prive des constituants indésirables par refroidissement à la température du réfrigérateur (glaçage), suivi de décantation et de filtration. » [18].

Dans la pratique courante, le terme d'*essence* ou d'*huile essentielle* est parfois utilisé pour désigner des produits odorants issus de la dégradation enzymatique d'un substrat de la plante. Dans le cas des fruits, on parle d'*arômes* [19].

II-1-2- Propriétés physiques

Liquides à température ambiante, les huiles essentielles sont volatiles, ce qui les différencie des huiles fixes. Très rarement colorées, ce sont « des liquides d'odeur et de saveur généralement fortes » [20].

Elles sont peu miscibles à l'eau, voire non miscibles. En revanche, elles sont généralement assez solubles dans les solvants organiques.

II-1-3- Structure chimique des huiles essentielles

Ce sont des mélanges complexes et variables de constituants appartenant de façon quasi-exclusive à deux groupes caractérisés par des origines biogénétiques distinctes : le groupe des terpénoïdes d'une part et le groupe des composés aromatiques dérivés du phénylpropane [19]

II-1-3-1- Les terpénoïdes : dans le cas des huiles essentielles, les terpénoïdes les plus volatils sont les plus concernés. Porteurs de fonctions dont le degré d'oxydation est variable, ils donnent naissance à des milliers de substances différentes [20].

II-1-3-2- Composés aromatiques : dérivés du phénylpropane (C6-C3), ils sont beaucoup moins fréquents que les précédents. Un noyau aromatique est couplé à une chaîne de trois carbones [19].

II-1-3-3- Composés d'origines diverses : lors de la préparation des huiles essentielles, certains composés aliphatiques, de faible masse moléculaire, sont entraînés lors de l'hydrodistillation (carbures, acides, alcools, aldéhydes, esters) [19].

II-1-4- Répartition et fonction des huiles essentielles dans la plante

Les huiles essentielles n'existent quasiment que chez les végétaux supérieurs (exemple : famille des labiées odorantes renfermant presque toutes une huile essentielle). Elles peuvent être stockées dans tous les organes végétaux : les fleurs, les feuilles et moins souvent les écorces, les bois, les racines, les rhizomes, les fruits et les graines.

Si tous les organes d'une même espèce peuvent renfermer une huile essentielle, la composition de cette dernière peut varier selon sa localisation. De façon générale, les huiles essentielles sont présentes en très petite quantité : 1 à 2% de la matière sèche au maximum.

Différents facteurs font varier la composition des huiles essentielles :

- Des facteurs intrinsèques :
 - ✓ Les différentes parties de la plante. [21]
 - ✓ Le cycle de la plante (des poussées de biosynthèse engendrent une accumulation plus ou moins importante de certains constituants des chaînes métaboliques au cours des saisons, des mois, voire des journées [20])
- Des facteurs extrinsèques, dont les plus importants sont :
 - ✓ La nature du sol
 - ✓ La température
 - ✓ L'humidité

Ces facteurs expliquent les différences de composition en fonction du terrain dans lequel sont cultivées les plantes. [22]

La fonction de ces huiles essentielles dans la plante reste obscure. On pense qu'elles ont un rôle écologique. Leur rôle d'inhibiteur de la germination a été prouvé expérimentalement ainsi que leur rôle dans la protection contre les prédateurs et l'attraction des pollinisateurs [19]

Il semble donc que certaines huiles, dans la plante, fassent parties d'un système de protection non spécifique. Une agression peut alors engendrer la production plus importante de l'huile essentielle.

II-2- Critères de qualité

La sécurité d'emploi des produits contenant des huiles essentielles est en grande partie liée à la qualité des matières premières mises en œuvre et à la formulation du produit fini.

Pour garantir leur qualité, les huiles essentielles devront notamment être obtenues à partir de matières premières précisément identifiées, contrôlées selon des procédés définis, présenter des caractères physico-chimiques précis, être conservées de façon satisfaisante.

Les caractéristiques physiques, organoleptiques, chimiques et chromatographiques des huiles essentielles sont définies par des normes établies par l'AFNOR [23] (France), élaborées par une commission spécifique (T 75 A). La plupart de ces normes sont reprises sur le plan mondial pour devenir des normes ISO par le groupe ISO TC 54.

1. Matière première végétales

Les matières premières végétales utilisées pour produire des huiles essentielles sont en principe des plantes ou parties de plantes qui sont à divers états (forme sèche, flétrie, fraîche).

a) Dénomination botanique et identification

L'origine végétale du produit doit être définie avec précision par la dénomination scientifique botanique selon les règles linnéennes.

L'identité de la matière première initiale est indispensable pour assurer la traçabilité. Cette identité peut être assurée soit par des certificats ou des engagements du fournisseur.

Le nom international d'une plante, exprimé en latin, comprend le nom de genre, suivi du nom d'espèce, ainsi que de l'initiale ou de l'abréviation du botaniste qui, le premier, a décrit la plante en question. Eventuellement, il est complété par celui de la sous-espèce ou de la variété. La famille botanique est généralement précisée [24].

La précision de cette dénomination est importante et des différences au niveau de la composition chimique peuvent apparaître en fonction de l'origine botanique [25].

✓ **Au niveau du genre**

Comme le genre *Lavandula* et le genre *Mentha*.

✓ **Au niveau de l'espèce et des sous-espèces**

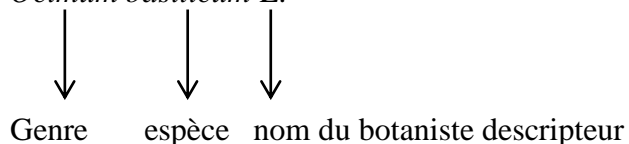
Deux espèces : lavande vraie (*Lavandula angustifolia* Mill.) et lavande aspic (*Lavandula latifolia* Medik) ou sous espèces : bergamote (*Cirus aurantium* L. ssp *bergamia* Engler) et orange amère (*Citrus aurantium* ssp *aurantium* L.), très voisines, appartenant au même genre, peuvent donner des huiles essentielles de composition chimique différente.

✓ **Au niveau de la variété**

Au sein d'une même espèce, il peut exister des variétés donnant des huiles essentielles de compositions différentes. L'espèce basilic (*Ocimum basilicum*. L) est morphologiquement très hétérogène et se subdivise en de nombreuses variétés difficiles à différencier.

Exemple de cette dénomination :

Famille des Lamiacées- *Ocimum basilicum* L.



En raison des confusions possibles dues à l'existence et l'usage courant de nombreux synonymes, il est nécessaire de se référer à la norme ISO 4720 [26] qui donne une liste de nomenclature botanique de plantes utilisées pour la production des huiles essentielles.

b)- *conditions de production de la plante*

Les matières premières végétales sont obtenues à partir de plantes de collecte ou de plantes cultivées, ces dernières pouvant être issues de semis ou de bouturage.

Les conditions de culture, de récolte, de séchage, de fragmentation, de stockage ont une action déterminante sur la qualité des végétaux. Les matières premières végétales sont, dans la mesure du possible, exemptes d'impuretés telles que la terre, la poussière, ainsi que les infections fongiques ou une contamination animale. Elles ne présentent pas de signe de pourriture ou d'endommagement.

L'état sauvage ou les conditions de culture, ainsi que les facteurs environnementaux jouent un rôle non négligeable, à la fois sur les aspects qualitatifs mais aussi quantitatifs des constituants élaborés par la plante.

Ainsi, faudra-t-il veiller à ce que le maximum de renseignements concernant l'origine géographique et les conditions environnementales d'obtention et de production (utilisation de pesticides par exemple) soient disponibles. D'autres paramètres comme le lieu exact de la culture, l'altitude, la nature et le degré de fertilisation du sol, le caractère sauvage ou cultivé de la plante, son stade de végétation sont à prendre en compte.

Les poussées de biosynthèse engendrent au cours du temps (saisons, mois, voire journée) une accumulation plus ou moins importante de certains métabolites. Des études scientifiques ont permis de définir le moment optimal de la récolte.

c)- Partie de la plante utilisée

Si tous les organes d'une même espèce peuvent renfermer une huile essentielle, la composition de cette dernière (qualitative et quantitative) peut varier selon sa localisation dans la plante.

La biosynthèse et l'accumulation des molécules aromatiques sont généralement associées à la présence de structures histologiques spécialisées (cellules à essence, poches sécrétrices, canaux sécréteurs...), souvent localisées sur ou à proximité de la surface de la plante [27].

d)- précision du chémotype

Pour une même espèce botanique, il peut exister plusieurs races chimiques ou chémotypes qui trouvent leur origine dans de légères différences des voies de biosynthèse, aboutissant à l'accumulation de métabolites secondaires différents. Il est donc indispensable de bien préciser le chémotype car il peut conditionner l'activité et/ou la toxicité.

2. Huiles essentielles

a)- Mode d'obtention de l'huile essentielle

Le choix de la technique dépend principalement de la matière première. Ce choix conditionne les caractéristiques de l'huile essentielle, en particulier : viscosité, couleur, solubilité, volatilité, enrichissement ou appauvrissement en certains constituants.

b)- Identification et analyses chromatographiques

Selon les référentiels classiques (Pharmacopée Européenne, ISO, AFNOR), l'évaluation de la qualité des huiles essentielles est réalisée par mesure d'un certain nombre d'indices et des analyses chromatographiques simples. Ces méthodes sont normalisées dans la Pharmacopée Européenne VII édition ainsi que dans les normes AFNOR (ISO 7359 et 7609) [28].

c)- Conditions de conservation et de stockage

La relative instabilité des molécules constitutives des huiles essentielles implique des précautions particulières pour leur conservation. Ces dégradations pouvant modifier les propriétés et mettre en cause l'innocuité de l'huile essentielle, il convient de les éviter par l'utilisation de flacons propres et secs en aluminium vernissé, en acier inoxydable ou en verre teinté anti-actinique, presque entièrement remplis et fermés de façon étanche (l'espace libre étant rempli d'azote ou d'un autre gaz inerte), stockage à l'abri de la chaleur et de la lumière.

Il existe des normes spécifiques sur l'emballage, le conditionnement et le stockage des huiles essentielles (norme AFNOR NF T 75-001, 1996) ainsi que sur le marquage des récipients contenant des huiles essentielles (norme NF 75-002, 1996).

II-3- Utilisation des huiles essentielles

II-3-1- Utilisation pharmacologique :

Leurs propriétés pharmacologiques leur confèrent une utilisation médicale. Les huiles essentielles ont :

- **Un pouvoir antiseptique** : contre des bactéries variées ainsi que des champignons et levures.
- **Des propriétés spasmolytiques et sédatives** : certaines drogues à huiles essentielles sont réputées efficaces pour diminuer les spasmes gastro-intestinaux. L'amélioration de certaines insomnies et de troubles psychosomatiques divers est également notée. [19]
- **Des propriétés irritantes** : de nombreuses crèmes, pommades à base d'huiles essentielles, sont destinées à soulager entorses, courbatures ou claquages musculaires en augmentant la microcirculation, induisent une sensation de chaleur et dans certains cas une légère anesthésie locale. [19]

Ces huiles essentielles constituent également le support de l'aromathérapie : traitement des maladies par essences de plantes. Signalons ici les différences entre

phytothérapie, homéopathie et aromathérapie. Souvent, ces trois disciplines sont confondues par le grand public car elles font toutes trois, appel à des produits naturels, et sont sources d'accidents pour cette raison.

La phytothérapie utilise des plantes médicinales en l'état, des préparations galéniques qui en résultent et des médicaments à base de plantes.

L'homéopathie trouve son origine dans l'utilisation des plantes fraîches servant à la préparation des teintures mères par macération dans l'alcool et constituant des souches homéopathiques. Des dilutions progressives de ces souches conduisent à la préparation du médicament homéopathique.

L'aromathérapie utilise les huiles essentielles provenant de plantes dites « aromatiques ». avec elles, nous sommes loin des extraits habituels de plantes. Elle peut être définie comme un traitement utilisant des odeurs, dont l'inhalation peut avoir des effets bénéfiques à travers leur action sur le système limbique dans le cerveau. [29].

II-3-2- En parfumerie

C'est le principal débouché des huiles essentielles. La cosmétologie et le secteur des produits d'hygiène sont aussi consommateurs, même si le coût élevé des produits naturels conduit à privilégier parfois les produits synthétiques [19]

II-3-3- Dans les industries agro-alimentaires

Certaines drogues sont utilisées en nature (épices et aromates), d'autres sous forme d'huiles essentielles ou de rétinoides dispersés, encapsulés ou complexés. On notes l'intégration de ces derniers dans : les boissons non alcooliques, les confiseries, les produits laitiers ou carnés, les soupes, les sauces, les snacks, les boulangeries, ainsi que la nutrition animale [19]

II-3-4- Dans diverses industries

Ce sont surtout des industries chimiques qui utilisent des isolats (substances pures isolées des huiles essentielles) comme matières premières pour la synthèse de principes actifs médicamenteux, de vitamines, de substances odorantes, etc... [19] citons ainsi l'utilisation des isolats linalol, D-limonène dans des shampoings et sprays insecticides pour les chats et les chiens [30] [31]

III- GENERALITES SUR L'*OCIMUM BASILICUM* L.

III-1- Historique

Le basilic est originaire d'Asie méridionale, d'Iran et du Moyen-Orient [32]. On considère deux branches migratoires : L'une vers la Géorgie, la Grèce, l'Italie, la Provence et le Maroc. L'autre vers l'Afrique orientale, les Comores et le Mozambique

où quelques basilic sont des spontanées envahissant les plantations de palmiers à huile [33].

III-2- Systématique

Le basilic est une plante annuelle de la famille des lamiacées (labiacées, labiées), cultivé comme plante aromatique et condimentaire.

- Nom scientifique : *Ocimum basilicum* L.
- Nom communs : basilic commun, basilic roman et herbe royale [34]

On l'appelle aussi H'baq et Rayhan [35]. La classification systématique du basilic est:

Règne : Plantae

Division : Magnoliophyta

Classe : Magnoliopsita

Ordre : Lamiales

Famille : labiacées

Genre : *Ocimum*

Espèce: *Ocimum basilicum* L. [36]

III-3- Caractères botaniques

Le basilic est une plante herbacée annuelle de 20 à 60 cm de hauteur. Ses tiges anguleuses et ramifiées portent des feuilles opposées de forme ovale à oblongue et de couleur généralement verte à l'aspect brillant, parfois pourpre violet chez certaines variétés. Les fleurs blanches ou rosées, formant des épis lâches au sommet de la tige, apparaissent de juin à septembre. Les graines fines, oblongues, elles sont de couleur noires. Ses racines sont pivotantes [32].

III-4- Variétés

Les principales variétés du basilic sont les suivantes [37]:

a) Basilic à petites feuilles (*Ocimum basilicum* L. *minimum*) : au goût citronné, courant sur les marchés européens, son parfum intense est parfait pour la cuisine (soupe au pistou, sauces).

- **Basilic fin vert ou nain compact:** petites feuilles minces, lisses de couleur verte vive, à odeur intense. Plante à allure ornementale qui se porte bien à la culture en pot. Port buissonnant. Protégerait les plants de tomates de certains insectes.
- **Basilic marseillais (*Ocimum basilicum L. marseillais*) :** variété traditionnelle Provençale. Très parfumé et typé. Lent à monter en graines.

b) Basilic à grandes feuilles : les feuilles peuvent atteindre jusqu'à 10 cm de longueur, à l'odeur de jasmin, de réglisse et de citron.

- **Grand vert (*Ocimum basilicum L. genovese*) :** de port buissonnant, ses feuilles vertes, ovales, et ses jeunes pousses très aromatiques sont largement utilisées comme plante condimentaire dans la cuisine méridionale.
- **Basilic à feuilles de laitue :** hauteur de 50 cm, compact aux très grandes feuilles vert tendre, larges et cloquées, très parfumées.

c) Basilic pourpre (*Ocimum basilicum purpurescens*): à feuilles pourpres et fleur rose pâle, aux feuilles souples et décoratives, au parfum doux et un peu poivré, s'utilise pour les salades.

d) Basilic thaï, ses feuilles évoquent à la fois la menthe et le clou de girofle, et s'utilisent avec les fruits de mer et dans les soupes exotiques.

e) Basilic sacré (*Ocimum sanctum*), est une espèce cultivée près des temples bouddhistes, notamment en Thaïlande.

f) Basilic cannelle :(*Ocimum basilicum L. cinnamon*) est originaire du Mexique. Son parfum rappelle la cannelle et le clou de girofle. Le feuillage est d'un vert olive avec des sommités fleuries brunes à pourpres

g) Basilic citron : (*Ocimum basilicum L. citriodora (citriodorum)*), 25 à 50 cm. Petites feuilles vertes pointues, fleurs blanches. La plante a un léger goût et l'odeur de la mélisse citronnelle

En Algérie deux variétés sont cultivées : le basilic grand vert et le basilic nain compact.

III-5- Exigences pédoclimatiques

III-5.1. Sol

Le basilic exige un sol riche, humide et bien drainé et ne doit pas être trop acide [38].

III-5.2. Climat

La culture du basilic nécessite un climat chaud et ensoleillé, méditerranéen ou tropical. Il peut aussi se cultiver en pays tempérés. Le basilic nécessite cinq heures d'ensoleillement quotidiennement. Le basilic craint le froid et ne résiste pas si la température atmosphérique descend en dessous de 10°C [37].

En climat tempéré, il faut le faire semer en serre à une température de l'ordre de 20°C. Le repiquage en pleine terre peut se faire lorsque le sol s'est suffisamment réchauffé, et que les gelées ne sont plus à craindre, soit vers la fin mai [33].

III-5.3. Eau

Le basilic est une espèce qui nécessite l'apport d'eau régulièrement [38].

III-6. Pratiques culturales

III-6.1. Mode de multiplication

Le basilic se multiplie par semis sur couches en mars. Il est cultivé ordinairement en pot comme plante de serre froide [34].

III-6.2. Préparation du sol

Au labour d'été, on défonce jusqu'à 35-45 cm en évitant un sous-sol creux. Reprendre en octobre avec apport de fumier et fumure minérale. En avril, on prépare la surface, bien ameublie [33].

III-6.3. Semis et plantation

Les graines du basilic sont semées à la fin du printemps ou au début de l'été dans un endroit chaud, ensoleillé et abrité, quand les gelées ne sont plus à craindre. Dans la plupart des régions, les graines doivent être semées au chaud au début du printemps. Les mettre dans des terrines remplies d'un terreau de semis, et les placer si possible sous mini-serre chauffée. On couvre les terrines de plastique transparent pour accélérer la germination. Lorsque les plantes atteignent 15 cm de hauteur, il est nécessaire d'éclaircir les semis en créant un espace de 30 cm entre chaque plante [38].

En Algérie, le semis est réalisé en mars et avril ou en octobre et novembre, dans ce dernier le repiquage se fait après 2 mois de semis, mais dans le semis de mars le repiquage est pratiqué après 6 à 7 semaines de semis.

Le semis est réalisé en pépinière dans un mélange de terre et de fumier décomposé. Pour produire 30 000 plants, il faut apporter 1,5 kg de semence du basilic [39].

III-6.4. Soins et entretien

III-6.4.1. Fertilisation

On apportera 200 U/ha d'azote fractionné en 3 apports, avec 100 U/ha de P₂O₅ et 200 U/ha de K₂O [32].

III-6.4.2. Désherbage

Le désherbage est réalisé avant le semis ou le repiquage [33].

III-6.4.3. Arrosage

L'arrosage est indispensable en pays méditerranéen, au semis, au repiquage et dès les premières chaleurs. Si la parcelle est peu ventée, on peut craindre un échaudage [38].

III-6.4.4. Taille :

Lorsque les plantes atteignent 15 cm de haut, il faut pincer chaque extrémité du plant pour le rendre plus vigoureux et obtenir une croissance plus dense [38].

III-6.5. Qualité du basilic

La culture du basilic a pour objectif de produire des feuilles de meilleure qualité. Les feuilles qui possèdent une couleur vert foncé, saines sans blessures ou traces, sans odeur de pourritures et sans les résidus des rongeurs et des insectes [39].

III-6.5. Récolte

Pour l'herbe culinaire en frais, la récolte se fait avant épanouissement des fleurs, on récolte de juillet à septembre (climats froids) et de mai à juillet (climats chauds); pour la première coupe, la barre est placée de 7 à 10 cm au-dessus du sol car la plante remonte sur les bourgeons de bas de tige.

Pour l'herboristerie, on sèche le matériel végétal le plus rapidement possible à une température de 30-35°C. Pour l'extraction d'huiles essentielles, la récolte doit se faire en pleine floraison [33].

III-6.6. Conservation

Les feuilles et les brins se conservent dans de l'huile ou du vinaigre. Les feuilles peuvent être séchées et conservées en bocaux. On peut garder un bouquet de basilic quelques jours au réfrigérateur, dans un verre d'eau. On peut aussi conserver le basilic en congélation pendant 6 mois [37].

III-6.7. Rendement

Le rendement du basilic est de 3 à 4 tonnes/ha de l'herbe frais dans une coupe c'est-à-dire un hectare produit de 9 à 16 tonnes/ans du basilic frais [39].

III-7. Importance

Les feuilles du basilic comportent une huile essentielle de couleur blanche à jaunâtre selon les variétés. Sa teneur varie de 0,4 à 0,6 % dans l'herbe totale, mais elle augmente dans les feuilles jusqu'à 0,8 % et les graines et les sommités fleuries peuvent contenir jusqu'à 2 à 3 % d'huile essentielle [39].

III-8- Utilisation

III-8.1- Utilisation culinaire

Le basilic est une herbe condimentaire [40]. Il est très utilisé, en particulier dans les cuisines italiennes, méditerranéennes et thaïlandaises. Les feuilles et les fleurs parfument et garnissent les salades. Les feuilles s'utilisent aussi en combinaison avec d'autres herbes aromatiques dans les plats à base de tomates, de légumes et de viande, ainsi que dans la sauce au pistou [38].

III-8.2- Utilisation médicinale

Les feuilles de basilic ont un intérêt thérapeutique, par leur huile essentielle riche en estragole ou en linalol, en fonction des chémotypes c'est un antispasmodique, bénéfique dans le traitement des spasmes digestifs [41].

On peut utiliser une feuille écrasée et la frotter sur la peau pour éloigner les moustiques [38].

III-8.3- Utilisation industrielle

La richesse du basilic en huile essentielle lui procure des vertus. Ces huiles sont utilisées en industrie, pour la fabrication des parfums et pour la fabrication des produits cosmétiques [39].

III-8.4- Au jardin

Le basilic est très apprécié par les jardiniers biologiques, qui le plantent près des tomates et des poivrons pour accélérer leur croissance [38].

III-9- Description de quelques travaux sur le basilic :

Vu les nombreuses applications du basilic ; aromathérapie, médecine, parfumerie...etc., plusieurs auteurs se sont intéressés à l'étude de cette plante.

Sur toutes les études faites, il a été prouvé que l'huile essentielle issue des feuilles et des sommités fleuries du basilic contient l'un de ces principes actifs : le linalool, le méthylchavicol, l'eugénol, le méthylcinnamate comme produits majoritaires. Tableau 1.

O. Baritoux et H. Richard ont étudié l'effet du séchage et stockage sur la qualité et quantité de l'huile essentielle du basilic [42].

Sekou Moussa et ses collaborateurs ont analysé l'huile essentielle de 3 espèces de basilic par CG et CG-SM, cultivé en Guinée. Ils ont trouvé que l'huile essentielle de l'*Ocimum basilicum* L., contient 69% de linalol et 10% d'eugénol. L'huile essentielle de l'*Ocimum gratissimum* L., contient 46% de thymol et 12% de p-cymène et enfin l'huile essentielle de l'*Ocimum suave* L., contient 59% de p-cymène et 10% de α -thujène [43].

Jirovetz et Buchbauer G, ont fait l'analyse, le chemotype et le contrôle de qualité de l'huile essentielle du basilic cultivé en Bulgarie. L'analyse s'est faite par CG-SM muni de colonnes polaire, apolaire et chirale. Les composés qui ont été identifiés sont : (-) R-linalol (71%), (Z,E)- α - farnésène (6.5%), 1.8-cinéol (5.6%), T-cadinol (2.8%), germacrène D (1.7%), citronellol (1.2%) et bornyl acétate (1.1%) [44].

Par contre Nawel Mohammed Farrag d'Egypte a analysé et a déterminé les propriétés physique des huiles essentielles de deux espèces de basilic : *Ocimum basilicum* L. et *Ocimum rubrum*. Les deux produits majoritaires de l'analyse de la première espèce sont le linalol avec 36.2% ; l'eugénol avec 29.1% [45].

Tableau 1 : la composition de l'huile essentielle du basilic accordée à son origine géographique

Origine géographique	Linalol (%)	Méthyle Chavicol (%)	Méthyle Eugénol (%)	Méthyle Cinnamate (%)	Eugénol (%)	références
-	45	3	-	-	9-20	[46, 44, 48]
-	16-36	0 ou 30	-	-	2-19	[47-50]
-	17-40	-	-	16-30	-	[50, 52, 53, 54]
-	1-20	60-90	-	-	-	[51, 55-61]
Algerie	5.5-50.5	0.1	0.2-28.4	3-37.2	2.2-33.5	[59] [62]
France	39.9	23.4	0.8	0.4	6.2	[63,64]
Portugal	38.2	16.4	-	4.7	5.1	[65]
Bulgarie	59.6	2.8	-	0.5	3.2	[66,67]
Finlande	10.6	66.4	0.6	2.5	0.1	[68]
Egypte	41.4	28.2	-	0.2	3.3	[63,69]
Niger	0.3	84.1	0.1	-	0.1	[70]
Les Iles Comores	0.9	86.3	1.4	0.1	0.5	[63, 66, 71]
madagascar	1.9	84.7	1.5	Tr	0.4	[59,66]
Cuba (Havana)	10	56.6	-	-	0.5	[72]
Inde	19	77.5	0.1	-	0.1	[56]

Chapitre II

Etude systématique de quelques constituants de l'huile
essentielle du basilic par chromatographie en phase
gazeuse

INTRODUCTION :

Pour être odorant, les terpènes et les dérivés du phénylpropane doivent posséder une tension de vapeur suffisante pour qu'un certain nombre de molécules atteigne la muqueuse olfactive. Bien que les huiles essentielles soient des mélanges très complexes, la séparation et l'identification des composés volatils des huiles essentielles de plantes et d'autres sources naturelles et synthétiques, repose largement sur la chromatographie en phase gazeuse. La CPG restera la technique la plus adaptée à la séparation des diverses fonctions présentes dans ces huiles.[28] [73]

Dans l'analyse des huiles essentielles, l'utilisation des données de rétention est souvent considérée comme un artifice analytique important dans l'identification des substances, surtout si la chromatographie est couplée à d'autres techniques instrumentales comme la spectrométrie de masse [74].

Ainsi, une étude portant sur plusieurs alcanes aliphatiques et cycliques a montré que sur une phase apolaire l'indice de rétention augmente linéairement avec la température [75].

Dans certain cas, la CPG peut être le seul moyen d'identification, dans ce cas, au moins deux colonnes de polarité différente doivent être utilisées.

Afin de bien connaître et de déterminer les meilleures conditions analytiques pour séparer les constituants d'une huile essentielle, nous avons choisi quelques composés les plus répandus dans la constitution de l'huile essentielle d'*Ocimum basilicum* L.. Nous les avons regroupés en 4 classes:

- Monoterpènes hydrocarbures
- Monoterpènes oxygénés et composés aromatiques (figure 3)
- Sesquiterpènes hydrocarbures
- Sesquiterpènes oxygénés (figure 4)

Nous avons analysés ces composés par chromatographie gazeuse en utilisant deux types de colonnes (l'une apolaire et l'autre polaire). Nous avons étudié la variation de l'indice de rétention de chaque terpène en fonction de la température.

I-ANALYSE DES COMPOSES TERPENIQUES ET AROMATIQUES SUR LA PHASE STATIONNAIRE HP-1 :

Conditions opératoires :

Les mono-sesquiterpènes et les composés aromatiques hydrocarbures et oxygénés ont été analysés par un appareil type Agilent 6890, équipé d'une colonne apolaire (HP-1), dimension de la colonne : 50 m * 0.2 mm, épaisseur du film : 0.33 µm.

La température de la colonne est incrémentée par intervalles de 10°C.

La température de l'injecteur est de 250°C, en mode split (1 :100)

La température du détecteur FID : 250°C.

Le volume injecté est 0.3 µl.

Le gaz vecteur est l'hélium.

Pour chaque température testée, on a injecté plusieurs fois successivement la série des n-alcanes (C₇-C₃₀), ainsi que les composés étudiés (hydrocarbures et oxygénés).

Nous avons calculé les indices de rétentions selon l'équation de Kovàts en mode isotherme. [76]

$$I(x) = 100 \times Z + 100 \times \frac{\log t'r(x) - \log t'r(z)}{\log t'r(z+1) - \log t'r(z)}$$

I(x) : l'indice de rétention du soluté (x) étudié

t'r(x) : temps de rétention corrigé du soluté (x)

t'r(z) : temps de rétention corrigé de l'alcane à z atomes de carbone qui précède le soluté (x)

t'r(z+1) : temps de rétention corrigé de l'alcane à z+1 atomes de carbone qui suit le soluté

t'r= tr-tm / tr : temps de rétention absolue ; tm : temps mort=0.3 min

Monoterpènes hydrocarbures

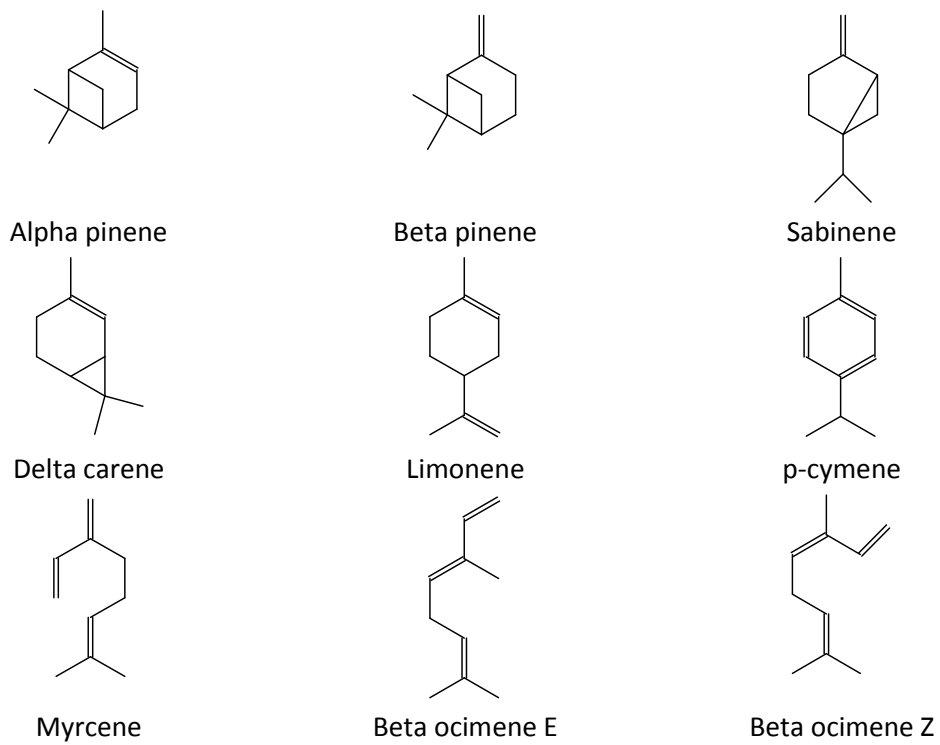


Figure 3 : Structures des monoterpènes et composés aromatiques étudiés

Monoterpènes oxygénés et composés aromatiques

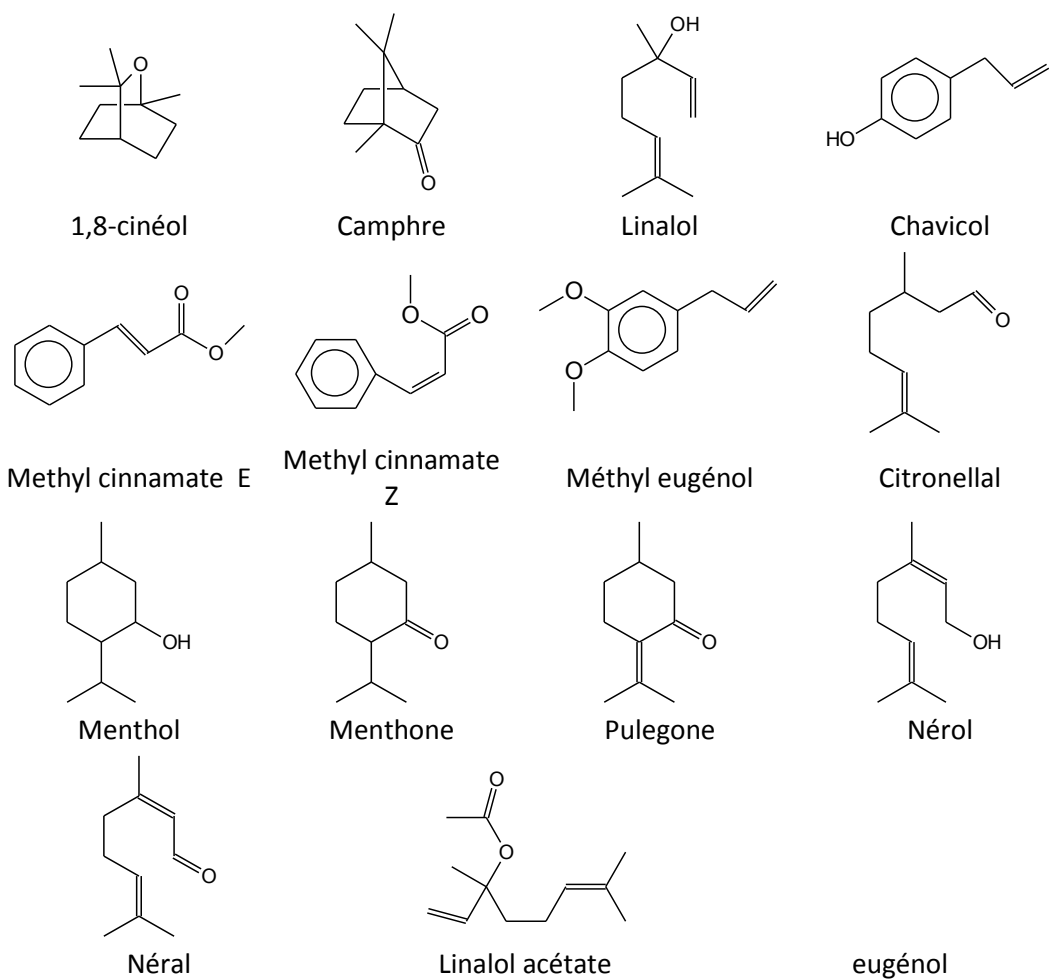
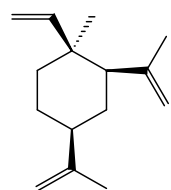
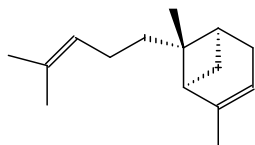


Figure 3 :_(suite)

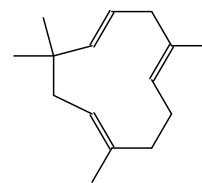
Sesquiterpènes hydrocarbures



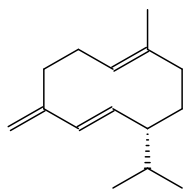
Beta elemene



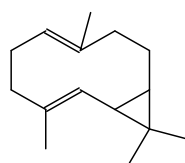
cis alpha bergamotene



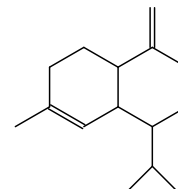
Alpha humulene



D germacrene

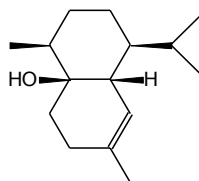


Bicyclogermacrene

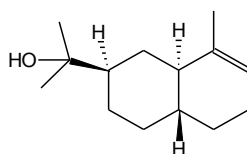


Gama cadinene

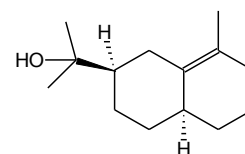
Sesquiterpènes oxygénés



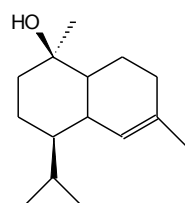
1,10-di-epi-Cubenol



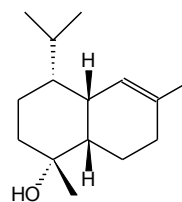
Alpha eudesmol



10-epi-gamma-Eudesmol



10-epi- α -cadinol



Alpha muurolol

Figure 04 : Structures des sesquiterpènes hydrocarbures et des sesquiterpènes oxygénés

I-1- Monoterpènes hydrocarbures :

Neuf hydrocarbures monoterpéniques ont fait l'objet de notre étude. Ils présentent une structure de base aliphatique, monocyclique et bicyclique. Leurs indices de rétention ont été déterminés entre 60 et 140°C. Les résultats sont regroupés dans le tableau 2. La variation de l'indice de Kovats en fonction de la température est représentée sur la figure 5.

On remarque d'abord, pour tous les composés des courbes croissantes approximativement linéaires. Cette linéarité est strictement observée entre 60°C et 100°C.

Nous remarquons que la séparation obtenue à basse température est meilleure, les indices étant alors les plus éloignés. Pour cette raison que lors d'une analyse d'une huile essentielle par CPG, le programme de température commence en général par un palier afin de donner le temps aux monoterpènes pour bien se séparer.

Nous remarquons également, que l'ordre d'élution n'est pas constant car, les courbes ayant des pentes différentes, elles peuvent se croiser. Cela se traduit par un inversement de pics sur le chromatogramme comme c'est illustré par la paire (β -pinène- myrcène) : le premier présente une courbe régulièrement croissante, alors que le second montre un indice à peu près constant. Au-delà de 110°C il y'a une inversion de l'ordre d'élution.

Nous avons remarqué aussi qu'il y'a une variation plus importante de l'indice lorsque la chaîne est fermée. Ainsi, les hydrocarbures aliphatiques présentent des courbes avec des pentes généralement faibles (myrcène, ocimène (Z), ocimène (E)). Ceci est mis en évidence par comparaison des incréments d'indices pour 10°C selon la formule:

$$\delta I/10 = (I_{140} - I_{60}) / 8 \quad [75] [73]$$

L'influence de la nature du squelette est nettement observée puisque l'indice augmente pratiquement dans l'ordre : bicyclique, monocyclique, acyclique.

Pour une même structure de base ; une conjugaison ayant une configuration (E) est plus retenue qu'une configuration (Z), comme le montre le couple (ocimène (Z)/ ocimène (E)). Aussi, une insaturation exocyclique implique une rétention plus forte que lorsqu'elle est endocyclique, comme c'est illustré par la paire (α -pinène/ β -pinène).

Tableau 2 : Indices de rétentions des monoterpènes hydrocarbures en fonction de la température de la colonne apolaire (HP-1)

N°	terpène	$\delta I/10$	60°C	70°C	80°C	90°C	100°C	110°C	120°C	130°C	140°C
01	α -pinène	3	941	944	946	948	951	957	959	962	965
02	sabinène	5.375	969	979	983	988	993	998	1003	1008	1012
03	β -pinène	3.625	974	977	980	982	986	996	997	1001	1003
04	myrcène	0.5	988	988	988	989	989	989	990	997	992
05	Carène (δ -2)	4.125	1001	1009	1013	1017	1019	1023	1029	1032	1034
06	P-cymène	3.375	1019	1028	1034	1037	1038	1040	1042	1045	1046
07	limonène	2.5	1029	1033	1035	1038	1041	1044	1046	1047	1049
08	(Z) β - ocimène	1.625	1030	1040	1040	1040	1039	1039	1042	1042	1043
09	(E) β - ocimène	1.125	1043	1049	1049	1048	1047	1048	1050	1050	1052

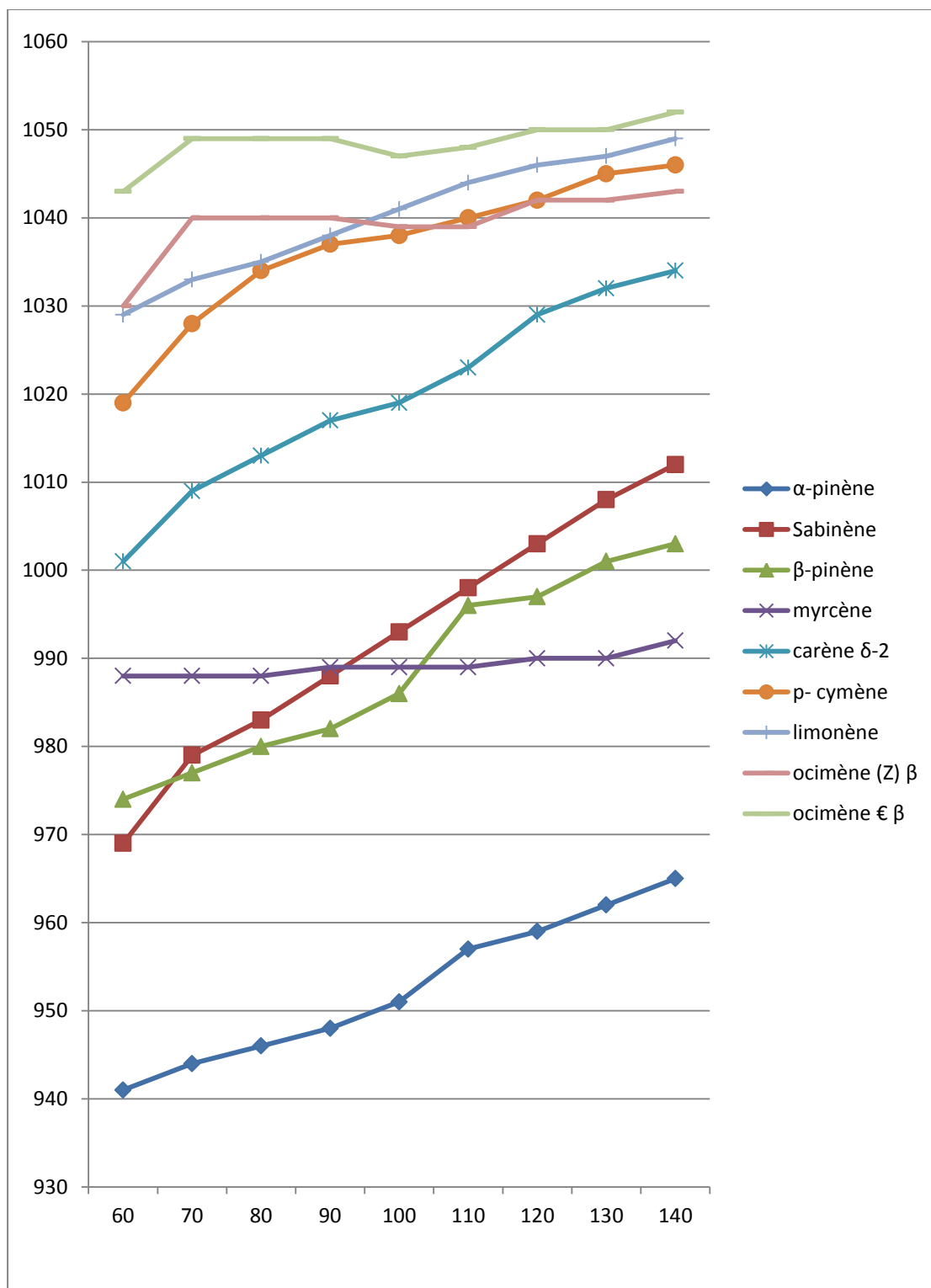


Figure 05 : indices de rétention des monoterpènes hydrocarbures sur une colonne apolaire

I-2- Monoterpènes oxygénés et composés aromatiques:

Nous avons choisi 15 monoterpènes oxygénés et composés aromatiques parmi les plus répandus dans la constitution des huiles essentielles du basilic. Ceux-ci présentent différents types de squelettes hydrocarbonnés ainsi que des fonctions chimiques diverses (alcool, cétone, aldéhyde, ester). Leurs indices de Kovats ont été mesurés entre 80°C et 170°C et sont reportés sur le tableau 3. La variation des indices de rétention en fonction de la température est illustrée dans la figure 6, où on remarque une linéarité croissante dans le domaine étudié.

Mis à part un seul cas où l'indice de rétention est constant (linalool acétate), tous les produits présentent une rétention relative croissante avec la température. Comme cela a été déjà rapporté pour les hydrocarbures, les droites obtenues ont des pentes différentes, ce qui implique que pour un couple donné, la séparation est plus ou moins bonne selon la température.

D'autre part, l'ordre d'élution peut changer selon les conditions de travail, ce qui nécessite une certaine prudence si on fait une identification sur la base des données de rétention, surtout en programmation de température, comme c'est le cas le plus souvent. Ainsi, le camphre est élué avant le citronellal au-dessous de 120°C, mais au-delà c'est le citronellal qui est élué en premier. De même pour le couple (linalool acétate/ méthyl chavicol), alors qu'avant 140°C c'est le méthyl chavicol qui sort en premier, cet ordre s'inverse au-delà de cette température.

La comparaison d'incrément d'indices $\delta I / 10$ en fonction de la température montre une corrélation remarquable avec le type de squelette, la nature du groupement fonctionnel exerçant une influence secondaire. C'est ainsi que l'effet de la température est plus sensible pour les produits bicycliques que pour les monocycliques et les aliphatiques.

Pour une même structure de base, les composés carbonylés présentent une plus grande dépendance de la température que les alcools correspondants (néral/nérol, menthone/menthol).

L'influence de la stéréochimie se reflète dans le couple (méthyle cinnamate (E)/méthyle cinnamate (Z)). Ces isomères géométriques laissent apparaître ainsi une nette différence d'indice qui reste d'ailleurs constante dans tout le domaine de température.

La conjugaison d'un carbonyle avec une double liaison éthylénique entraîne toujours une rétention plus forte aussi bien avec les cétones qu'avec les aldéhydes (menthone/pulégone, citronellal/néral).

Tableau 3 : Indices de rétention des monoterpènes oxygénés et composés aromatiques en fonction de la température de la colonne apolaire (HP-1)

N°	terpène	$\delta I/10$	80°C	90°C	100°C	110°C	120°C	130°C	140°C	150°C	160°C	170°C
01	(1,8) cinéol	3	1026	1029	1032	1035	1038	1041	1045	1047	1050	1053
02	Linalool	1.22	1094	1095	1097	1098	1100	1101	1102	1102	1103	1105
03	Camphre	4.33	1130	1135	1139	1145	1148	1154	1157	1160	1165	1169
04	Citronellal	0.33	1146	1147	1147	1147	1148	1148	1147	1148	1148	1149
05	Menthone	2.55	1145	1149	1151	1153	1155	1158	1161	1163	1165	1168
06	Menthol	2.55	1162	1165	1167	1170	1172	1175	1177	1181	1183	1185
07	Nérol	0.77	1225	1226	1227	1228	1228	1227	1228	1229	1231	1232
08	Pulégone	2	1229	1231	1233	1235	1237	1239	1242	1244	1245	1247
09	Néral	1.33	1230	1230	1232	1233	1235	1237	1238	1240	1241	1242
10	Methyl chavicol	2.77	1237	1239	1242	1245	1248	1251	1257	1259	1260	1262
11	Linalool acétate	0.11	1254	1257	1254	1255	1255	1255	1254	1254	1255	1255
12	Methyl cinnamate (Z)	2.44	1290	1293	1297	1299	1302	1304	1305	1307	1310	1312
13	eugénol	2	1340	1341	1342	1345	1348	1350	1353	1355	1356	1358
14	Methyl cinnamate (E)	3	1362	1365	1368	1370	1373	1375	1378	1382	1384	1389
15	Methyl eugénol	2.11	1384	1385	1386	1388	1390	1393	1396	1399	1401	1403

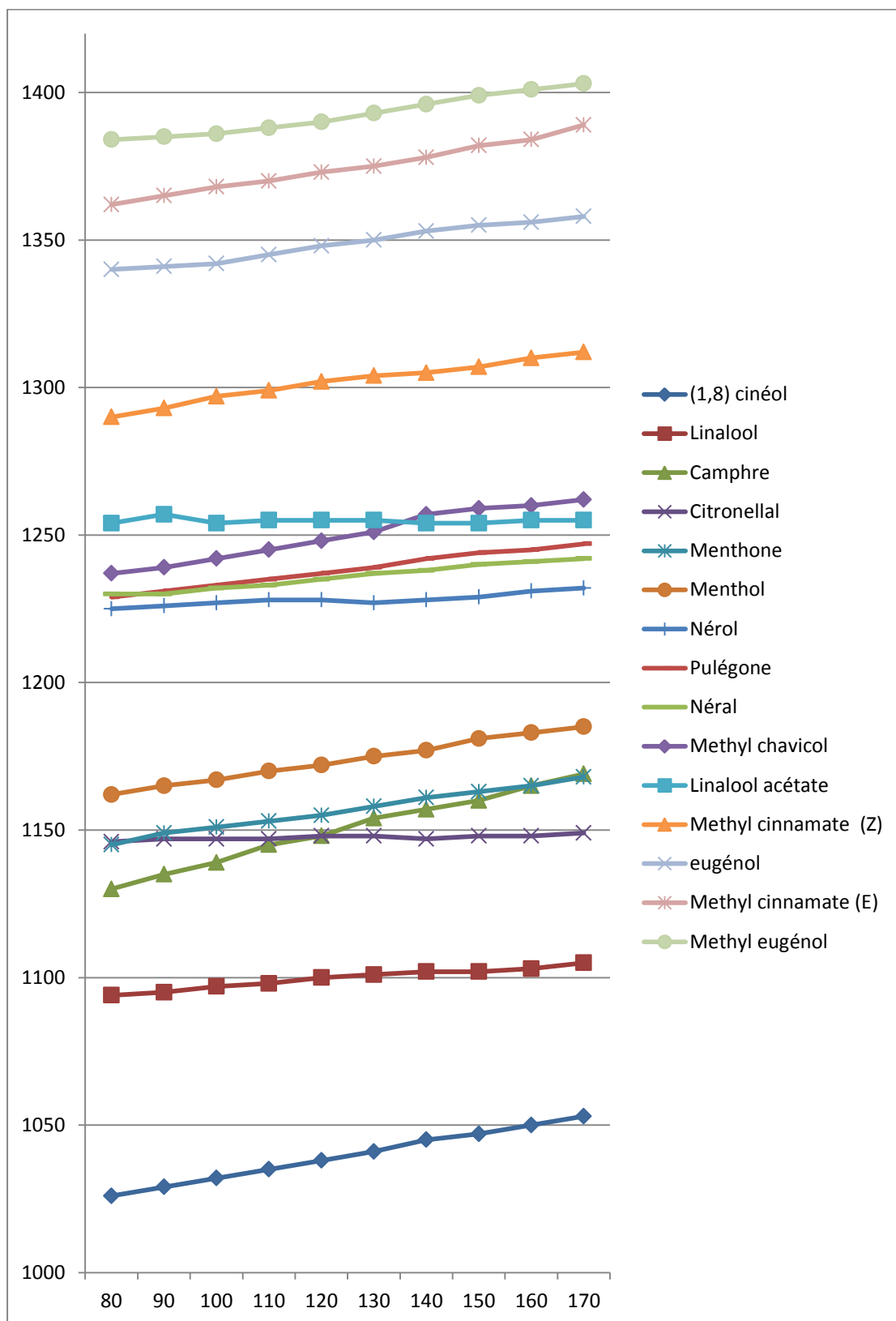


Figure 06 : indices de rétention des monoterpènes oxygénés et composés aromatiques sur une colonne apolaire

I-3- Sesquiterpènes hydrocarbures :

6 hydrocarbures sesquiterpéniques ont fait l'objet de cette étude. Ils présentent une structure de base mono et bicyclique. Leurs indices de rétention ont été déterminés entre 120° et 210°C. Les résultats sont regroupés dans le tableau 4 et la variation de l'indice de Kovats en fonction de la température est représentée sur la figure 7.

On remarque d'abord, des courbes croissantes approximativement linéaires.

La séparation obtenue entre 150° et 180° est meilleure, les indices étant alors les plus éloignés.

Nous remarquons aussi qu'il y'a une variation plus importante de l'indice dans l'ordre bicyclique, monocyclique. La comparaison des incréments d'indices $\delta I/10$ en fonction de la température montre une corrélation avec le type de squelette, c'est ainsi que l'effet de la température est plus sensible pour les produits bicycliques que pour les monocycliques.

I-4- Sesquiterpènes oxygénés :

Nous avons étudié 5 sesquiterpènes oxygénés les plus répondeurs dans la constitution des essences de basilic. Ceux-ci présentent un squelette bicyclique avec une fonction alcool.

Leurs indices de rétention ont été mesurés entre 160° et 250°C. Les résultats sont regroupés dans le tableau 5 et la variation de l'indice de rétention en fonction de la température est représentée sur la figure 8 où on observe une linéarité croissante.

Tous les produits présentent une rétention relativement croissante avec la température, aussi les droites obtenues ont des pentes différentes, ce qui implique que pour un couple donné, la séparation est plus ou moins bonne selon la température.

Tableau 04 : Indices de rétention des sesquiterpènes hydrocarbure en fonction de la température de la colonne apolaire (HP-1)

N°	terpène	$\delta I/10$	120°C	130°C	140°C	150°C	160°C	170°C	180°C	190°C	200°C	210°C
01	β - elemène	1.77	1382	1386	1389	1389	1390	1392	1393	1395	1397	1399
02	α - cis-bergamotène	4.55	1398	1402	1406	1411	1417	1420	1425	1429	1434	1439
03	α - humulène	2	1444	1447	1449	1450	1452	1455	1457	1459	1460	1462
04	D-germacrène	2.22	1474	1477	1480	1482	1483	1484	1486	1489	1490	1494
05	Bicyclogermacrène	4.33	1476	1480	1483	1489	1492	1496	1500	1504	1509	1515
06	γ - cadinène	4.44	1480	1483	1487	1492	1498	1503	1508	1513	1416	1520

Tableau 5 : Indices de rétention des sesquiterpènes oxygénés en fonction de la température de la colonne apolaire (HP-1)

N°	terpène	$\delta I/10$	160°C	170°C	180°C	190°C	200°C	210°C	220°C	230°C	240°C	250°C
01	Cubenol (1,10- di - epi)	3.55	1615	1618	1621	1625	1628	1632	1636	1640	1643	1647
02	Eudesmol (10- epi- γ)	4.33	1617	1622	1626	1630	1634	1639	1644	1648	1652	1656
03	Cadinol (epi- α)	3	1636	1638	1640	1642	1644	1648	1652	1655	1658	1663
04	α -Muurolol	4.44	1640	1644	1647	1652	1657	1662	1666	1671	1675	1680
05	α - eudesmol	4.55	1650	1652	1656	1661	1666	1672	1677	1682	1686	1691

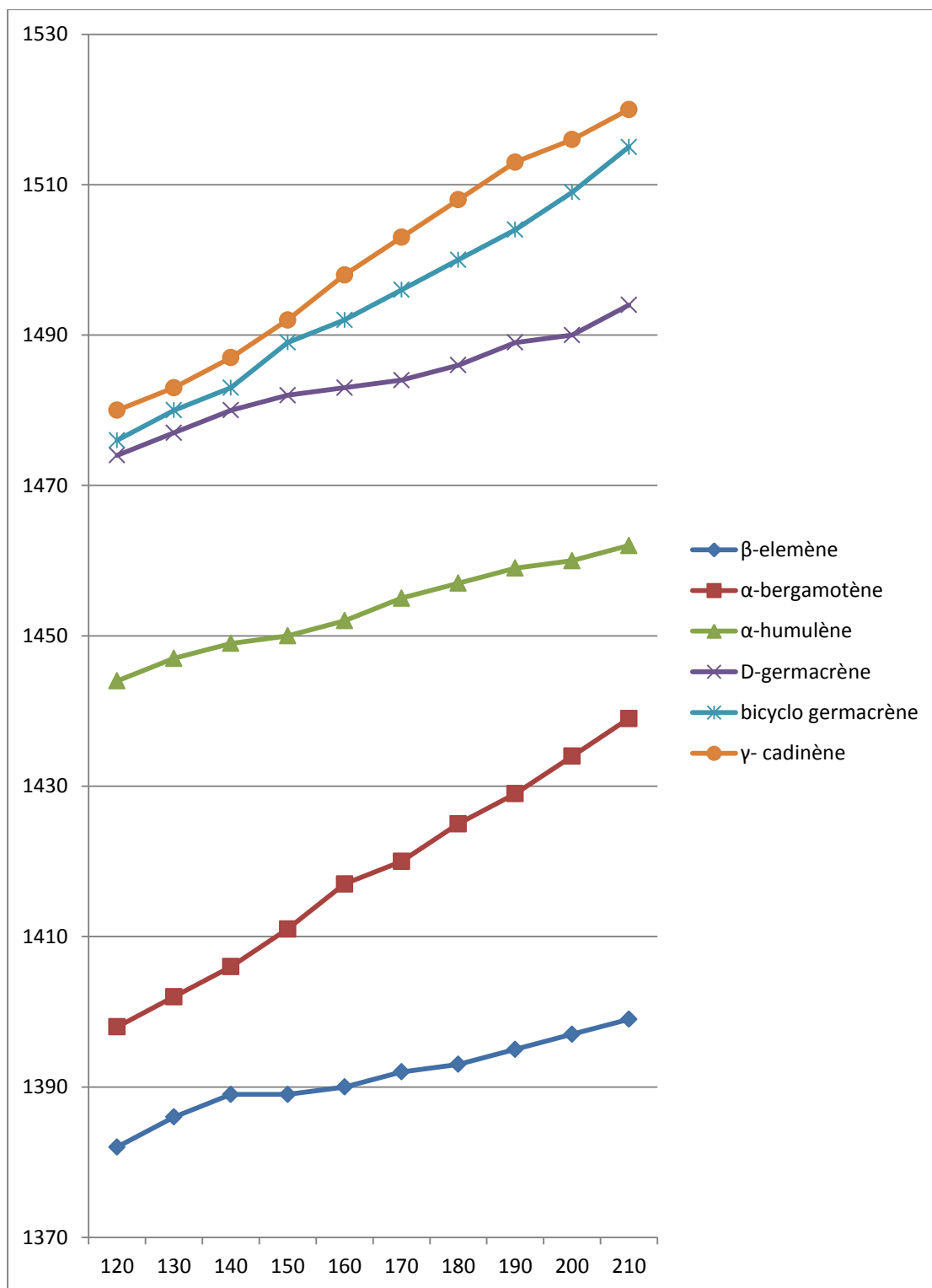


Figure 07 : indices de rétention des sesquiterpènes hydrocarbures sur une colonne apolaire

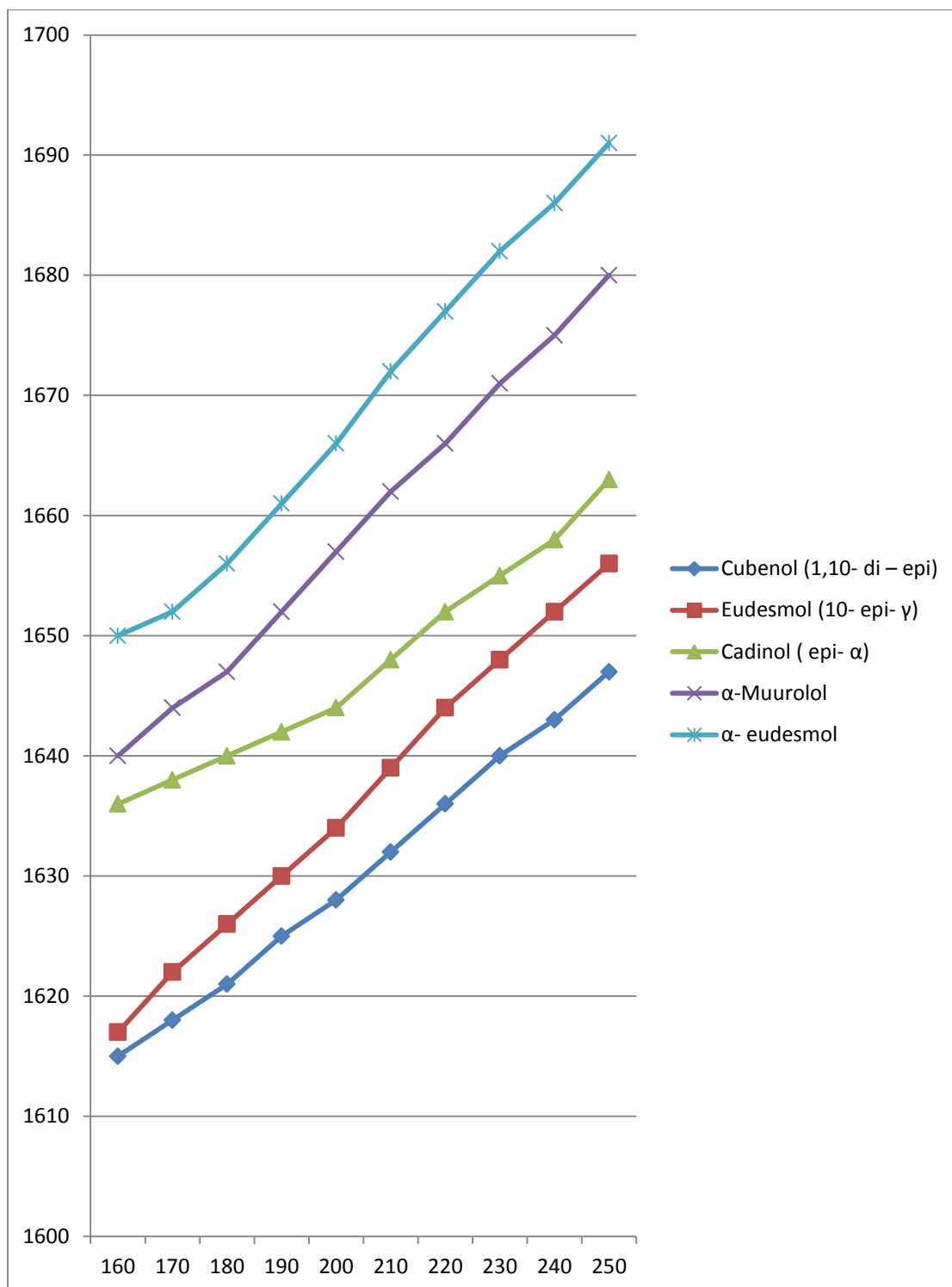


Figure 08 : indices de rétention des sesquiterpènes oxygénés sur une colonne apolaire

II- ANALYSES DE COMPOSES TERPENIQUES ET AROMATIQUES SUR LA PHASE STATIONNAIRE POLAIRE :

Conditions opératoires :

Une étude similaire que la précédente a été effectuée sur une colonne polaire CW20M de longueur de 50 m avec une épaisseur du film de 0.25 μm . Les mêmes séries de molécules ont été injectés.

II-1- Monoterpènes hydrocarbures :

Le tableau 06 regroupe les indices de rétention déterminés entre 60°C et 140°C, alors que la figure 9 reproduit pour chaque produit la courbe $I = f(T)$ correspondante. Comme dans l'analyse sur colonne apolaire, les courbes sont croissantes et représentent une certaine linéarité.

La première remarque que nous avons pu tirer de cette étude, que l'ordre d'élution des terpènes est complètement différent par rapport à la colonne apolaire. Cela est expliqué par la polarité de la phase qui a plus d'affinité avec les produits d'une certaine polarité.

Nous avons pu constater également que la séparation est meilleure que celle obtenue par l'analyse sur colonne apolaire, puisque les indices de Kovàts sont plus élevés.

Des inversions de pics sont remarqués dans la paire (β - pinène /sabinène), au-delà de 110°C, ce qui nécessite plus d'intention lors de l'utilisation du mode programmation de température dans l'analyse des huiles essentielles.

Les incréments d'indice calculés sont nettement plus élevés et plus dépendants de la température que dans l'analyse sur colonne apolaire.

Pour les monoterpènes hydrocarbures la séparation est meilleure à basse température.

Tableau 6 : Indices de rétentions des monoterpènes hydrocarbures en fonction de la température de la colonne polaire (CW20M)

N°	terpène	$\delta I/10$	60°C	70°C	80°C	90°C	100°C	110°C	120°C	130°C	140°C
01	α -pinène	4	1032	1036	1040	1043	1047	1050	1055	1060	1064
02	β -pinène	5.5	1113	1120	1125	1131	1137	1143	1148	1152	1157
03	sabinène	3.38	1127	1130	1135	1138	1141	1144	1149	1152	1154
04	Carène (δ -2)	4.38	1137	1141	1145	1150	1155	1159	1164	1168	1172
05	myrcène	2	1163	1166	1168	1170	1172	1174	1177	1178	1179
06	limonène	3.88	1182	1187	1191	1185	1199	1203	1207	1210	1213
07	(Z) β -ocimène	0.63	1237	1238	1238	1239	1239	1240	1241	1242	1242
08	(E) β -ocimène	0.63	1255	1257	1258	1259	1259	1261	1261	1262	1263
09	P-cymène	3.38	1268	1275	1279	1282	1285	1288	1290	1293	1295

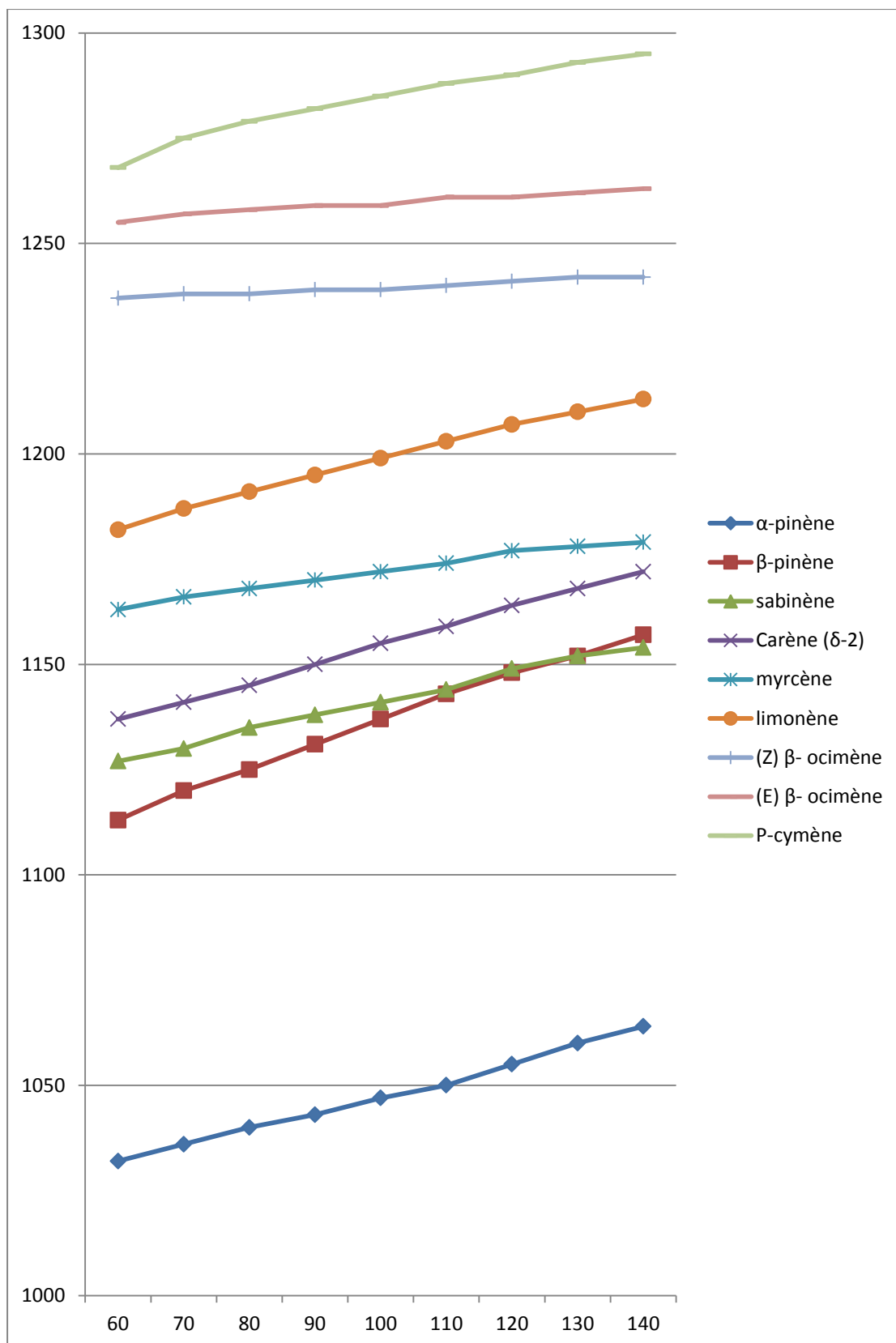


Figure 09 : Indices de rétention des monoterpènes hydrocarbures sur une colonne polaire

II-2- Monoterpènes oxygénés et composés aromatiques:

Les indices de rétention des 15 composés étudiés sont regroupés dans le tableau 7. La variation de l'indice avec la température est portée sur la figure 10. Par suite de la polarité de la phase, on note que la rétention est plus forte qu'avec la colonne apolaire, ce qui explique la meilleure séparation observée.

Nous avons pu constater également que l'ordre d'élution des produits est nettement modifié. Dans ce cas, l'effet de la polarité du groupement fonctionnel intervient de façon plus sensible comme pour le couple (menthol/menthone).

On peut dire aussi que la rétention dépend plus de la position des doubles liaisons plutôt que de leur nombre. Une double liaison exocyclique (pulegone) en conjugaison avec un groupe carbonyle impose plus de rétention qu'une double liaison seule (menthone). Ce qui nous donne une bonne séparation des homologues carbonylés (néral/citronellal) ; (menthone/pulegone), où on distingue nettement l'effet de la conjugaison sur la rétention.

Nous avons pu constater que la séparation du trio (linalool, menthone, camphre) est meilleure à 80°C, où il y'a un bon écart entre leurs indices de rétention, cet écart diminue nettement au-delà de cette température jusqu'à disparition vers 150°C pour le couple (linalool/menthone), et au-delà de 130°C pour le couple (camphre/menthone). En parallèle, nous avons constaté que les températures élevées sont appréciées pour séparer le citronellal du trio (camphre, menthone, linalool).

Les incréments d'indice par intervalle de 10°C montrent une variation importante en fonction de la température. Cette variation est croissante dans l'ordre aliphatique, monocyclique, bicyclique.

Tableau 7 : Indices de rétention des monoterpènes oxygénés et composés aromatiques en fonction de la température de la colonne polaire (CW 20M)

N°	terpène	$\delta I/10$	80°C	90°C	100°C	110°C	120°C	130°C	140°C	150°C	160°C	170°C
01	(1,8) cinéol	2.77	1223	1228	1230	1232	1234	1237	1240	1243	1244	1248
02	Citronellal	0.77	1487	1488	1489	1490	1491	1491	1492	1493	1493	1494
03	Camphre	6.44	1486	1491	1497	1503	1511	1518	1523	1529	1536	1544
04	Menthone	4	1501	1505	1511	1515	1518	1522	1525	1529	1534	1537
05	Linalool	0.77	1528	1529	1531	1532	1532	1533	1533	1533	1534	1535
06	Linalool acétate	0.22	1568	1568	1568	1569	1569	1569	1569	1570	1570	1570
07	Menthol	3.66	1622	1626	1630	1633	1637	1640	1643	1647	1651	1655
08	Methyl chavicol	2.55	1640	1645	1647	1649	1651	1655	1658	1660	1661	1663
09	Pulégone	3.11	1646	1651	1654	1657	1660	1662	1665	1669	1671	1674
10	Néral	0.66	1676	1677	1678	1679	1680	1680	1680	1681	1682	1682
11	Methyl eugénol	3.33	1736	1740	1743	1746	1751	1755	1758	1761	1764	1766
12	Nérol	0.77	1802	1803	1805	1805	1806	1807	1807	1808	1809	1809
13	Methyl cinnamate (Z)	1.33	2021	2023	2025	2026	2027	2029	2031	2032	2033	2033
14	Methyl cinnamate (E)	2.22	2035	2036	2038	2039	2041	2042	2045	2048	2051	2055
15	eugénol	3.33	2117	2120	2124	2127	2131	2134	2137	2141	2143	2147

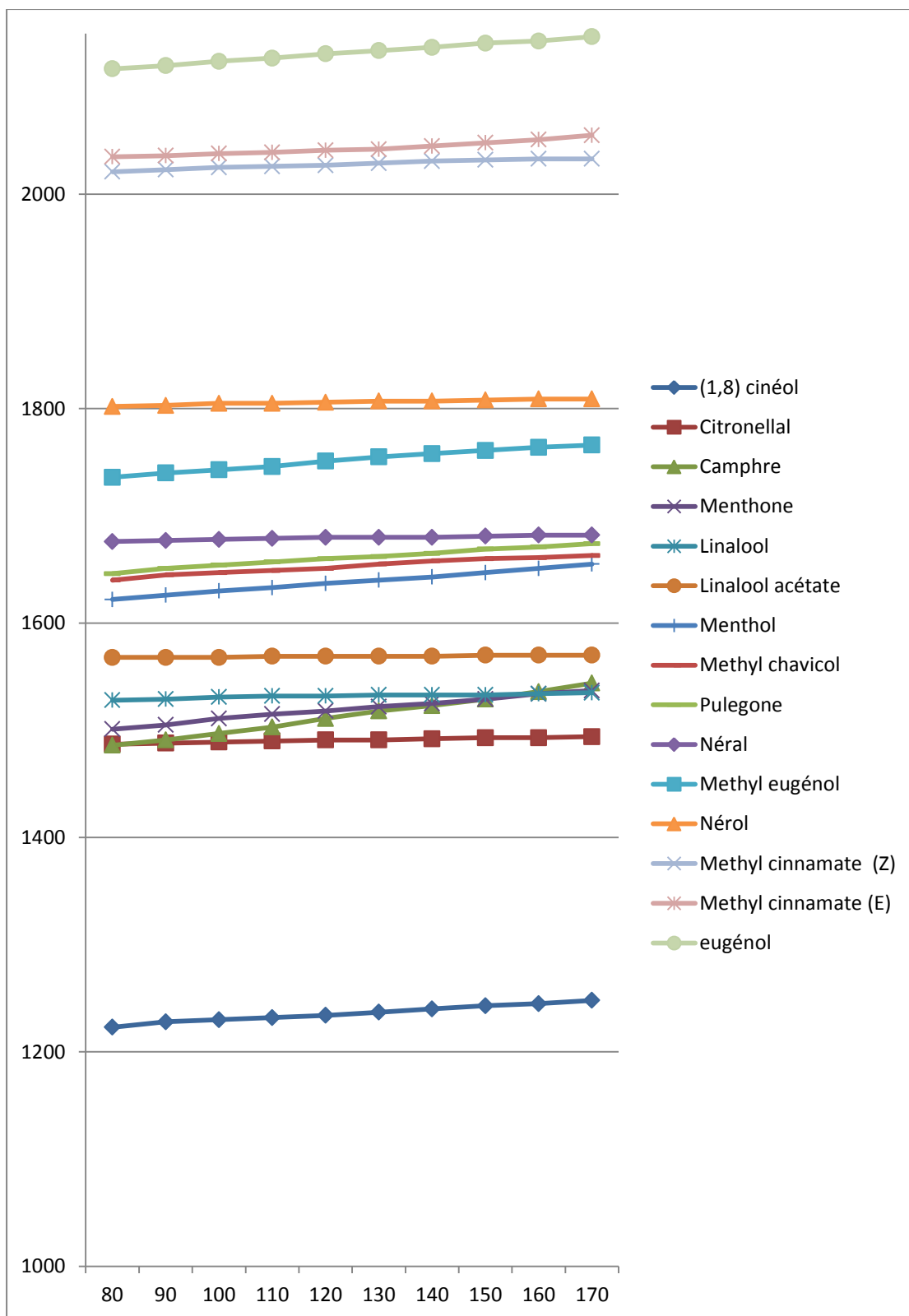


Figure 10 : Indices de rétention des monoterpènes et composés aromatiques sur une colonne polaire

II-3- Sesquiterpènes hydrocarbures :

Le tableau 8 regroupe les indices de rétention des sesquiterpènes étudiés, calculés entre 90 et 180°C. La variation de ces indices en fonction de la température est illustrée dans la figure 11.

Nous avons pu constater que l'ordre d'élution est maintenu par rapport à l'étude précédente sauf pour la paire (β -elemène / α -cis- bergamotène) où il est retrouvé à partir de 180°C.

Les incréments d'indices sont plus élevés que l'analyse sur colonne apolaire et les courbes sont plus éloignées, ce qui donne une meilleure séparation.

Ces incréments sont décroissants dans l'ordre bicyclique, monocyclique.

II-4- Sesquiterpènes oxygénés :

Les résultats de cette analyse sont regroupés dans le tableau 9 et la variation des indices de rétention en fonction de la température est représentée sur la figure 12.

Par rapport à l'analyse sur colonne apolaire, nous avons pu constater que l'ordre d'élution des sesquiterpènes oxygénés n'est pas maintenu pour la paire (α -muurolol / epi- α - cadinol).

La stéréochimie et la position des doubles liaisons influent directement sur la rétention, comme le montre les couples : (α -muurolol / epi- α - cadinol) et (« 10-epi- γ » eudesmol / α - eudesmol).

Tableau 08 : Indices de rétention des sesquiterpènes hydrocarbure en fonction de la température de la colonne polaire (CW20M)

N°	terpène	$\delta I/10$	120°C	130°C	140°C	150°C	160°C	170°C	180°C	190°C	200°C	210°C
01	α - cis-bergamotène	6.55	1582	1590	1596	1602	1609	1616	1622	1628	1635	1641
02	β - elemène	2.77	1605	1608	1612	1615	1618	1620	1622	1625	1627	1630
03	α - humulène	3	1653	1656	1658	1661	1663	1665	1669	1673	1676	1680
04	D-germacrène	4.33	1687	1692	1696	1701	1705	1709	1714	1717	1722	1726
05	Bicyclogermacrène	5.44	1716	1723	1729	1732	1738	1744	1749	1755	1760	1765
06	γ - cadinène	5.22	1772	1777	1782	1787	1792	1797	1801	1806	1812	1819

Tableau 9 : Indices de rétention des sesquiterpènes oxygénés en fonction de la température de la colonne polaire (CW20M)

N°	terpène	$\delta I/10$	160°C	170°C	180°C	190°C	200°C	210°C	220°C	230°C	240°C	250°C
01	Cubenol (1,10- di - epi)	5.77	2004	2010	2015	2022	2027	2032	2039	2046	2051	2056
02	Eudesmol (10- epi- γ)	4.66	2102	2108	2112	2116	2121	2126	2130	2125	2139	2144
03	α -Muurolol	5.66	2123	2130	2136	2142	2148	2153	2158	2163	2169	2174
04	Cadinol (epi- α)	5	2202	2207	2213	2219	2224	2229	2235	2239	2243	2247
05	α - eudesmol	6.44	2211	2218	2225	2231	2237	2243	2249	2256	2262	2269

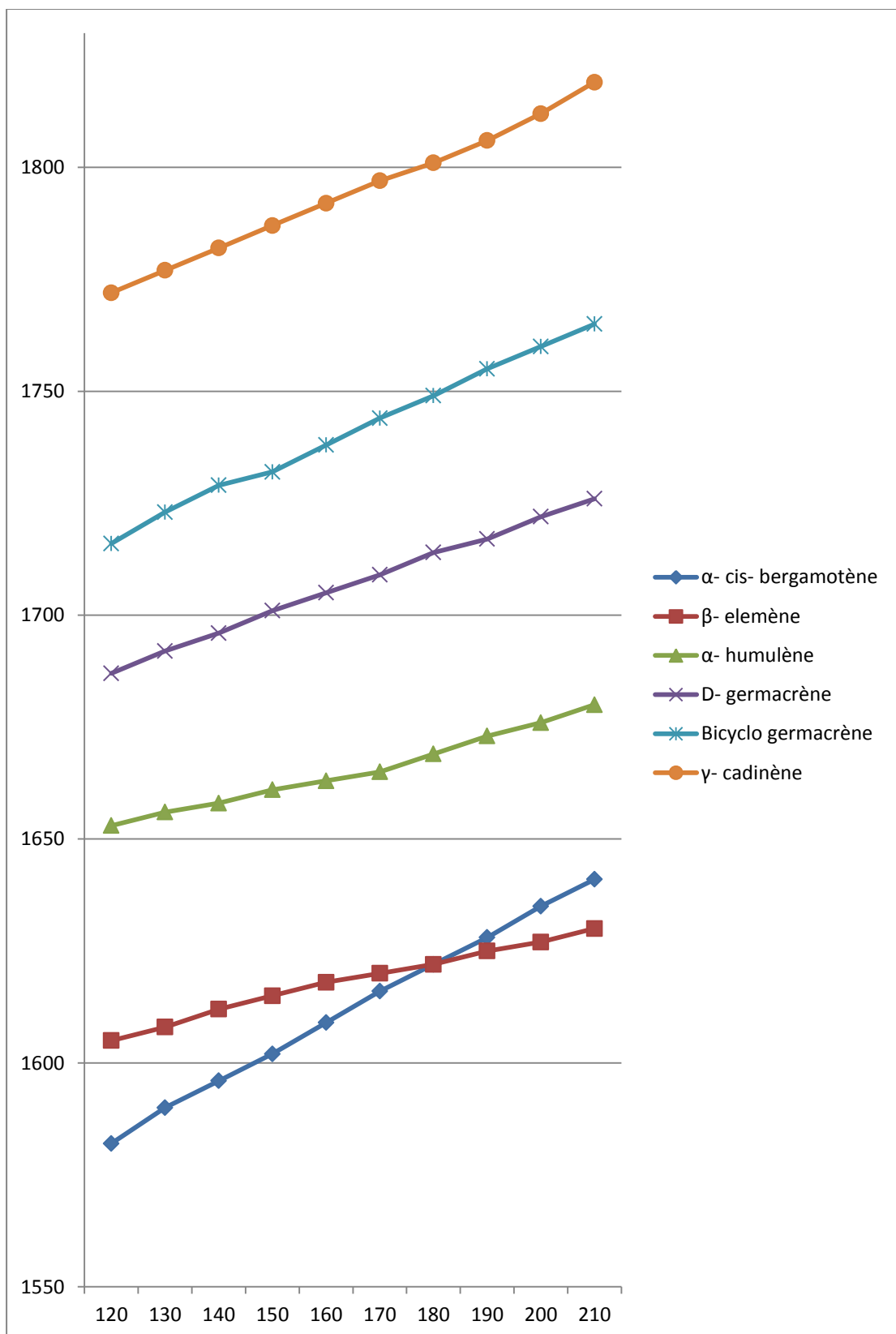


Figure 11 : Indices de rétention des sesquiterpènes hydrocarbures sur une colonne polaire

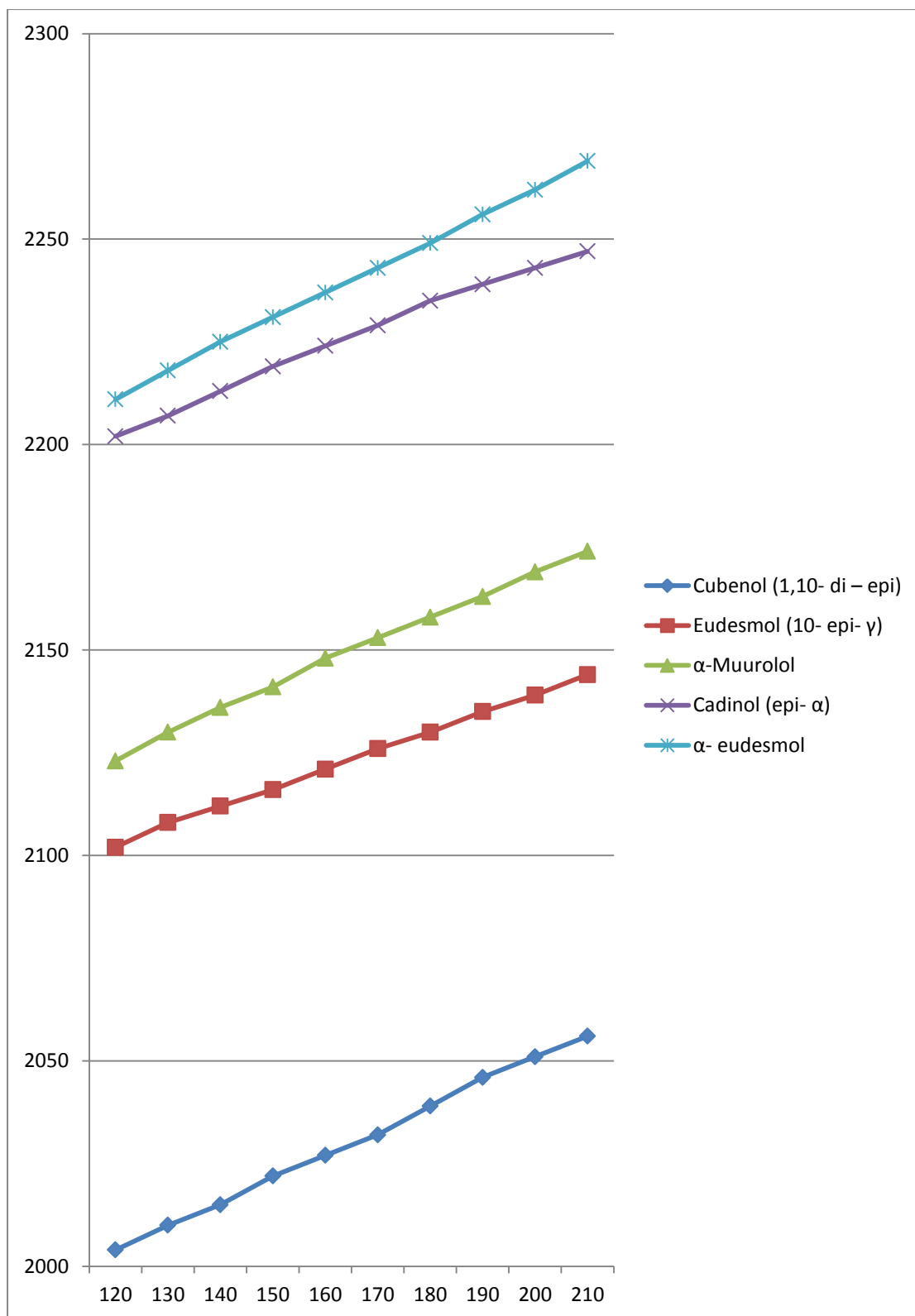


Figure 12 : Indices de rétention des sesquiterpènes oxygénés sur une colonne polaire

L'étude de la rétention des produits mono-sesquiterpéniques et aromatiques par chromatographie en phase gazeuse, a permis de tirer quelques conclusions quant aux différentes influences sur cette série.

Dans le cadre de l'analyse des huiles essentielles, les différents solutés ne peuvent être séparés et identifiés dans leur totalité sur une phase stationnaire et à une même température. Cela est dû à la nature de leur squelette et de leurs concentrations diverses.

Pour remédier à ce problème on doit agir sur la température afin d'améliorer la séparation, et changer la polarité de la phase stationnaire, en prenant en considération que la rétention diminue lorsque le nombre de cycles de la molécule augmente et, que l'effet de la température sur la rétention s'atténue en passant d'une structure bicyclique à une structure aliphatique.

Pour les monoterpènes, l'ordre d'élution ne peut être utilisé à lui seule comme une méthode fiable d'identification. On aura besoin de spectres de masse des produits séparés pour confirmer l'identification.

Vu que de nombreux sesquiterpènes hydrocarbures possèdent presque, des spectres de masse identiques, les données de rétention s'avèrent d'une importance majeure pour leur identification.

Chapitre III

Etude du comportement variétal de six variétés
d'*Ocimum basilicum* L., dans les conditions sahariennes

INTRODUCTION

Dans le cadre de la valorisation des ressources naturelles des zones arides, nous avons choisi d'étudier le comportement variétal de 6 variétés du basilic d'origine européenne, dans un climat saharien (cas de Hassi Ben Abdallah-Ouargla), et dans le but d'optimiser les conditions de culture de cette espèce.

Peu d'études agronomiques ont été réalisés sur le basilic, on cite l'essai de Carron et al, sur l'essai de culture de basilic en montagne, cet essai a été réalisé en Belgique sur cinq variétés de basilic (grand vert, laitue, fin vert, pourpre et exotique) en 1996 et 1997 [32].

I- OBJECTIFS

L'objectif de notre essai est d'étudier le comportement de six variétés de basilic (*Ocimum basilicum* L.) dans les conditions édapho-climatiques de la région d'Ouargla. Pour arriver aux objectifs tracés nous avons pris un certain nombre de paramètres de croissance, de floraison et de rendement.

II- PRESENTATION DU SITE D'EXPERIMENTATION

II-1- Situation géographique

Notre expérimentation a eu lieu au niveau de la station de l'Institut Techniques de Développement de l'Agriculture Saharienne (I.T.D.A.S) de Hassi Ben Abdallah. Situé dans le secteur Sud-Est de la palmeraie de Hassi Ben Abdallah et à 26 km du chef-lieu de la wilaya d'Ouargla, elle se trouve à une altitude de 157 m, une latitude de 32°.52' Nord et une longitude de 5°.26' Est. Elle a été créée en 1978 par l'institut de développement des cultures maraîchères au niveau du sud et depuis 1990 elle est devenue I.T.D.A.S. La station d'étude couvre une superficie de 21 ha. Palmeraie moderne comprenant 154 pieds dont 80 % de Deglet Nour et 20% de Ghars. Les écartements sont de 12 m x 12 m. Elle comprend également un hectare de plasticulture constitué de serre de type 50 m x 8 m (soit 400 m² par tunnel). Son objectif est de faire des essais au niveau de la station pour les différentes espèces, de les tester pendant 3 ans et puis choisir les variétés les plus performantes du point de vue : rendement, précocité et résistances aux maladies pour être vulgarisés en milieu producteur d'Ouargla.

II-2- Caractéristiques climatiques :

Le tableau 10 regroupe les données climatiques de la région d'Ouargla de 1999 jusqu'à 2008 [79].

II-2-1- Température

Les températures mensuelles relevées sous abri (1999-2008) montrent que le mois le plus froid est janvier avec 11.6°C, et le mois le plus chaud est juillet avec 34.9°C (tableau 10). Le nombre de mois dont la température dépasse les 30°C est de 2 à 3 mois suivant les années. La présence de gelées peut être observées, parfois, en janvier.

II-2-2- Précipitations

Les précipitations sont rares et irrégulières. La moyenne annuelle sur 10 ans est de 7.38 mm (tableau 10). Les précipitations ne permettent pas le lessivage des sols par conséquent l'irrigation est nécessaire dans cette zone.

II-2-3- Humidité relative de l'air

Dans le Sahara, la moyenne des humidités est rarement supérieure à 65% et peut descendre en dessous de 30%. Les variations journalières sont importantes et peuvent parfois atteindre une valeur proche de 90%. Sur un intervalle de 10 années, la moyenne des humidités la plus élevée est enregistrée au mois de décembre avec 62 % et le taux le plus faible est au mois de juin avec 26.6% (tableau 10).

II-2-4- Evaporation et vents

La région d'Ouargla est caractérisée par une évaporation très importante. Son intensité étant fortement renforcée par les vents, notamment par ceux qui sont chauds. Le maximum d'évaporation est de l'ordre de 566.7 mm, enregistré au mois de juillet, le minimum est de 104.1 mm enregistré au mois de janvier. (tableau 10).

II-2-5- Ensoleillement

La région d'Ouargla est caractérisé par une forte insolation, le minimum est enregistré au mois de décembre avec 193.4 heures et le maximum de 336.4 heures au mois de juillet (tableau 10).

Tableau 10. Données climatiques de la région d'Ouargla (1999-2008)

Mois	Température (C°)	Précip. (mm)	Humidité (%)	Evapor. (mm)	Vitesse de vent (m/s)	Insolation (H)
Janvier	11,6	7,8	59,2	104,1	2,79	255
Février	13,54	3,55	47,6	136,9	3,4	240,2
Mars	18,4	9,85	41,8	239,5	4,03	266,9
Avril	23	2,35	34,7	323	47,5	256,5
Mai	27,8	5,16	31,9	384,6	4,87	273,9
Juin	23,71	0,3	26,6	420,1	4,6	303,4
Juillet	34,9	0,7	25,2	566,7	4,38	336,4
Août	34,17	6,13	27,5	491,8	3,95	319,8
Septembre	27,46	5,15	37,8	366,8	3,72	259,3
Octobre	26,4	10,5	41,6	234,5	3,51	254,4
Novembre	28,66	12,35	57,8	142,5	2,78	244,2
Décembre	12,2	2,18	62	94,28	2,87	193,4
Moyenne annuelle	23,48	7,38	41,14	292,04	7,77	266,95

Source : O.N.M. Ouargla, 2008

II-2-6- Données climatiques de la campagne agricole (2008-2009)

Le tableau 11 résume les données climatiques de la campagne (2008-2009), on remarque que la température maximale durant le cycle de la culture ne dépasse pas 33,8 °C, et la température minimale est de l'ordre de 4,2 °C. L'humidité est élevée au mois de janvier (68,1 %) et avec une importante évaporation au mois de mai [80].

Tableau 11. Données climatiques de la campagne agricole (2008-2009)

Mois	Température (C°)			Humidité (%)	Précip. (mm)	Evapo. (mm)	Température du sol à 30 cm
	Min.	Max.	Moy.				
Novembre	7,1	19,3	13,2	45,5	0	82	17
Décembre	4,2	18,7	11,4	62,4	0	57,5	14
Janvier	5,1	17,3	11,2	68,1	46,4	54,6	13,3
Février	6,1	19,3	12,7	51,1	0,8	86,2	15,6
Mars	9,4	22,9	16,2	45,8	11,2	96,6	19,8
Avril	11,6	26,2	19	41,3	0,5	114,5	24,3
Mai	17,5	33,8	25,65	39,3	0	218,5	29,7

Source : I.T.D.A.S. Ouargla, 2009

III- MATERIEL D'ETUDE

III-1- Le sol

Les résultats analytiques présentés dans le tableau (12), montrent que le sol est caractérisé par une texture sableuse, un pH basique, un taux de matière organique très faible. La salinité du sol est faible (C.E varie de 0.43 à 0.41 dS/m)

III-2- L'eau d'irrigation

L'eau d'irrigation est pompée à partir de la nappe albienne qui se trouve à une profondeur de 1450 m. D'après la classification de Riverside, l'eau d'irrigation appartient à la classe C4S4. L'utilisation de cette eau est très délicate, il faut un sol très perméable, bien drainé et lessivé (tableau 13).

Tableau 12 : Caractéristiques physico-chimiques du sol

Caractéristiques		Profondeurs (cm)	
		0-20	20-40
Granulométrie	Sable grossier (%)	46,28	47,36
	Sable fins (%)	47,04	35,32
	Argile et limon (%)	6,68	17,32
pH		7,82	7,90
CE (dS/m)		0,43	0,41
Calcaire total (%)		5,8	6,60
Azote total (%)		0,13	0,18
Matière organique (%)		1,24	1,45
Potassium (ppm)		32,5	18,5
Sodium (ppm)		0,70	0,70
Calcium (ppm)		27,02	19,50

Tableau 13 : Caractéristiques de l'eau d'irrigation

Paramètres	pH	CE (dS/m)	Ca ²⁺ (ppm)	K ⁺ (ppm)	Na ⁺ (ppm)
Eau d'irrigation	7,84	2,62	97	26	230

III-3- Caractéristiques de la fumure organique

La fumure organique est caractérisée par un pH acide (6,11) et une conductivité électrique élevée de l'ordre de 10,10 dS/m.

IV- PROTOCOL EXPERIMENTAL

IV-1- Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental adopté est en blocs aléatoires complets, comportant 6 traitements et 4 répétitions. Chaque bloc renferme 6 parcelles élémentaires de 2 m de longueur sur 1,5 de largeur (figure 13).

IV-2- Précédent cultural

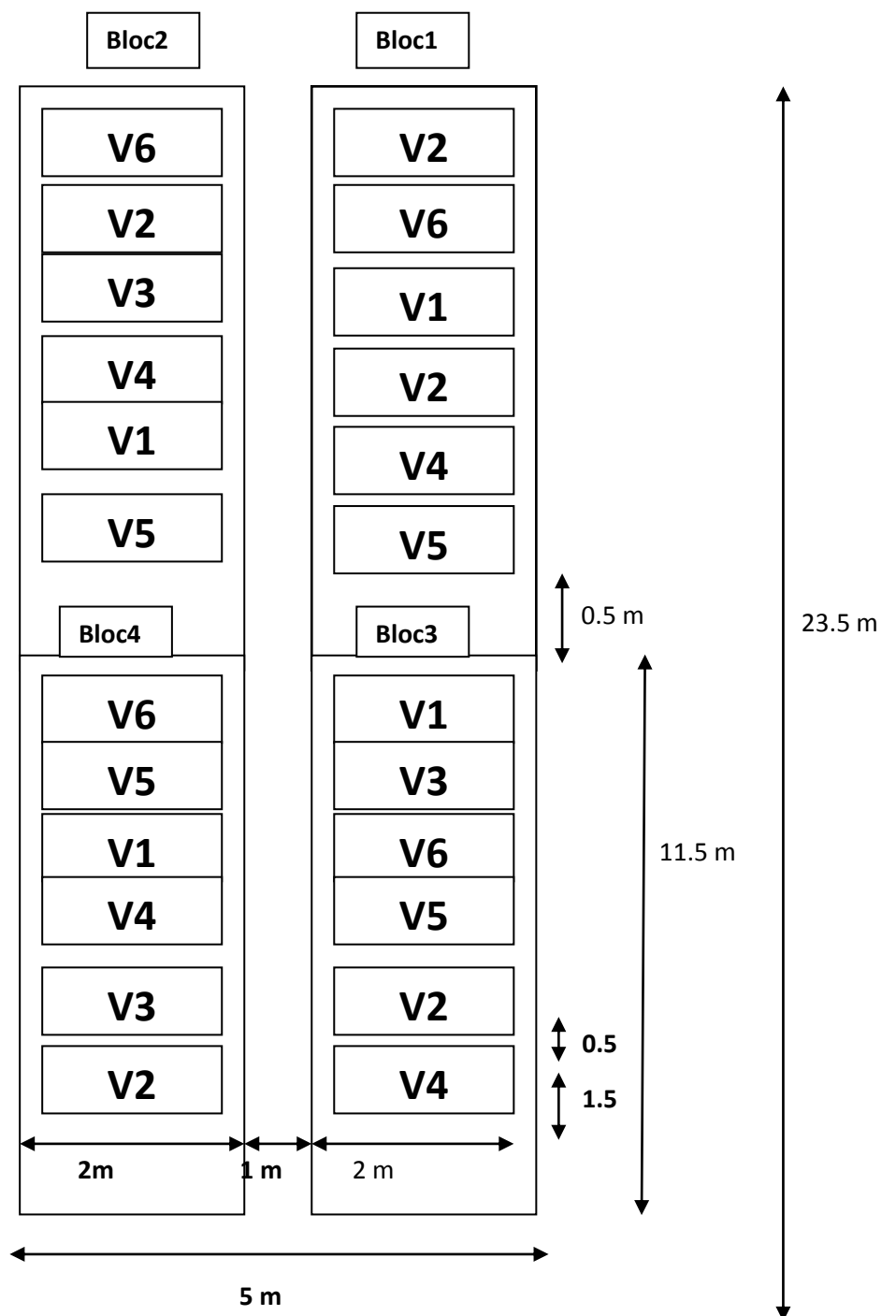
Le précédent cultural de notre essai est la pomme de terre.

IV-3- Matériel végétal

Le matériel étudié est composé de six (06) variétés du basilic (*Ocimum basilicum* L.). Tableau 14.

Tableau 14 : Présentation du matériel végétal

Variétés	Nom scientifique	Origine
Grand vert (figure 14)	<i>Ocimum basilicum</i> L. <i>genovese</i>	Européenne (Belgique)
Pourpre (figure 15)	<i>Ocimum basilicum</i> L. <i>purpurescens</i>	Européenne (Belgique)
Nain compact(figure 16)	<i>Ocimum basilicum</i> L. <i>minimum</i>	Européenne(Belgique)
Marseillais (figure 17)	<i>Ocimum basilicum</i> L. <i>marceillais</i>	Européenne (Belgique)
Cannelle (figure 18)	<i>Ocimum basilicum</i> L. <i>cinnamon</i>	Européenne (Belgique)
Citron (figure 19)	<i>Ocimum basilicum</i> L. <i>citriodora</i>	Européenne (Belgique)



V1 : Grand vert

V3 : Nain compact

V5 : Cannelle

V2 : Pourpre

V4 : Marseillais

V6 : Citron

Figure 13 : Dispositif expérimental



Figure 14 : basilic grand vert



Figure 15 : basilic pourpre



Figure 16 : basilic nain compact



Figure 17 : basilic marseillais



Figure 18 : basilic cannelle



Figure 19 : basilic citron

IV-4- Conduite de la culture :

Au vue de la grande diversité variétale des cultures, il est d'intérêt de connaître les caractères biologiques et les exigences spécifiques. Afin de définir la conduite à suivre durant tout le cycle végétatif de la culture, l'agriculteur doit connaître tous les paramètres déterminants des rendements et de plus important leurs évolutions dans le temps et dans l'espace [81].

IV-4-1- Travail du sol : Le travail du sol est réalisé sur un labour de 25 à 30 cm de profondeur et ce à l'aide d'une houe.

IV-4-2- Fumure de fond : La fumure de fond organique et minérale sont épandues à des normes de 9 kg de fumier provenant des bovins par parcelle élémentaire et 3 qx / ha de 15-15-15 par ha donc (45 U N, 45 U P₂O₅ et 45 U K₂O), avec l'apport de phosphore sous forme de TSP : 55U/ha.

IV-4-3- Semis en pépinière : Le semis est réalisé dans "l'espace pépinière" avec des contenants remplis de tourbe, et ce à raison d'un poids de 1,20 g de graines. Pour bien mener le suivi de notre culture. L'irrigation se fait quotidiennement.

IV-4-4- Pré-irrigation : La pré-irrigation a un double objectif : lessiver les sels et humecter le sol à sa capacité de rétention.

IV-4-5- Le repiquage : Les plantes que nous avons repiqués ont été d'une bonne vigueur et une biométrie d'une hauteur de 10 cm. La densité de plantation était de 11 plants avec un écartement entre les plans de 30 cm et entre les lignes de 40 cm et ce par parcelle élémentaire.

Le tableau 15 regroupe les dates de toutes les opérations culturales effectuées sur les variétés étudiées.

Tableau 15. Différentes opérations culturales

Opérations	Dates
Travail du sol	Mois de janvier
Semis en pépinière	01/02/09
La levée	06/02/09
Fumure de fond	04/03/09
Pré-irrigation	15/03/09
Repiquage	16/03/09

IV-4-6- Entretien de la culture

* **Fumure d'entretien** : L'épandage de fumure d'entretien a été fait manuellement à toutes les parcelles élémentaires donc 155 U/ ha d'azote sous forme d'urée (46 %) et 155 U/ha de potassium sous forme de sulfate de potassium (80%). Ces engrais sont apportés chaque 15 jours et ça 3 fois pendant le cycle végétatif.

* **L'irrigation** : Elle a été effectuée sur une fréquence de trois fois par semaine et ce, durant tout le cycle végétatif de la plante. Le système utilisé est celui de l'irrigation par submersion de type traditionnel.

* **Désherbage** : Le désherbage a été effectué manuellement. Les espèces rencontrées d'adventices sont consignées dans le tableau 16.

* **Fauche** : Sur terrain, lors de notre observation et où il y a 50 % de plantes en pleine floraison nous procéderons à la fauche. Elle a été faite manuellement à l'aide d'une faucille.

Tableau 16. Inventaire des adventices présents dans les parcelles.

Famille	Nom scientifique
Asteraceae	<i>Chrysocomn spicata</i>
	<i>Perralderia coronopifolia</i>
Fabaceae	<i>Trigonella auguina</i>
Malvaceae	<i>Malva aegyptiaca</i> L.
Poaceae	<i>Cymbopagon schoenanthus</i> *
	<i>Avena seterilis</i> L.*

* Les espèces les plus dominantes.

IV-5- Méthode d'étude des différents paramètres

IV-5-1- Paramètres morphologiques

- **Hauteur de la tige** : mesurée du rameau principal de collet jusqu'à le bourgeon terminal.
- **Largeur de ramification** : consiste à déterminer la largeur de ramification au milieu de la plante.
- **Surface foliaire** : déterminée par la mesure de la moyenne de longueur et largeur de trois feuilles dans trois niveaux d'une plante.

IV-5-2- Paramètres de précocité

- **Date de floraison** : la date où nous avons observé l'apparition d'une première fleur.
- **Durée du cycle du semis-floraison** : c'est le nombre de jours allant du semis jusqu' à la floraison.
- **Durée du cycle du repiquage-floraison** : c'est le nombre de jours allant du repiquage jusqu' à la floraison.

IV-5-3- Paramètres de rendement

- **Nombre de feuilles par plante** : ce paramètre est déterminé en calculant le nombre des feuilles de deux rameaux d'une plante puis faire la moyenne et multiplier au nombre de ramifications.
- **Biomasse totale (tiges et feuilles)** : la coupe a été effectuée à 5 cm au-dessus du sol au stade plein floraison, et on pèse le poids à l'aide d'une balance de précision.
- **Poids des feuilles** : nous avons séparé les feuilles des tiges puis on pèse les feuilles.
- **Rapport poids des feuilles/biomasse totale** : consiste à déterminer le rapport entre le poids total des feuilles et le poids des feuilles et des tiges.
- **Nombre de ramification** : un comptage des ramifications est réalisé pour les 10 plantes du milieu de chaque parcelle élémentaire puis on fait la moyenne pour avoir le résultat final.
- **Taux de mortalité** : ce paramètre est déterminé en calculant le nombre des manquants sur le nombre des plantes au début du cycle.

IV-6- Méthodes d'analyse

- **La granulométrie** La granulométrie a été déterminée par la méthode quantitative qui détermine les proportions physiques de trois particules primaires (sable, limon et l'argile).
- **La conductivité électrique** : déterminée par le conductimètre d'une suspension.
- **La matière organique** La matière organique du sol a été déterminée par l'interaction de sulfate de fer, le bicarbonate de Potassium et le diphénylamine avec 1g de sol, puis on a réalisé le dosage de mélange avec l'acide sulfurique (2N).
- **Le pH** : mesuré à l'aide d'un pH mètre à électrode.
- **Les cations (calcium, sodium, et potassium)** : sont dosés par spectromètre d'absorption atomique.
- **Le calcaire total** : Méthode au calcimètre de Bernard. Le dosage est fondé sur la réaction caractéristique du carbonate de calcium au contact de l'acide chlorhydrique. Il s'agit de comparer le volume de CO₂ dégagé par l'échantillon du sol avec celui dégagé par contact d'un acide HCl (6N) avec un poids de CaCO₃ pur.
- **L'azote total** : L'azote total est déterminé par la méthode KJELDAHL. Cette méthode consiste à attaquer le sol avec de l'acide sulfurique pour transformer l'azote organique en sulfate d'ammonium.

IV-7-Analyse statistique des résultats

Les résultats obtenus pour les paramètres étudiés des six variétés d' *Ocimum basilicum* L. ont été soumis à une analyse de variance. L'analyse de variance permet de tester la similitude de variable en termes statistiques.

L'étude de F (variance) calculé et sa comparaison au F théorique, notamment les traitements, fait sortir la signification de l'essai.

- ✓ Si le F calculé est inférieur au F théorique de 5 %, l'essai est non significatif.
- ✓ Si le F calculé est situé entre un F théorique de 1 % et 5 %, l'essai est significatif.
- ✓ Si le F calculé est supérieur au F théorique de 1 %, l'essai est hautement significatif.

V- RESULTATS ET DISCUSSION

V-1- Durée du cycle

La date de floraison est un paramètre important, il permet de juger la précocité des variétés. Deux périodes sont considérées, la période semis-floraison et la période repiquage-floraison.

L'analyse de variance révèle une différence très hautement significative des deux paramètres durée du cycle semis- floraison et repiquage-floraison des différentes variétés (tableau 17).

La durée du cycle semis-floraison des plantes expérimentées varie entre 74 jours pour le Pourpre (V2) qui présente la durée la plus longue et 100,5 jours pour le Nain compact (V3) dont la durée est la plus réduite (figure 20).

Des résultats similaires sont obtenus pour le paramètre durée du cycle repiquage-floraison (figure 21), où les deux variétés Pourpre et le Nain compact ont enregistrés les durées maximale et minimale consécutives. La plus longue durée est obtenue avec le pourpre (30 jours) et la plus réduite avec le Nain compact (56,5 jours)

V-2- Hauteur des plantes

D'après les résultats consignés dans le tableau (17) et la figure (22), la hauteur des plantes varie de façon très hautement significative sous l'effet de la variété. Le Grand vert (V1) a donné la meilleure hauteur (40,92 cm), Par contre le Marseillais (V4) est la variété qui a donné la plus faible hauteur (18 cm). Les travaux de Philippe et Delwaulle [37] montrent que la hauteur du Grand vert peut atteindre 60 à 90 cm. Selon une autre étude, la hauteur du basilic varie entre 20 à 50 cm, ce qui conforte nos résultats obtenus dans l'intervalle expérimental [41].

Tableau 17.Effet de la variété sur les différents paramètres étudiés

Variétés	V1	V2	V3	V4	V5	V6	Signification statistique
Paramètres étudiés (moyennes)							
Durée du cycle Semis-floraison	88,5	74	100,5	79	76,5	93,5	T.H.S
Durée du cycle Repiquage-floraison	44,5	30	56,5	37,5	32,5	49,5	T.H.S
Effet de la variété sur la hauteur des plantes(cm)	40,92	22,08	19	18	28,15	32,39	T.H.S
Effet de la variété sur le taux de mortalité (%)	3,12	0	0	40,62	0	2,08	T.H.S
Effet de la variété sur la Biomasse totale (g)	72,93	19,70	82,84	35,64	31,21	49,14	T.H.S
Effet de la variété sur le nombre de ramification par plante	11,12	9,6	14,11	7,47	9,66	13,24	T.H.S
Effet de la variété sur le rapport poids des feuille/biomasse totale	0,81	0,87	0,78	0,87	0,79	0,74	H.S
Effet de la variété sur le nombre de feuilles par plante	225,87	176,37	2861,12	188,25	384,5	371	T.H.S
Effet de la variété sur la surface foliaire (cm²)	17,62	9,00	2,73	14,05	10,17	6,77	T.H.S
Effet de la variété sur la largeur de ramification (cm)	36,55	18,65	19,95	19,02	23,45	30,4	T.H.S

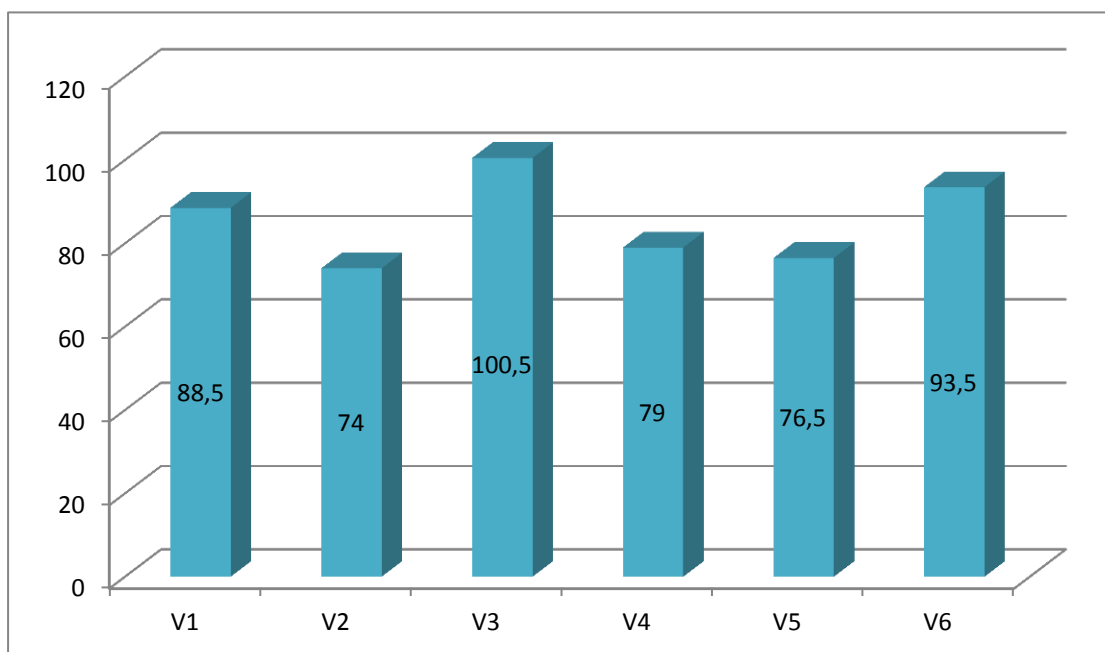


Figure 20 : Effet de la variété sur la durée du cycle semis-floraison (jours)

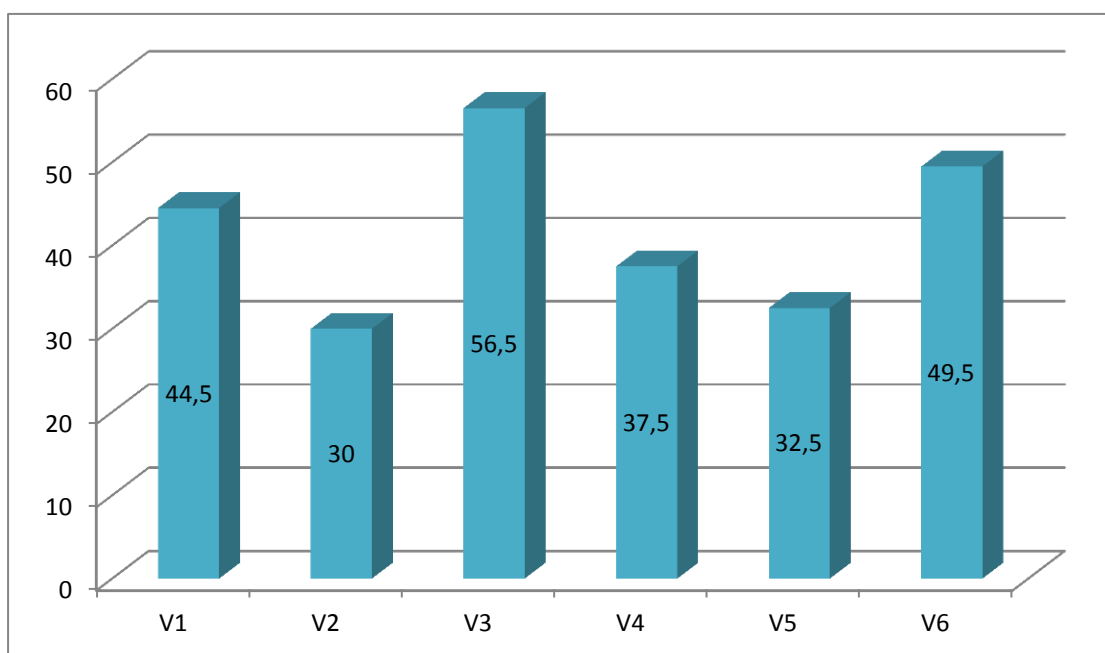


Figure 21 : Effet de la variété sur la durée du cycle repiquage-floraison (jours)

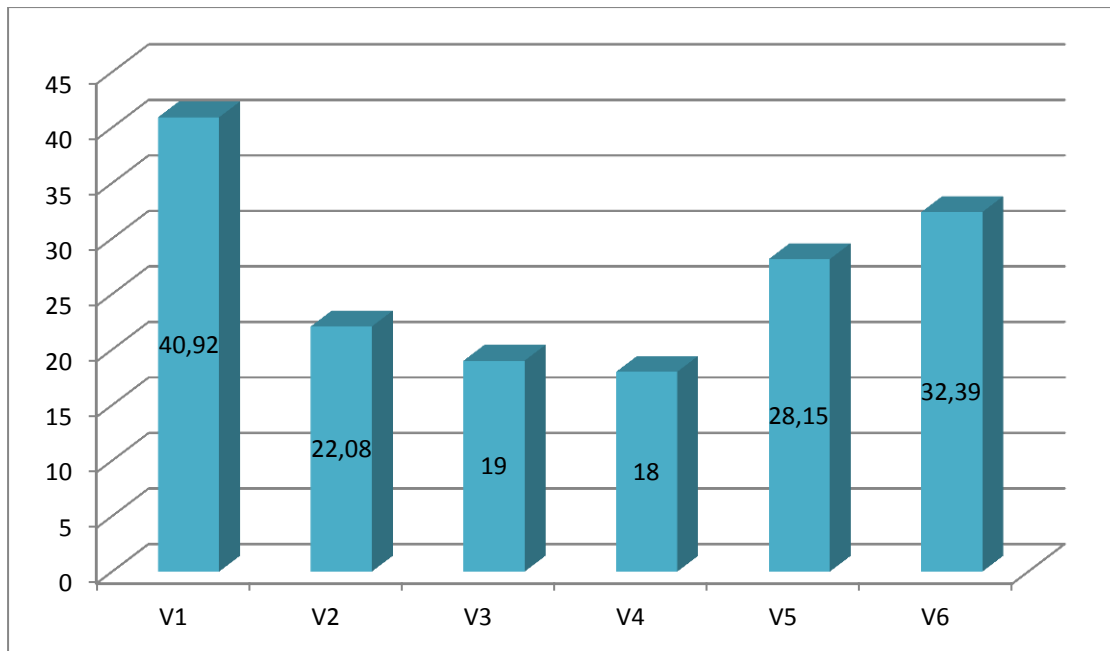


Figure 22 : Effet de variété sur la hauteur de la plante (cm)

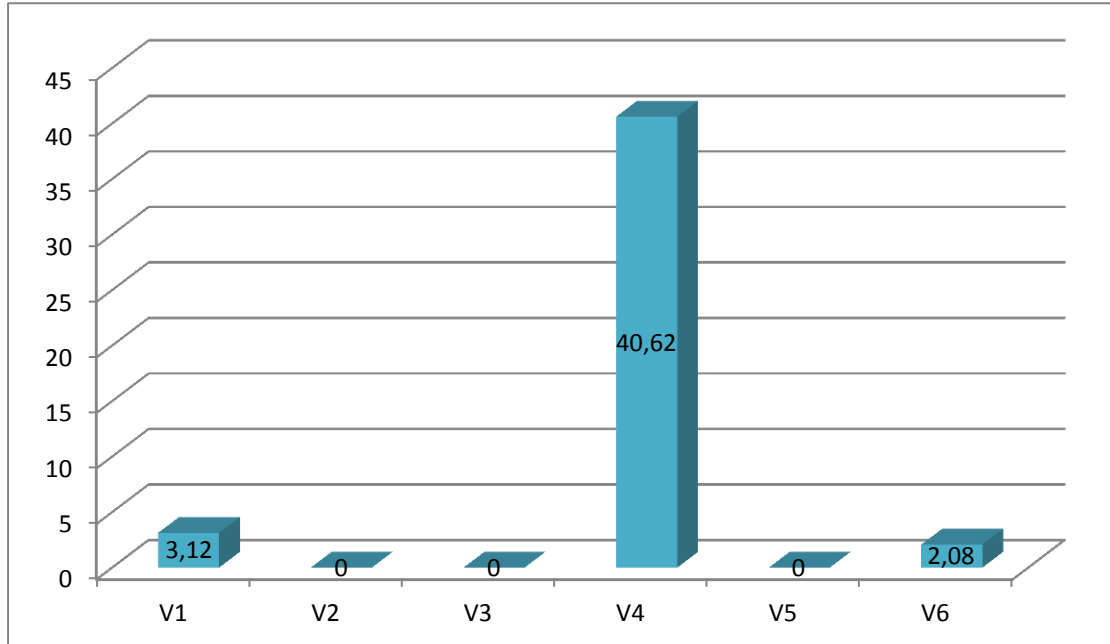


Figure 23 : Effet de la variété sur le taux de mortalité

V-3- Taux de mortalité

En générale, les plantes qui présentent des taux de mortalité élevés, sont les moins adaptés aux conditions édaphoclimatiques ou celles qui présentent des faibles vigueur au moment du repiquage.

L'analyse de variance révèle une différence très hautement significative du paramètre taux de mortalité entre les variétés étudiées (tableau 17).

Le taux le plus élevé est présenté par le Marseillais (V4) avec 40,62% qui s'avère le moins adapté aux conditions sahariennes. Les autres variétés ont donné des valeurs inférieures à 3,12 % (Grand vert) , voire nulles (le Pourpre, Nain compact et le cannelle (figure 23).

V-4- Biomasse totale (feuilles +tiges)

La biomasse totale des plantes est influencée par un certain nombre de facteurs dont les conditions climatiques, la fertilisation et la variété.

Les résultats présentés dans le tableau (17) montrent une variation très hautement significative de la biomasse totale des différentes variétés expérimentées qui varie entre 82.84 g et 19.70 g. Le meilleur poids est obtenu avec le Nain compact (V3) 82,84 g, par contre le poids le plus faible est enregistré par le Pourpre (V2) 19,7 g (figure 24).

V-5- Nombre de ramifications par plante

Le nombre des ramifications par plante est fonction de variété et l'alimentation hydrique et la fertilisation.

L'analyse de variance révèle une différence très hautement significative entre les traitements (tableau 17).

Le nombre de ramifications le plus élevé est présenté par la variété Citron (V6) avec 13,24 ramifications par plante, par contre la valeur la plus faible est enregistrée par le Nain compact (V4) et le Cannelle (V5) avec 7,47 et 9,6 ramifications par plante consécutive (figure 25).

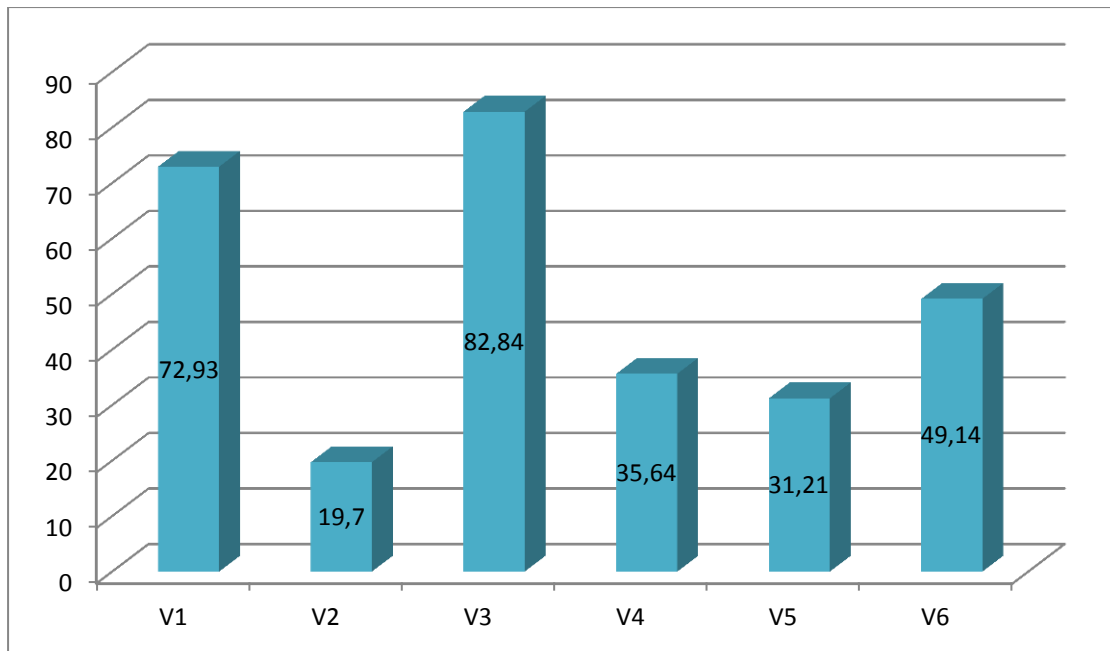


Figure 24 : Effet de la variété sur la biomasse totale

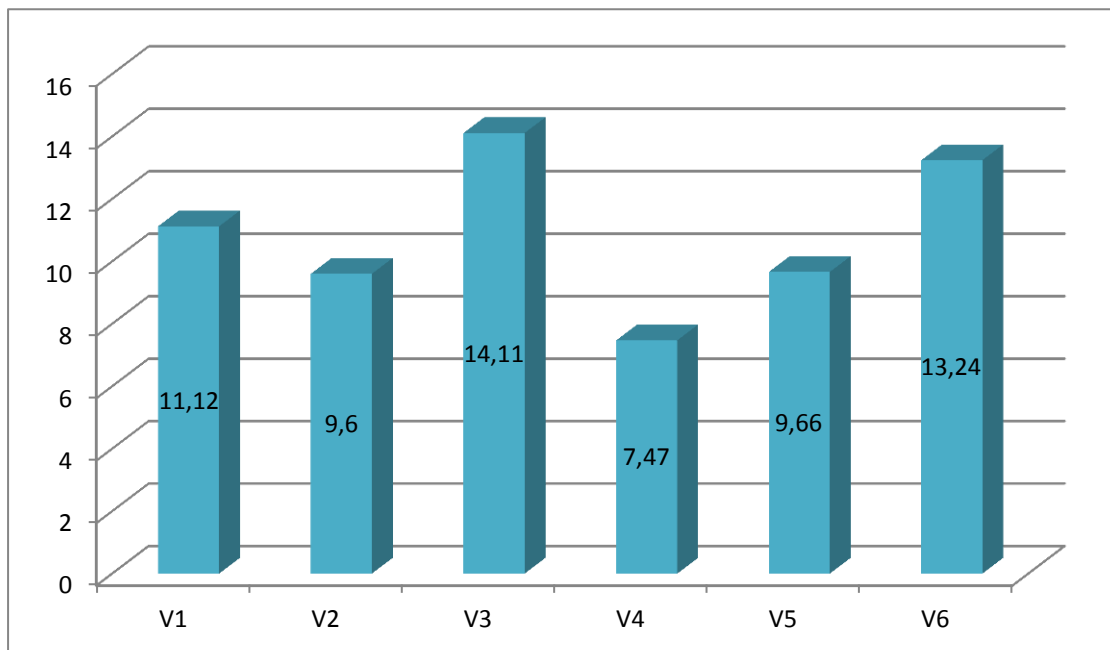


Figure 25 : Effet de la variété sur le nombre de ramifications

V-6- Rapport poids des feuilles/biomasse totale

L'analyse de variance révèle une différence hautement significative entre les variétés. Les résultats présentés dans le tableau (17) et la figure (26) montrent que le Pourpre (V2) et le Marseillais (V4) ont fourni le rapport le plus important (0,87), tandis que le Citron (V6) a donné le rapport le plus faible (0,74).

V-7- Nombre de feuilles par plante

Le nombre des feuilles est un paramètre important car plus la plante a un nombre de feuilles important plus le poids végétatif est important (figure 27).

Les résultats consignés dans le tableau (17) et la figure (27) montrent que le Nain compact (V3) a enregistré le nombre de feuilles le plus important (2861,12), tandis que le Pourpre (V2) en a fournis le nombre le plus faible (176,37). L'analyse de variance révèle une différence hautement significative de cette variable.

V-8- Surface foliaire

L'analyse de variance révèle une différence très hautement significative des variétés expérimentées (tableau 17). La surface foliaire des feuilles varie entre un minimum de 9 cm² obtenu avec le Nain compact et un maximum de 17,62 cm² obtenu pour le Grand vert (V1) (figure 28). Selon Carron et al [32], le Grand vert présente des feuilles de 3 à 4 cm de longueur.

V-9- Largeur de ramification

Les résultats figurés dans la figure (29) et le tableau (17) montrent que la largeur des ramifications des variétés varie entre 36,55 et 19,02 cm. Le Grand vert (V1) a enregistré une valeur importante, par contre le Marseillais (V4) a fournis la largeur la plus faible. L'analyse de variance révèle une différence très hautement significative entre les variétés étudiées.

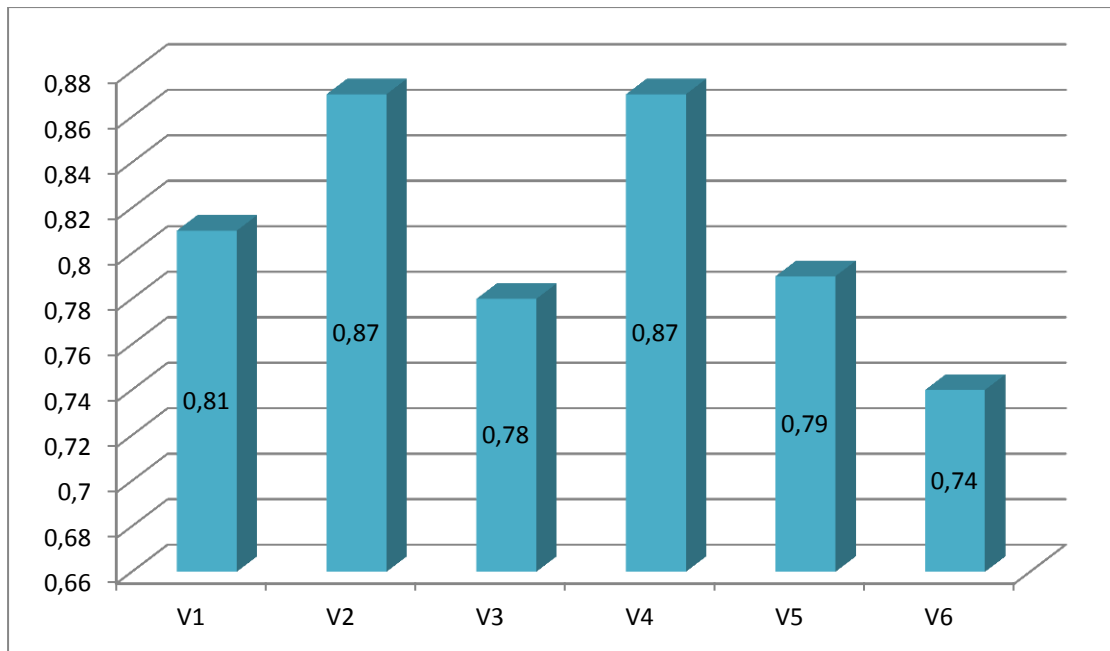


Figure 26 : Effet de la variété sur le rapport feuilles/biomasse totale

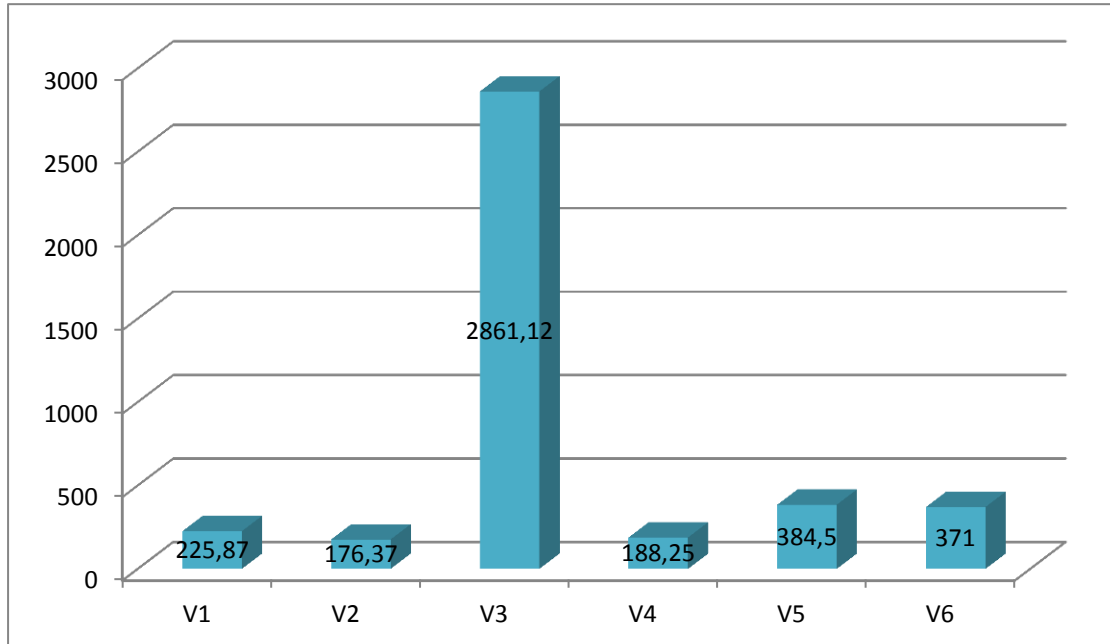


Figure 27 : Effet de la variété sur le nombre de feuilles par plante

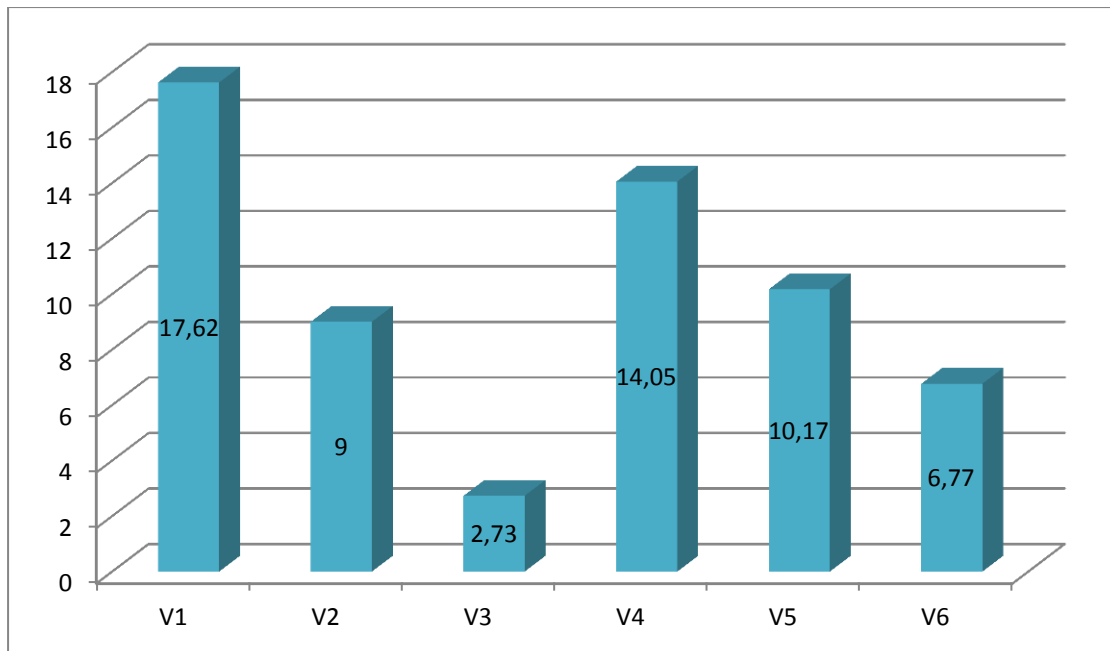


Figure 28 : Effet de la variété sur la surface foliaire

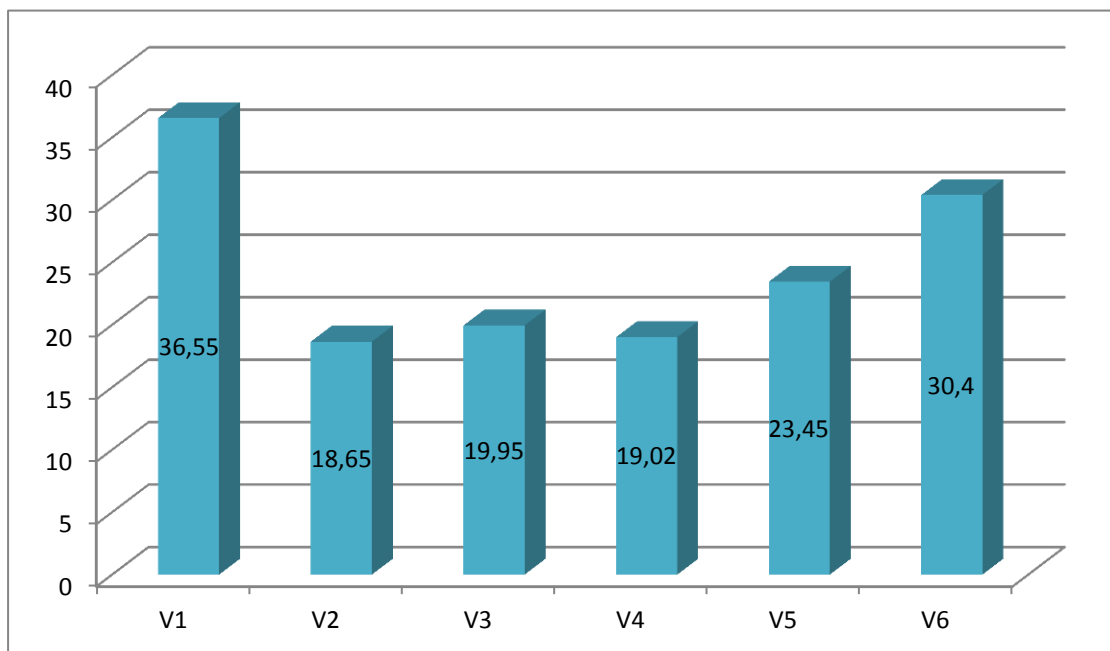


Figure 29 : Effet de la variété sur la largeur des ramifications

DISCUSSION GENERALE

L'étude statistique du comportement variétal de six variétés d'*Ocimum basilicum* L., 4 cultivés pour la première fois en Algérie dans les conditions pédoclimatiques de la région d'Ouargla a révélé la réussite de notre essai.

Le manque de travaux agronomiques similaires, ne nous a pas permis de développer une étude comparative et notamment tirer des conclusions définitives.

Cet essai a été réalisé en étudiant quelques paramètres de rendement, morphologiques et de précocité. L'analyse de l'ensemble des paramètres étudiés nous a permis de conclure que :

- Le climat du Sahara est adapté à la culture de nouvelles variétés de basilic.
- Ces résultats restent préliminaires mais encourageants, pour l'importance que peut présenter cette culture sur le niveau économique vu la diversité de l'utilisation du basilic dans les domaines de l'aromathérapie, l'industrie alimentaire et cosmétique et dans l'usage culinaire comme plante condimentaire.

Chapitre IV

Composition des huiles essentielles : Etude analytique et statistique

I- POSITIONS GEOGRAPHIQUES ET DESCRIPTION DES REGIONS D'ETUDES

Le tableau 18 regroupe la position géographique détaillée des 4 régions d'étude.

I-1- Ouargla

Elle est située dans le sud-est de l'Algérie, au nord du Sahara algérien, elle se situe à 190 km de Ghardaïa, 160 km au sud-ouest de Touggourt et 388 km au sud de Biskra (figure 30). Ouargla bénéficie d'un climat désertique chaud typique du Sahara avec des étés très longs et extrêmement chauds et des hivers courts et très doux. Le climat y est hyperaride et très sec toute l'année puisque les précipitations moyennes annuelles avoisinent 45 mm. Cette ville oasis étant encaissée, et très abritée des vents, elle devient vite une fournaise infernale. Les températures moyennes maximales dépassent 45°C, et les températures moyennes minimales avoisinent 5°C. la température moyenne annuelle avoisine 25°C [82].

I-2- Mostaganem

Est une commune algérienne de la wilaya de Mostaganem dont elle est le chef-lieu. C'est une ville portuaire de la méditerranée, située au nord-ouest de l'Algérie. Le territoire de la commune est situé à l'ouest de sa wilaya, à 363 km à l'ouest d'Alger, à 79 km à l'est d'Oran, à 48 km d'Arzew et à 81 km au nord de Mascara (figure 31). La ville est située à 104 mètre d'altitude sur le rebord d'un plateau côtier. Le climat de Mostaganem se caractérise par une température douce, la faiblesse des écarts thermiques et l'alternance quasi quotidienne des brises de mer et de terre. Les températures moyennes minimales tournent autour de 11 °C et les températures maximales avoisinent 21°C [82].

I-3- Alger

Située au bord de la méditerranée, la ville donne son nom à la wilaya dont elle est le chef-lieu. Elle est bâtie sur les contreforts des collines du Sahel algérois (figure

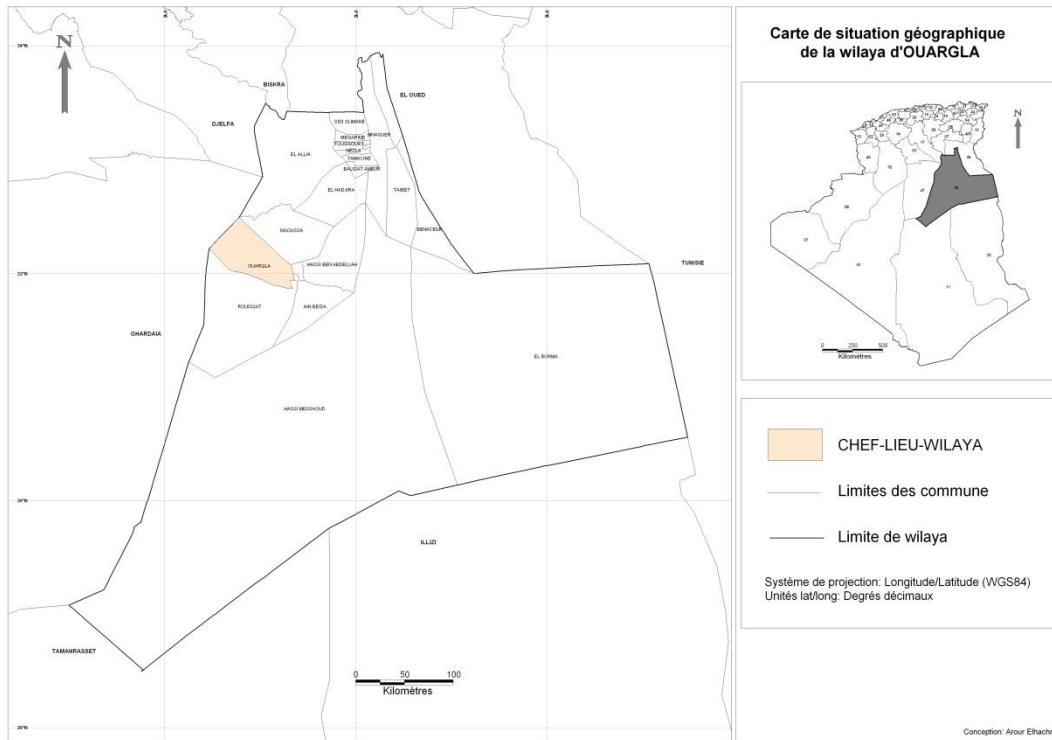


Figure 30 : Carte de la situation géographique d’Ouargla

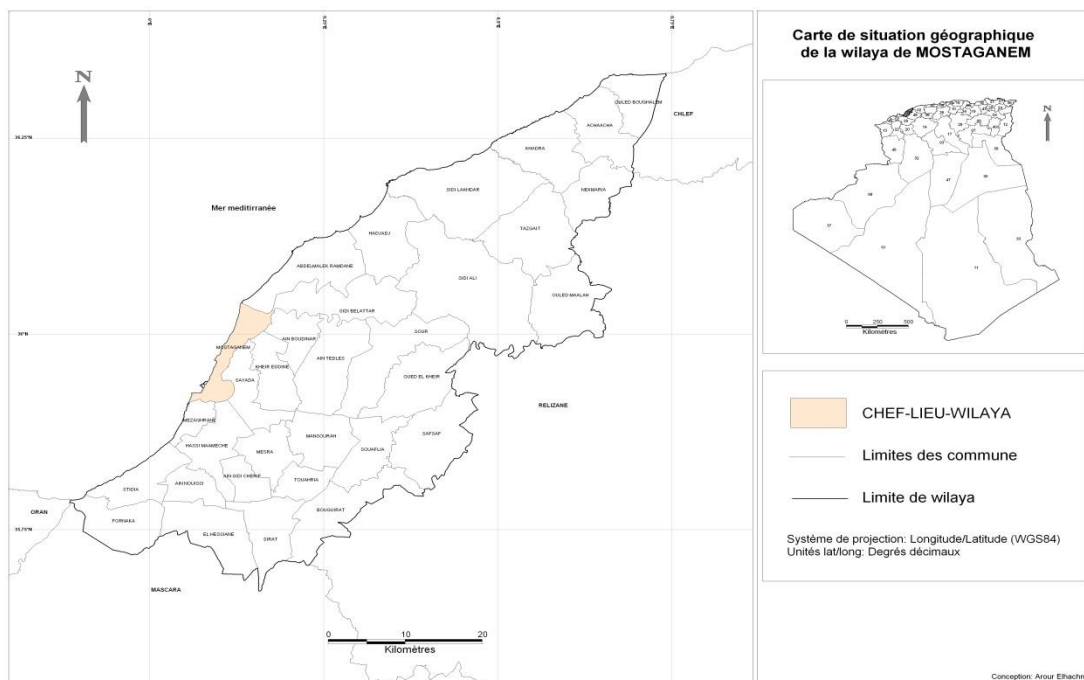


Figure 31 : Carte de la situation géographique de Mostaganem

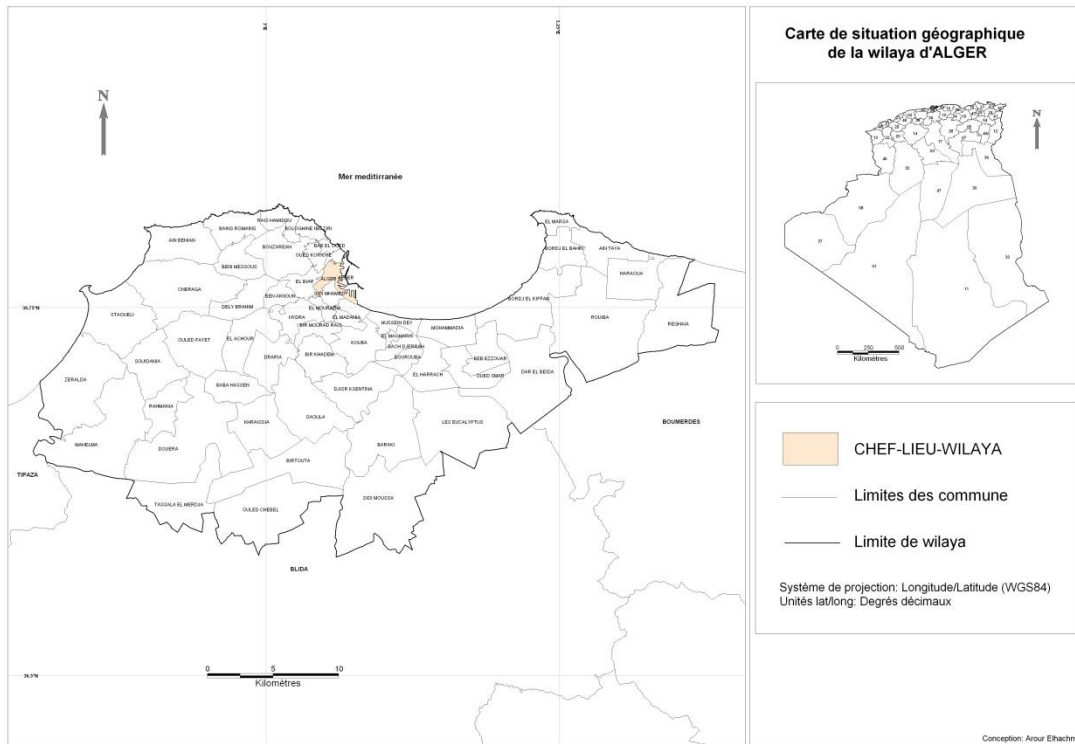


Figure 32 : Carte de la situation géographique d'Alger

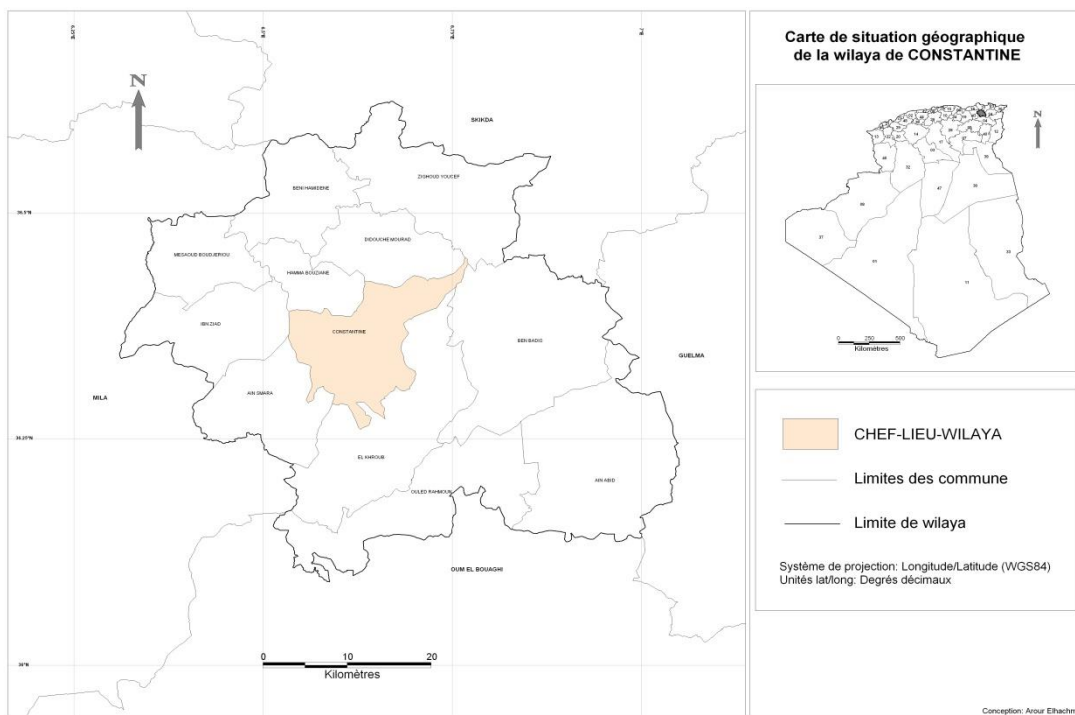


Figure 33 : Carte de la situation géographique de Constantine

32). Alger bénéficie d'un climat méditerranéen. Elle est connue par ses longs étés chauds et secs. Les hivers sont doux et humides. Les pluies sont abondantes et peuvent être diluviennes. Les températures en été peuvent atteindre les 44°C avec un taux d'humidité très élevé. Les températures en hiver peuvent descendre au-dessous de 0°C [82].

I-4- Constantine

Est une commune du nord-est de l'Algérie, chef-lieu de la wilaya de Constantine. Elle occupe une position géographique centrale dans cette région, étant une ville charnière entre le Tell et les Hautes plaines, au croisement des grands axes Nord-Sud et Ouest-Est. Constantine se situe à 431 km à l'est de la capitale Alger (figure 33). Le climat de Constantine est méditerranéen avec des températures moyennes qui varient de 3°C (hiver) à 44°C (été). Les précipitations varient de 20 à 80 mm [82].

Tableau 18 : positions géographiques des régions d'étude

	Ouargla (O)	Mostaganem (M)	Alger (A)	Constantine (C)
Latitude	31° 97'	35° 94'	36° 58'	36° 36'
Longitude	5° 34'	0° 09'	2° 90'	6° 60'
Altitude (m)	128	55	270	944

II- MATERIEL VEGETAL

Les variétés utilisées, classées selon la systématique décrite précédemment [36] [83], proviennent de graines d'origine européenne (Belgique). Les 6 variétés ont été cultivées en 4 régions : Mostaganem, Alger, Constantine et Ouargla en suivant le même protocole de culture adopté pour l'étude du comportement variétal de ces variétés (chapitre III).

Les variétés étudiées ont été plantées selon le bloc décrit dans le chapitre III. Les huiles ont été obtenues à partir de l'ensemble des pieds de chaque répétition.

Les 6 variétés de basilic étudiées proviennent de cultures soumises à 4 climats différents. Ainsi, nous possédons 24 échantillons.

III- CONDITIONS D'OBTENTION DES HUILES ESSENTIELLES

Les parties aériennes des *OCIMUM basilicum* L., ont été récoltées au stade plein floraison. Toutes les huiles essentielles analysées dans ce travail ont été obtenues au Laboratoire BioGéoChimie des milieux désertiques de l'UKMO.

Les huiles essentielles ont été obtenues par hydrodistillation de la matière végétale sèche; le rendement ainsi que le taux d'humidité ont été déterminés selon les normes usuelles ISO 6571 :1984 et ISO 939 :1980 respectivement. Tableau 19

IV- ANALYSE DES HUILES ESSENTIELLES

IV-1- Caractérisation organoleptique :

La valeur commercial d'une huile essentielle est la plus part du temps estimée d'après ses qualités organoleptiques. Pour nos échantillons, 3 caractères ont été déterminés : aspect, odeur et couleur.

Tableau 19 : propriétés organoleptiques, rendements et taux d'humidités de nos échantillons.

Huile essentielle	aspect	odeur	couleur.	R%	Taux d'humidité
O ₁	Liquide visqueux	Epicée fumée	Jaune claire	0.45±0.02	80.61±0.3%
M ₁				0.34±0.03	83.13±0.6%
A ₁				0.35±0.01	86.69±0.2%
C ₁				0.44±0.01	82.42±0.5%
O ₂	Liquide visqueux	Epicée camphrée	Jaune	0.33±0.01	71±0.8%
M ₂				0.31±0.01	84.86±0.3%
A ₂				0.68±0.03	89.65±0.9%
C ₂				0.5±0.01	88.7±1.1%
O ₃	Liquide visqueux	Boisée anisée	Jaune	0.40±0.01	83.1±0.3%
M ₃				0.28±0.02	86.86±0.2%
A ₃				0.41±0.03	93.18±0.4%
C ₃				0.48±0.02	85.25±0.5%
O ₄	Liquide visqueux	Epicée avec odeur de cannelle	Jaune	0.3±0.01	75±0.2%
M ₄				0.26±0.03	77.87±0.4%
A ₄				0.25±0.04	88.2±0.3%
C ₄				0.16±0.02	85±0.4%
O ₅	Liquide visqueux	Epicée anisée	Jaune claire	0.52±0.01	74.68±0.8%
M ₅				0.18±0.02	78.56±0.1%
A ₅				0.35±0.02	80.75±0.6%
C ₅				0.25±0.01	82.28±0.5%
O ₆	Liquide visqueux	Boisée citronnée	Jaune très claire (presque transparente)	0.35±0.03	76.82±0.3%
M ₆				0.23±0.01	81.33±0.7%
A ₆				0.21±0.03	86.67±0.5%
C ₆				0.15±0.04	79.62±0.4%

IV-2- Caractérisation physico-chimique :

L'intérêt offert par l'analyse physique d'une essence naturelle se trouve amélioré lorsque le travail ne se limite pas à l'établissement des proportions des différents constituants mais aussi à la confirmation de l'espèce végétale.

Les huiles essentielles doivent répondre à des normes analytiques imposées par les pays importateurs ou exportateurs et établies par des commissions nationales et/ou des commissions internationales d'experts [84], telles AFNOR, E.O.A, A.O.C.S, et I.S.O.

Les indices physiques que nous avons pu déterminés dans notre travail sont : densité relative à 20°C (NF ISO 279 : 1999 (T 75-111)), indice de réfraction (NF ISO 280 : 1999 (75-112)), pouvoir rotatoire (NF ISO 592 : 1999 (T75-113)) et miscibilité dans l'éthanol (NF T75-101 : 1999). Pour les indices chimiques, nous n'avons pas pu les déterminer faute de quantités insuffisantes.

IV-3- Analyse chromatographiques en phase gazeuse (CPG) :

L'identification des constituants volatils des huiles essentielles a été réalisée au moyen de la CPG couplée à la spectrométrie de masse et la détermination quantitative a été effectuée sur un appareil équipé d'un détecteur à ionisation de flamme (CPG/FID). La quantification des constituants des huiles essentielles est déterminée par la méthode universelle de normalisation interne sans coefficient de réponse.

IV-3-1- chromatographie CPG/SM :

9 de nos huiles essentielles ont été analysées au Laboratoire d'Analyse Organique Fonctionnelle à l'USTHB, Alger. 15 de nos huiles essentielles ont été analysées à l'unité CHOM, UCL, Louvain la neuve, Belgique,, selon les conditions suivantes :

Chromatographe Agilent 6890 équipé d'un détecteur de masse 5975 (serie C).

Conditions opératoires :

-colonne : HP-1 : 50 m x 0.2 mm, épaisseur de film 0.33 µm

-gaz vecteur : Hélium : 1.3 ml/mn

-énergie d'ionisation : 70 Ev

-température de l'injecteur : 250°C

-température de détecteur : 250°C

-programmation du four: 60°C pendant 2 min, 4°C/min de 60 à 300°C, 10 min à 300°C

-injecteur mode split 1/100

L'identification des composés a été réalisée par comparaison de leurs spectres de masse et de leurs KI avec ceux des bases de données Adams [85], NIST 02 et nos propres indices de rétention calculés dans le chapitre II.

Lorsque ce était possible, les chromatogrammes sont retraités avec le seul ion $m/z=136, 154, 204$ et 222 . Les autres ions permettent de confirmer la pureté des pics en prenant en compte le rapport de leurs intensités respectives. Cette méthode est utilisée dans le contrôle de qualité de certaines boissons.

IV-3-2- chromatographie CPG/FID

Chromatographe Agilent 6890 équipé d'un détecteur à ionisation de flamme.

Conditions opératoires :

-colonne : HP-1 : 50 m x 0.2 mm, épaisseur de film 0.33 μm

-gaz vecteur : Hélium : 1.3ml/mn

-température de l'injecteur : 250°C

-température de détecteur : 250°C

-programmation du four: 60°C pendant 2 min, 4°C/min de 60 à 300°C, 10 min à 300°C

-injecteur mode split 1/100

Le schéma 06 résume le procédé d'identification et de quantification des composés d'une huile essentielle.

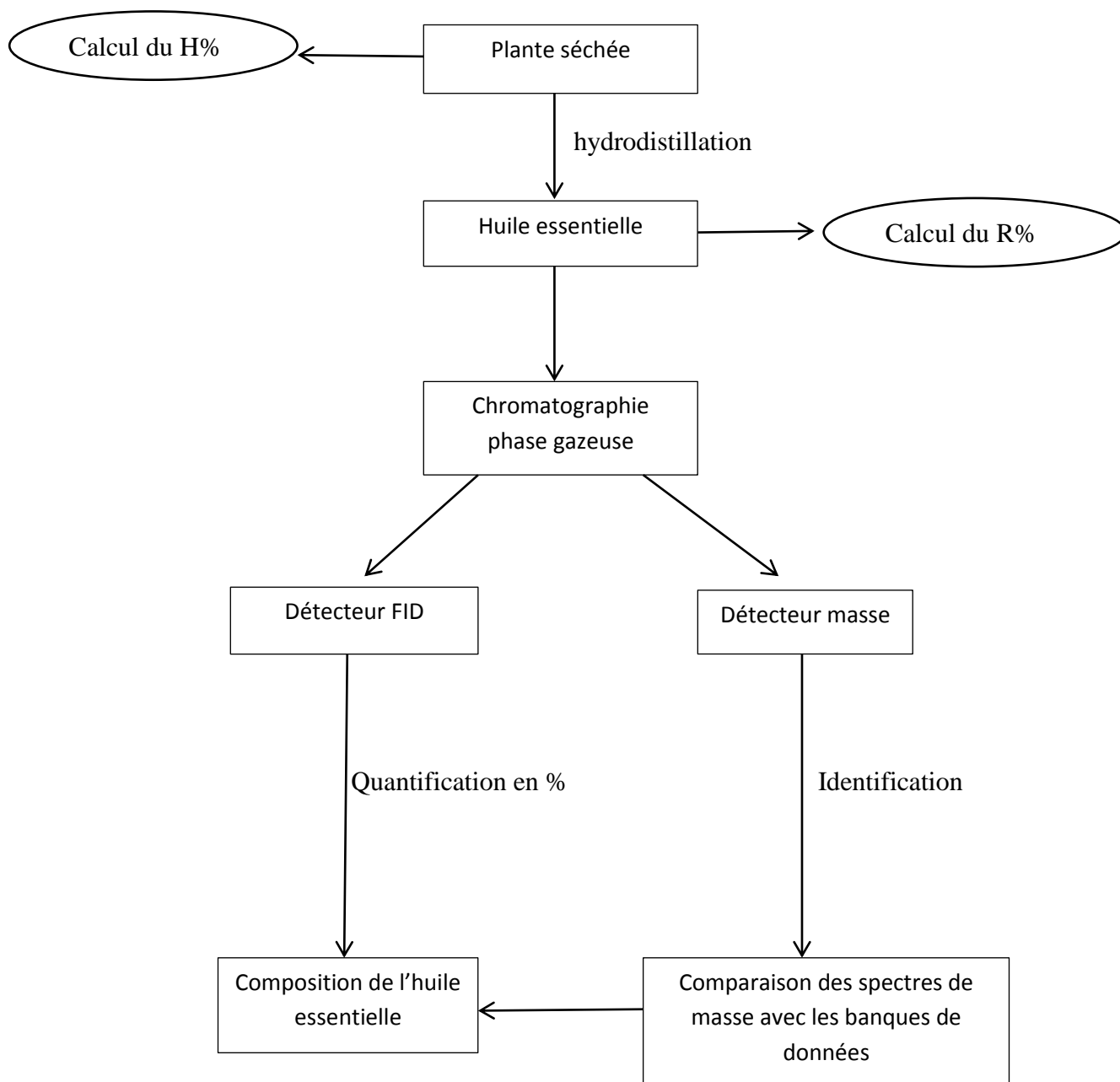


Schéma 06 : Procédure de l'obtention et de l'analyse d'une huile essentielle

La quantification a été acquise par le calcul des aires relatives obtenues par rapport à l'aire totale du chromatogramme à l'aide du logiciel Chemstation de Agilent Instrument. Nous avons admis que les coefficients de réponse sont égaux à 1 pour l'ensemble des composés. Le pourcentage (m/m) de chaque composé sera exprimé par rapport à l'ensemble des constituants.

Nous avons ensuite, à partir des résultats analytiques, lorsque le nombre d'individus est suffisant, réalisé une étude statistique à l'aide du logiciels SYSTAT-13 et XLSTAT

Nous utiliserons :

-l'analyse par groupe hiérarchique ou dendrogramme, il résume graphiquement les similitudes et les relations des individus entre eux.

-l'analyse en composantes principales (ACP) qui a pour but de comprendre et de visualiser comment les effets de phénomènes isolées se combinent. Elle permet de mieux expliquer la dispersion du nuage de points disponibles, elle permet ainsi d'informer sur l'axe le plus significatif. La somme des pourcentages des facteurs des 3 axes renseigne sur le taux de déperdition d'information à partir des données de base. Ainsi, si le premier facteur résume 70%, le second 15% et le troisième 6%, l'information représentée sur la figure représente 91%. L'information perdue est donc de 9%. Tant que cette valeur est réduite, tant que les résultats seront plus significatifs.

Ces analyses auront pour objectif de déterminer des groupes éventuellement reconnaître des chémotypes.

Les pourcentages des composés majoritaires ($\% > 1$) de chacun des échantillons étudiés seront utilisés pour les calculs statistiques.

Les résultats ainsi obtenus (dendrogramme et ACP) seront corrélés par des tests statistiques comparatifs ; le plus utilisé est Test de sphéricité de Bartlett : qui au seuil de signification $\text{Alpha} = 0,050$ on peut rejeter l'hypothèse nulle d'absence de corrélation significative entre les variables.

L'ensemble des données devrait ainsi permettre ou non de montrer la similitude de composition des huiles essentielles de plusieurs populations, et ce, en fonction de leur origine géographique.

Un tableau de la composition détaillée de l'échantillon est donné ainsi que le chromatogramme correspondant.

Pour chaque variété, une comparaison de nos résultats avec ceux de la littérature sera faite, afin de déterminer une éventuelle similitude de composition. Ces résultats permettront de confirmer ou d'infirmer une relation origine géographique-composition.

Pour chaque variété, la composition de chacune des huiles essentielles sera visualisée par un graphique représentant les composés principaux et un autre représentant les familles principales.

I- SECTION *OCIMUM BASILICUM L GENOVESE*.

Les chromatogrammes des 4 huiles essentielles obtenus par GC-MS sont illustrés sur la figure 34.

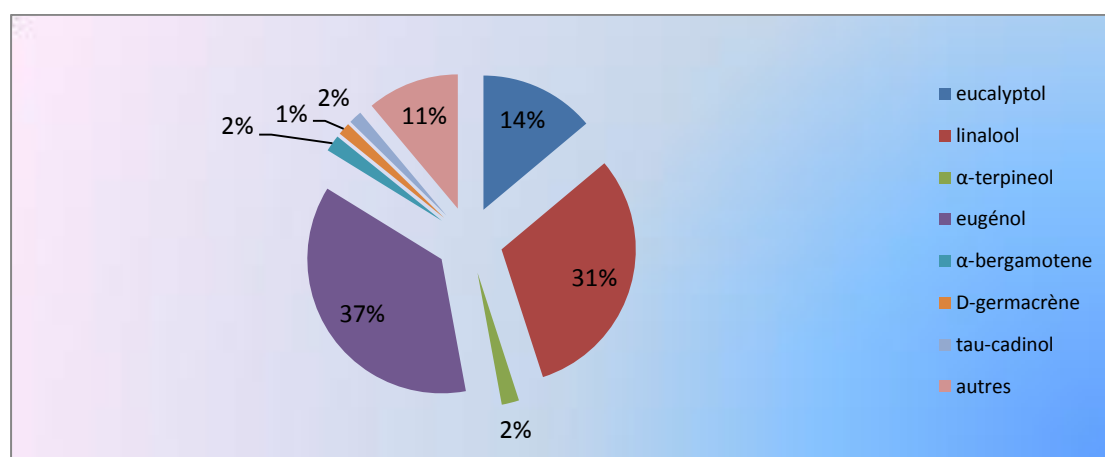
I-1- *Ocimum basilicum L. genovese* cultivé à Ouargla O₁

- Caractéristiques physico-chimiques et analyse de l'huile essentielle

Densité relative (20°C)	Indice de réfraction	Pouvoir rotatoire	Miscibilité dans l'éthanol 90° (v/v)
0.950	1.5080	-6.32°	2.5/1

La composition détaillée de l'huile essentielle et sa quantification obtenue par GC/FID sont regroupées dans le tableau 20.

Graphique 1 : répartition en % des principaux composés de l'huile essentielle d'O₁



Graphique 2 : répartition en % des principales familles de l'huile essentielle d'O₁

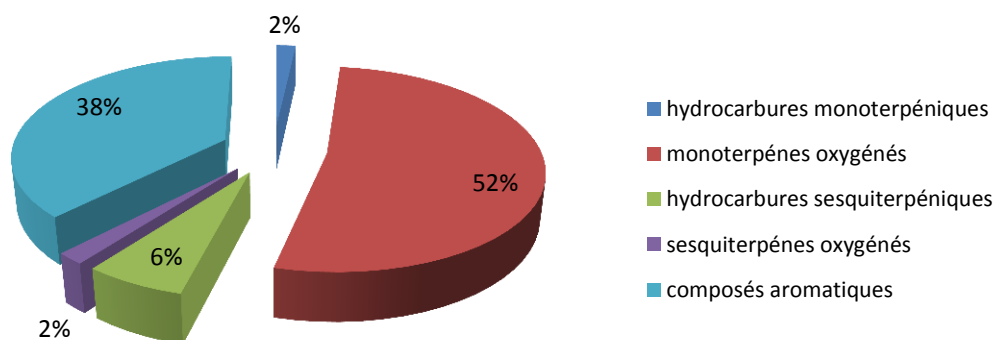


Tableau 20 : composition de l'huile essentielle d'O₁

N°	KI	%
01	969	0.1
02	975	0.3
03	979	t
04	984	0.3
05	986	t
06	1001	t
07	987	t
08	1015	t
09	1022	0.2
10	1024	13.9
11	1028	t
12	1039	0.8
13	1055	0.1
14	1061	0.2
15	1075	0.2
16	1082	0.1
17	1090	31.1
18	1094	t
19	1126	0.9
20	1151	0.4
21	1154	0.4
22	1164	t
23	1166	0.9
24	1176	2.1
25	1193	0.1
26	1211	t
27	1223	0.1
28	1234	0.3
29	1273	0.6
30	1324	0.1
31	1329	t
32	1331	36.7
33	1377	0.1
34	1379	t
35	1383	0.8
36	1387	0.1
37	1419	t
38	1429	0.1
39	1438	2.0
40	1442	0.3
41	1444	t
42	1459	0.2
43	1461	0.1
44	1466	0.2
45	1484	1.5
46	1499	0.4
47	1501	t
48	1507	0.4
49	1514	0.8
50	1517	t
51	1519	0.2
52	1520	0.1
53	1577	t
54	1623	0.4
55	1639	1.6
56	1648	0.1

57	1653	0.1
	Hydrocarbures monoterpéniques	1.7
	Monoterpènes oxygénés	51.2
	Hydrocarbures sesquiterpéniques	6.3
	Sesquiterpènes oxygénés	1.8
	Composés aromatiques	37.0
	Totale identifié	99.5

▪ - Discussion

57 composés ont été identifiés représentant 99.5% de l'huile. Les monoterpènes oxygénés majoritaires (51.2% de l'huile) sont représentés par le linalool (31.1%) et l'eucalyptol (13.9%). Les composés aromatiques ou les phénols sont représentés par le composé majoritaire l'eugénol avec un taux de 36.7%.

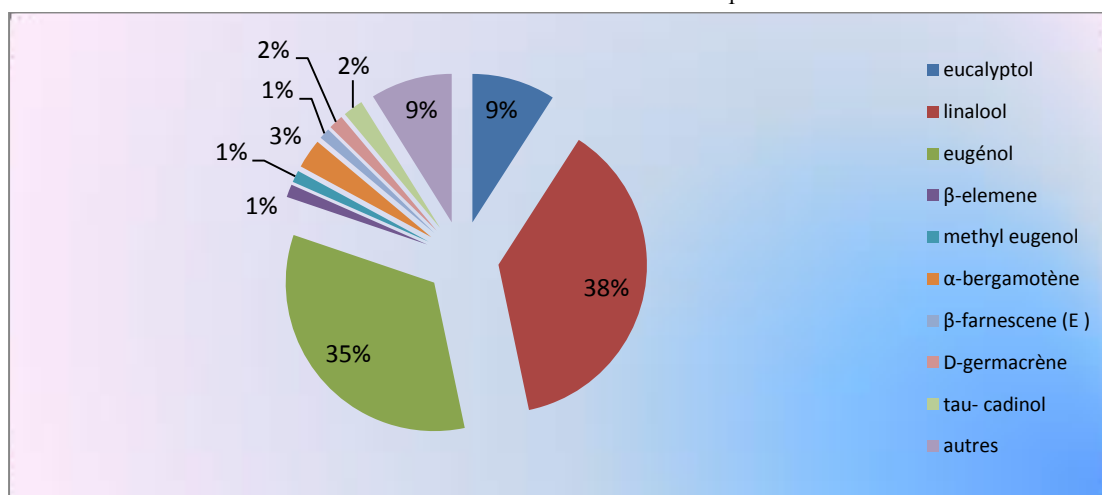
I-2- *Ocimum basilicum L. genovese* cultivé à Mostaganem M₁

▪ Caractéristiques physico-chimiques et analyse de l'huile essentielle

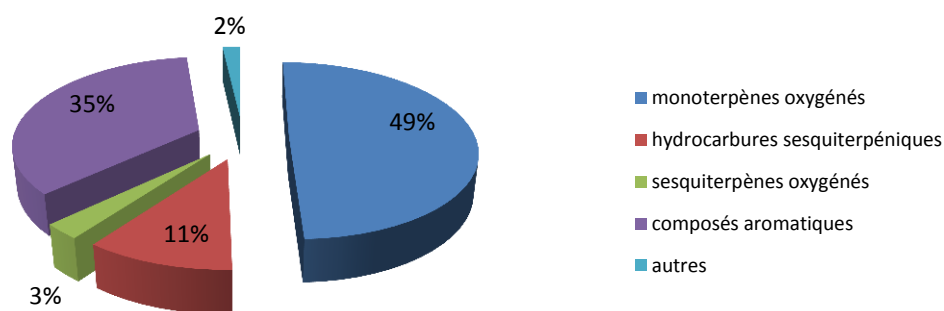
Densité relative (20°C)	Indice de réfraction	Pouvoir rotatoire	Miscibilité dans l'éthanol 90° (v/v)
0.942	1.5010	-2.25°	1.7/1

Le tableau 21 regroupe la composition de cet échantillon quantifiée par GC-FID

Graphique 3: répartition en % des principaux composés de l'huile essentielle de M₁



Graphique 4: répartition en % des principales familles de l'huile essentielle de M₁



▪ - Discussion

31 composés ont été identifiés représentant 98% de l'huile. Elle se compose en majorité de monoterpènes oxygénés (49.5%) et de composés aromatiques (35.2%). Le composé majoritaire est le linalool avec un taux de 37.6% suivi d'eugénol avec un taux de 33.5%. Cet échantillon est riche en 1,8-cinéol avec un taux de 9.1%.

Les hydrocarbures sesquiterpéniques sont présents avec un taux de 10.7% représentés par l' α -bergamotène (3.2%), le D- germacrène (1.6%), β -elemène (1.4%) et la β - farnesène (E) (1.2%).

Tableau 21 : composition de l'huile essentielle de M₁

N°	KI	%
01	837	0.4
02	975	t
03	1024	9.1
04	1056	0.1
05	1090	37.6
06	1126	0.4
07	1151	t
08	1154	0.6
09	1162	0.2
10	1176	0.9
11	1273	0.5
12	1324	0.1
13	1331	33.5
14	1360	0.4
15	1383	1.4
16	1387	1.3
17	1426	0.8
18	1438	3.2
19	1445	0.1
20	1459	0.3
21	1461	1.2
22	1484	1.6
23	1499	0.5
24	1505	0.3
25	1507	0.4

26		1514	0.7
27		1519	0.2
28		1639	2.2
29		1641	0.2
30		1643	0.3
31		1645	0.1
Totale identifié			98.0
Hydrocarbures monoterpéniques			0.0
Monoterpènes oxygénés			49.5
Hydrocarbures sesquiterpéniques			10.7
Sesquiterpènes oxygénés			2.8
Composés aromatiques			35.2

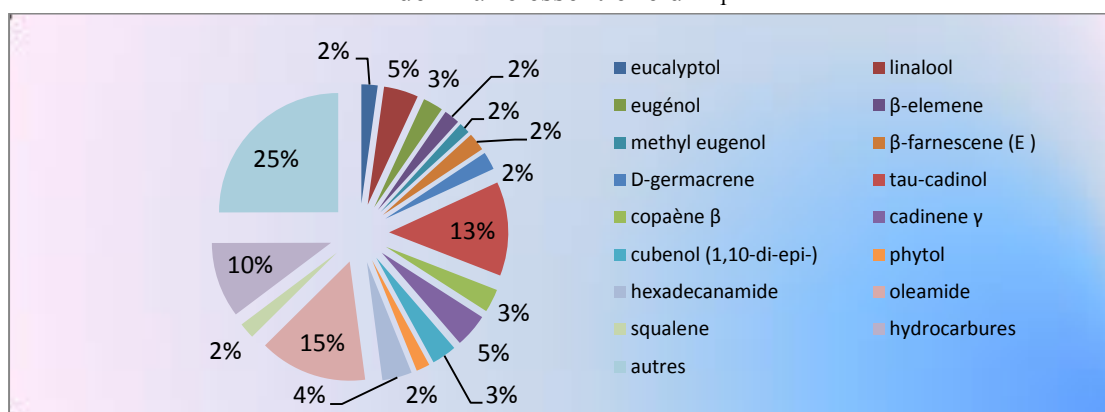
I-3- *Ocimum basilicum L. genovese* cultivé à Alger A₁

- Caractéristiques physico-chimiques et analyse de l'huile essentielle

Densité relative (20°C)	Indice de réfraction	Pouvoir rotatoire	Miscibilité dans l'éthanol 90° (v/v)
0.942	1.5009	-2.05	2/1

La composition de cette huile est regroupée dans le tableau 22.

Graphique 5: répartition en % des principaux composés de l'huile essentielle d'A₁



Graphique 6: répartition en % des principales familles de l'huile essentielle d'A₁

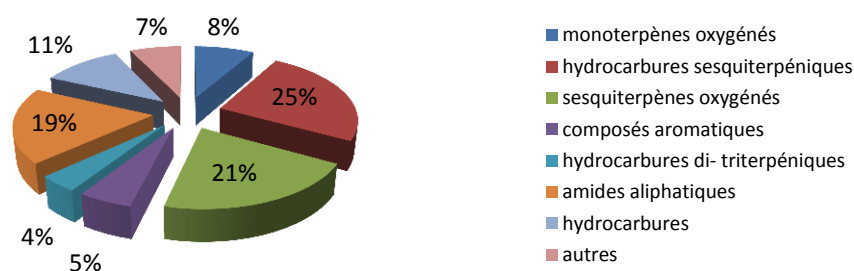


Tableau 22 : composition de l'huile essentielle d'A₁

N°	KI	%
01	1026	2,9
02	1099	4,69
03	1199	1,1
04	1282	0,7
05	1331	0,8
06	1359	2,73
07	1386	2,13
08	1404	1,5
09	1410	0,40
10	1430	3,17
11	1445	0,7
12	1454	2,44
13	1472	2,43
14	1478	1,50
15	1488	1,87
16	1491	0,9
17	1498	0,36
18	1507	4,58
19	1518	1,2
20	1526	0,9
21	1530	0,8
22	1538	0,6
23	1561	0,45
24	1583	0,84
25	1598	0,56
26	1607	3,38
27	1634	12,78
28	1642	0,57
29	1649	1,90
30	1682	0,46
31	1790	0,5
32	1798	1,65
33	1900	0,53
34	1905	0,33
35	1974	0,13
36	2054	0,32
37	2073	0,24
38	2144	1,85
39	2168	1,18
40	2179	4,04
41	2266	1,91
42	2355	14,65
43	2386	2,61
44	2495	2,38
45	2594	2,16
46	2814	1,1
47	2967	1,2
Totale identifié		96,63%
Monoterpènes oxygénés		8,29%

Hydrocarbures sesquiterpéniques	24.78%
Sesquiterpènes oxygénés	20.78%
Composés aromatiques	5.33%
Hydrocarbures diterpéniques, triterpéniques	4.01%
Amides aliphatiques	18.69%
hydrocarbures	11.02%

▪ - Discussion

La composition de notre huile essentielle dans cette région est très différente aux deux précédentes.

47 composés ont été identifiés, partagés entre les hydrocarbures sesquiterpéniques avec un taux de 24.78% et les sesquiterpènes oxygénés avec un taux de 20.78%. l'apparition de deux nouvelles familles est remarquable avec un taux de 18.69% pour les amides aliphatiques et un taux de 11.02% pour les hydrocarbures. Les di et triterpènes sont présents avec un taux de 1.85 % pour le phytol et 2.16 % pour le squalane. Le produit majoritaire dans cette composition est l'oleamide (9-octadecenamamide, (Z)) avec un taux de 14.65% (figure 34 OL) L'oleamide est un principe actif qui induit le sommeil, il est largement utilisé dans la pharmacognosie [86]. Sa présence dans l'huile essentielle de basilic n'a jamais été signalée à ce jour dans la littérature. Le deuxième composé est le tau-cadinol avec un taux de 12.78%. Le linalool et l'eugénol sont présent avec des taux de 4.69% et 2.73%, respectivement.

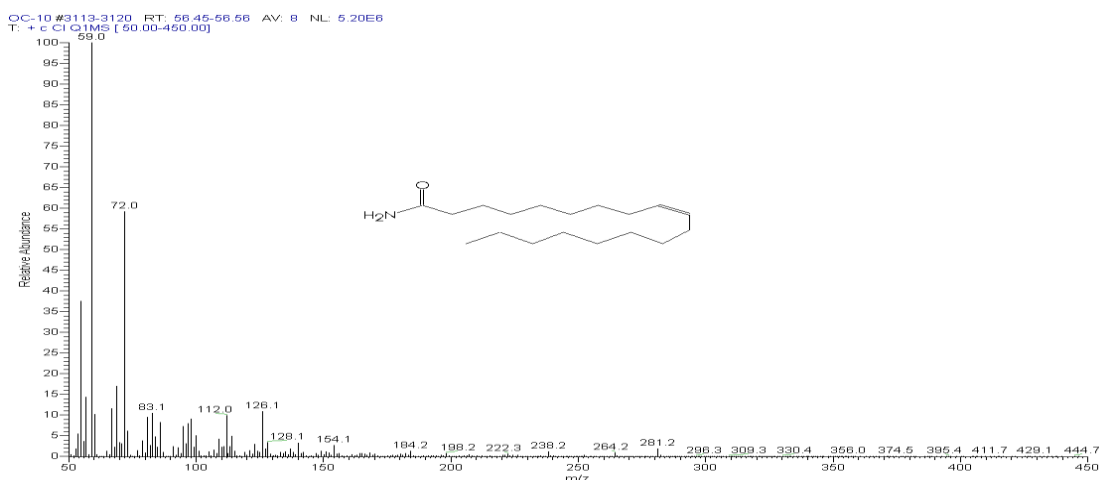


Figure 34 OL : spectre de masse du composé n°42 (KI=2355)

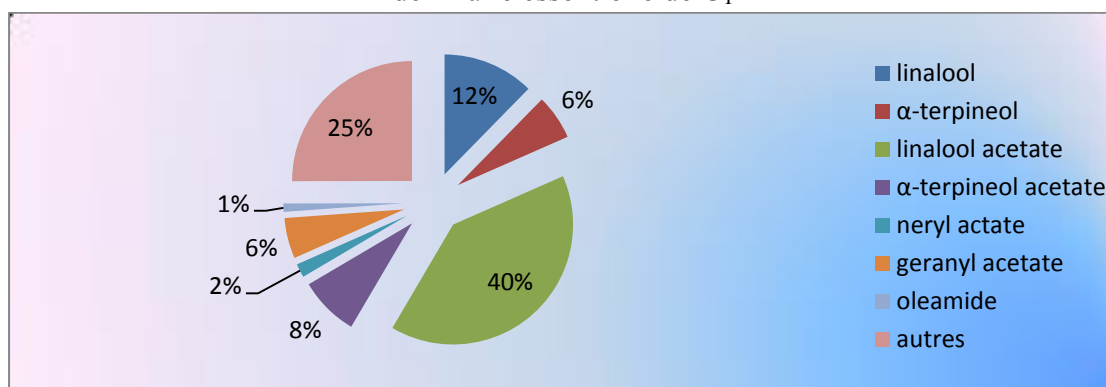
I-4- *Ocimum basilicum L. genovese* cultivé à Constantine C₁

▪ Caractéristiques physico-chimiques et analyse de l'huile essentielle

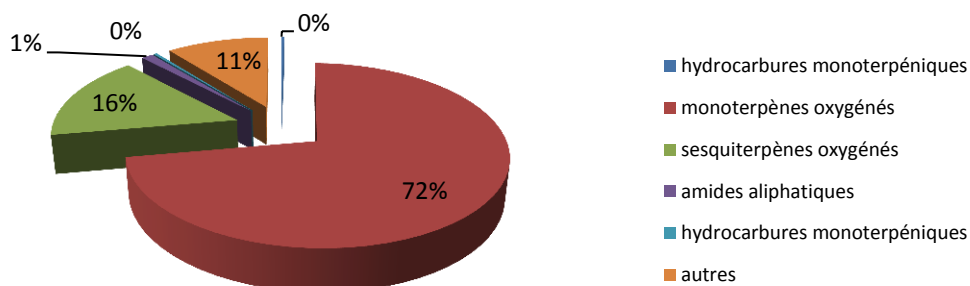
Densité relative (20°C)	Indice de réfraction	Pouvoir rotatoire	Miscibilité dans l'éthanol 90° (v/v)
0.925	1.5005	-4.372	3/1

Le tableau 23 regroupe la composition détaillée de notre huile essentielle.

Graphique 7: répartition en % des principaux composés de l'huile essentielle de C₁



Graphique 8: répartition en % des principales familles de l'huile essentielle de C₁



▪ - Discussion

44 composés ont été identifiés représentant 88.71% de l'huile. Elle se compose en majorité de monoterpènes oxygénés avec 71.93%. L'échantillon étudié est riche en linalool acétate avec un taux de 40.09%, donnant lieu à un nouveau chimotype, suivi de linalool avec un taux de 12.34%. L'oleamide est présent aussi dans cette huile avec un taux de 1.12%.

Tableau 23 : composition de l'huile essentielle de C₁

N°	KI	%
01	987	0,19
02	1023	0,05
03	1024	0,24
04	1034	0,05
05	1043	0,07
06	1061	0,06
07	1066	1,19
08	1083	1,31
09	1104	12,34
10	1122	0,18
11	1159	0,35
12	1162	0,14
13	1189	6,06

14	1196		0,84
15	1237		0,29
16	1260		40,09
17	1268		0,94
18	1285		0,28
19	1316		0,24
20	1347		8,06
21	1362		1,85
22	1381		5,48
23	1386		0,18
24	1394		0,70
25	1415		0,32
26	1425		2,06
27	1428		0,56
28	1446		0,47
29	1454		0,33
30	1456		0,08
31	1464		0,05
32	1480		0,14
33	1484		0,3
34	1522		0,54
35	1556		0,13
36	1570		0,17
37	1573		0,07
38	1581		0,33
39	1702		0,02
40	1966		0,23
41	1971		0,06
42	2294		0,19
43	2349		1,12
44	2885		0,36
Totale identifié			88.71%
Hydrocarbures monoterpéniques			0.31%
Monoterpènes oxygénés			71.93%
Sesquiterpènes oxygénés			1.69%
Amides aliphatiques			1.18%
hydrocarbures			0.36%

Mostaganem

Abundance

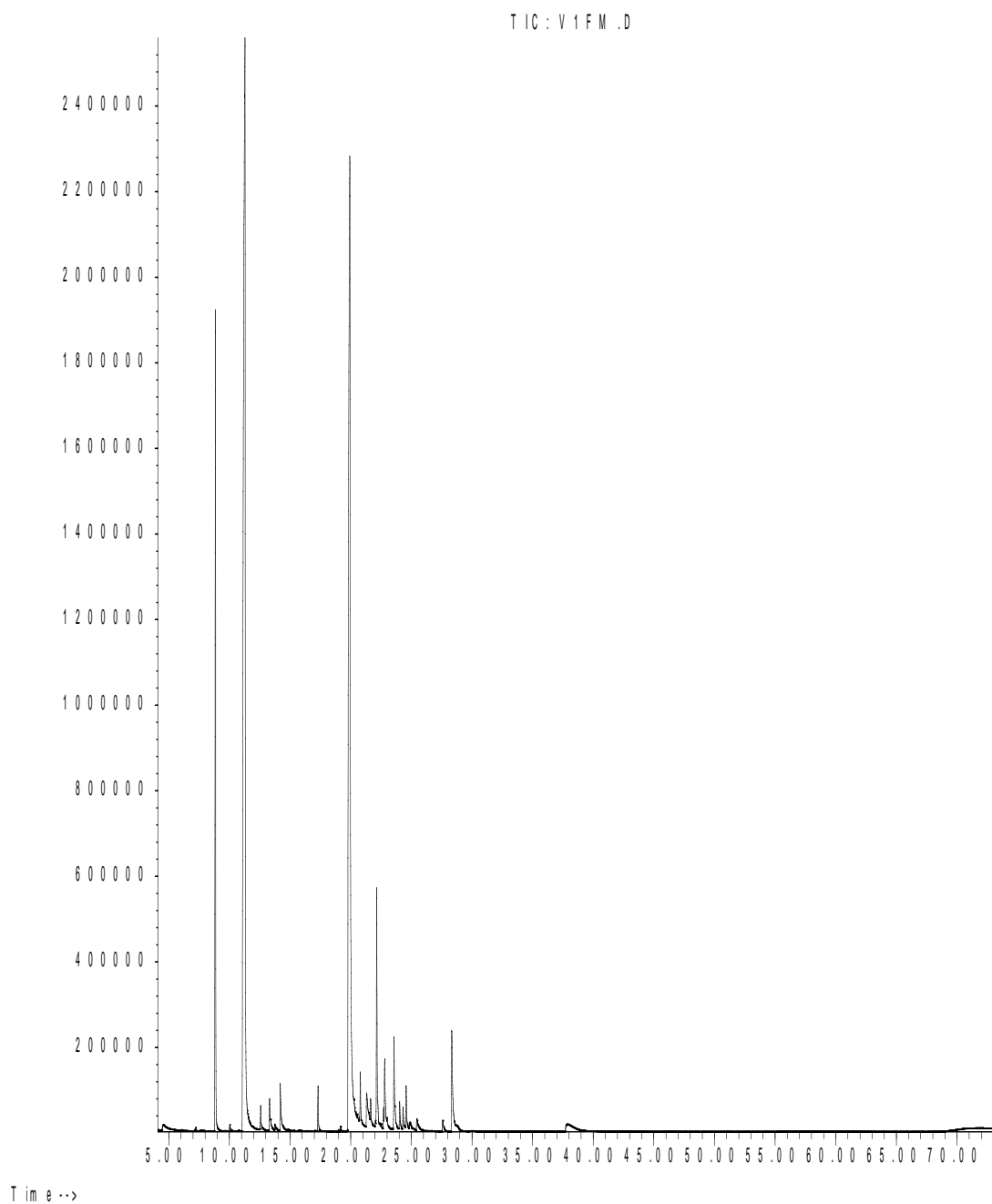


Figure 34 : chromatogrammes GC-MS des huiles essentielles d'*Ocimum basilicum* L. V₁

▪ **Analyse statistique de la variété *Ocimum basilicum* L. (grand vert) V₁**
 Une étude par Composition Ascendante Hiérarchique (CAH) et par Analyse en Composantes Principales (ACP) a été réalisée sur les 4 échantillons d'huiles essentielles d'*Ocimum basilicum* L. (figures 34a,34b et 34c)

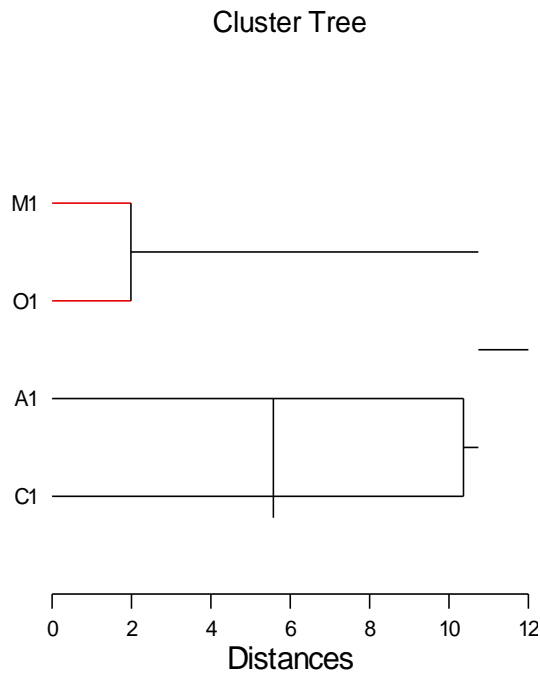


Figure 34a : dendrogramme de la composition des 4 huiles essentielles de V₁

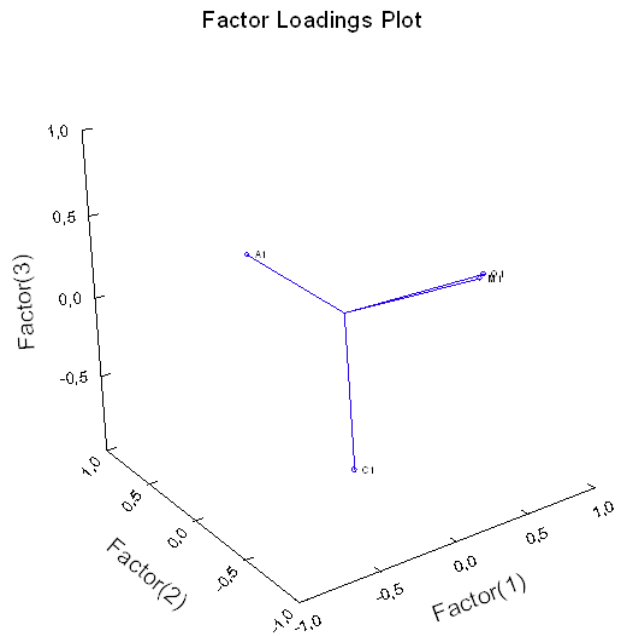


Figure 34b : ACP 3D de la composition des 4 huiles essentielles de V₁

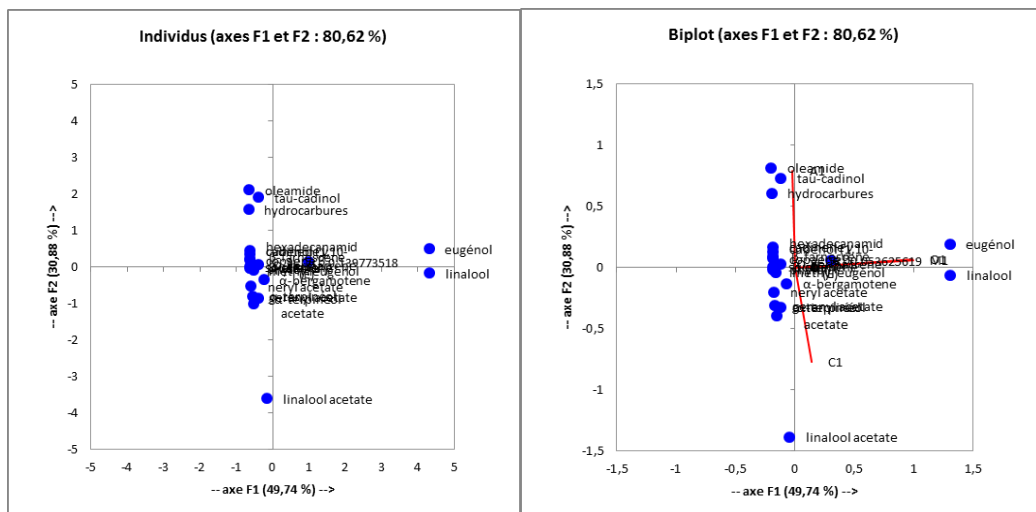


Figure 34c : ACP (individus et biplot) de la composition des 4 huiles essentielles de V₁

▪ **Discussion générale sur la variété *Ocimum basilicum* L. V1**

Les distances observées (> 10) sur le dendrogramme montrent la présence de 3 groupes bien distincts, ce qui est confirmé par l'ACP, où on observe une superposition des deux axes O₁ et M₁ ce qui prouve leur similitude. Par contre l'axe d'A1 et l'axe de C₁ sont dans des directions différentes.

Les deux huiles essentielles issus d'Ouargla et de Mostaganem sont similaires (distances < 2 dans le dendrogramme) (chénotype : linalool/eugénol ; eugénol/linalool). On attribue à l'huile essentielle de basilic la qualité d'induire le sommeil, cela est expliqué par la présence de l'oleamide dans sa composition. L'huile essentielle d'Alger est différente avec l'oleamide comme composé majoritaire. Dans la littérature d'autres huiles essentielles contiennent ce principe actif [87] [88].

Un nouveau chénotype est présenté avec l'huile essentielle de Constantine : linalool acetate avec un pourcentage de 40.09%. Moussa Brada a rapporté que l'huile essentielle d'*Ocimum basilicum* L. issu du nord algérien contient le linalool acétate avec un taux de 14% [89].

L. Hadj Khelifa a cité que l'huile essentielle d'*Ocimum basilicum* L. du nord algérien contient du linalool avec 32.68% , linalool acétate (16%) et le géranyl acétate (6.18%) [v1 3]. N. Dev et al, a trouvé que l'huile essentielle d'*Ocimum basilicum* L. est à chemotype eugénol avec un taux de 61.76% [90]

Jennifer Bufalo a étudié l'effet de la fertilisation sur la composition de l'huile essentielle d'*Ocimum basilicum* L. et a trouvé que le composé majoritaire était le linalool avec un taux qui varie de 37.91% à 46.64% suivi de l'eugénol avec un taux entre 19.58% et 21.25% [91].

E.Svecova a reporté que l'huile essentielle d'*Ocimum basilicum* L. variété grand vert se compose de linalool (13.15% - 16.20%), le 1,8-cinéol (12.75% - 16.25 %) et l'eugénol de (7.75%-10.85%) [92].

Abhay K, résume la composition de l'huile essentielle d'*Ocimum basilicum* L., de diverses origines [93] dans le tableau 24.

L'ensemble des travaux sur la variété (grand vert) *Ocimum basilicum* L., montrent que celle-ci n'est pas identifiable par la seule analyse de son huile essentielle.

Tableau 24 : Composition de l'huile essentielle d'*Ocimum basilicum* L. selon leurs origines

origine	Oum Ruaba (Soudan)	Turquie	Pakistan	Italie	Cameroun	Mali
Composition majoritaire	Methyl chavicol (70%) linalool (25%)	Linalool (45.7%), eugenol (13.4%)	Methyl chavicol (87.30%)	Linalool, methyl chavicol, eugenol	Linalool (50.80%), limonene (10.40%)	Linalool , methyl eugenol
origine	Guinée	Inde	Nigéria	Égypt.	Australie	Basilic européen
Composition majoritaire	Linalool (69%) eugenol (10%)	methyl chavicol (70.04%), linalool acetate (22.54%)	Methyl chavicol (60.30%), linalool (10%)	Linalool (44.18%), 1,8-cineol (13.65%)	Linalool (28.60%), Estragole (21.70%)	Linalool (53%), methyl chavicol (29%)

II- SECTION *OCIMUM BASILICUM* L *PURPURASCENS* V₂.

Les chromatogrammes des 4 huiles essentielles obtenus par GC-MS sont illustrés sur la figure 35.

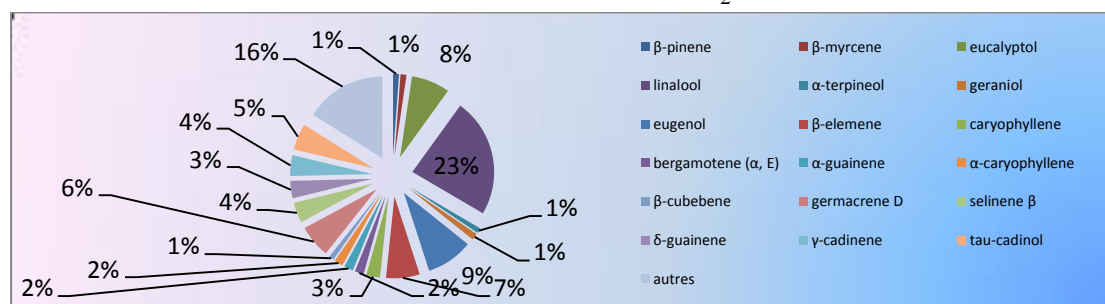
II-1- *Ocimum basilicum* L. *purpurascens* cultivé à Ouargla O₂

- Caractéristiques physico-chimiques et analyse de l'huile essentielle

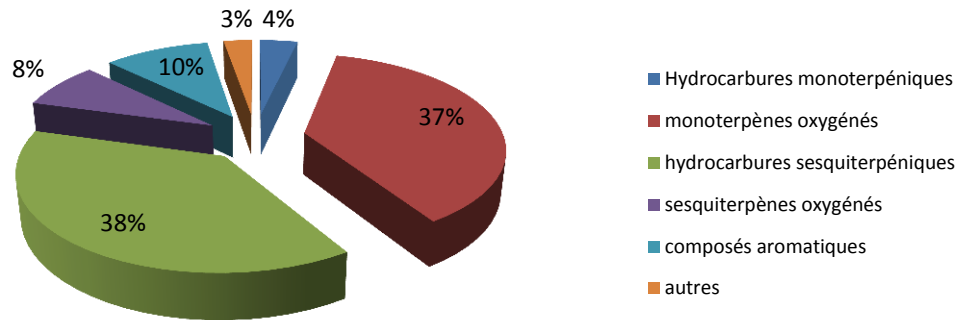
Densité relative (20°C)	Indice de réfraction	Pouvoir rotatoire	Miscibilité dans l'éthanol 90° (v/v)
0.934	1.6598	-8.56°	1.5/1

La composition détaillée de l'huile essentielle et sa quantification sont regroupés dans le tableau 25

Graphique 09 : répartition en % des principaux composés de l'huile essentielle d'O₂



Graphique 10: répartition en % des principales familles de l'huile essentielle d'O₂



Discussion :

52 composés ont été identifiés représentant 98.21% de l'huile. Cette variété est caractérisée par la dominance de deux familles : les hydrocarbures sesquiterpéniques (38.24%) représentés par la β - elemene (6.65%), le germacrene D (6.47%) et d'autres. et les monoterpènes oxygénés (37.4%) dont ils contiennent le composé linalool (23.47%) et le 1,8-cineol (7.62%). Les composés aromatiques sont présents avec un taux de 10.07% représentés majoritairement par l'eugénol (9.26%).

Tableau 25 : composition de l'huile essentielle d'O₂

N°	KI	%
01	932	0.47
02	946	0.07
03	969	0.52
04	974	1.16
05	988	1.18
06	1010	0.05
07	1017	0.03
08	1032	7.62
09	1049	0.05
10	1057	0.07
11	1066	0.2
12	1086	0.98
13	1104	23.47
14	1117	0.41
15	1143	0.71
16	1163	0.03
17	1165	0.19
18	1175	0.19
19	1188	1.02
20	1215	0.74
21	1251	1.3
22	1279	0.54
23	1328	0.23
24	1334	0.06
25	1358	9.26
26	1368	0.6
27	1377	0.91
28	1387	6.65
29	1399	0.81
30	1412	2.71
31	1423	0.41
32	1427	1.77
33	1430	1.8

34		1434	0.19
35		1438	0.57
36		1445	1.74
37		1448	0.88
38		1454	1
39		1475	6.47
40		1478	0.83
41		1489	4.03
42		1497	3.43
43		1506	4.1
44		1513	0.91
45		1527	0.15
46		1553	0.43
47		1568	0.41
48		1572	0.17
49		1603	0.86
50		1624	5.2
51		1630	0.36
52		1632	0.54
Total identifié			98.21%
Hydrocarbures monoterpéniques			3.6
Monoterpènes oxygénés			37.42
Hydrocarbures sesquiterpéniques			38.24
Sesquiterpènes oxygénés			7.97
Composés aromatiques			10.07

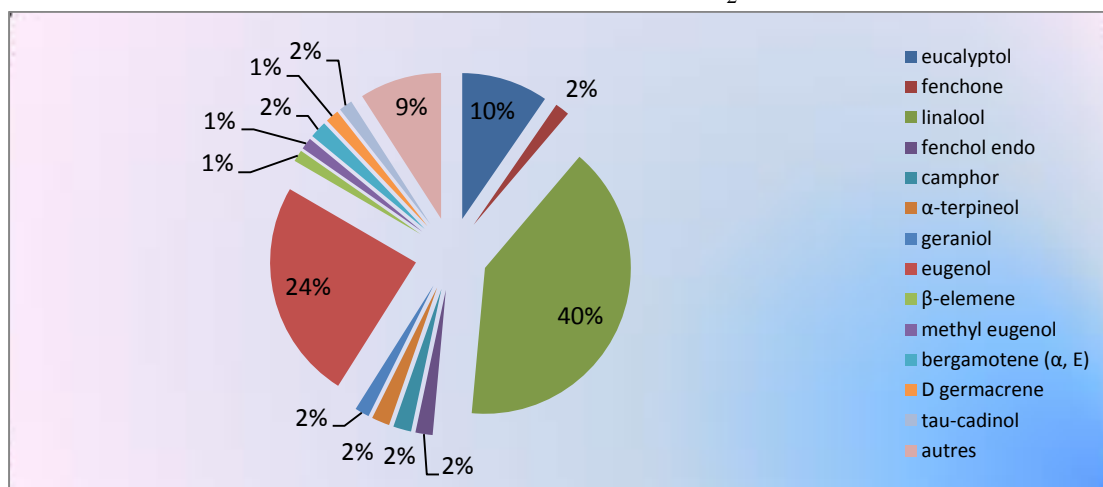
II-2- *Ocimum basilicum L. purpurascens* cultivé à Mostaganem M₂

- Caractéristiques physico-chimiques et analyse de l'huile essentielle

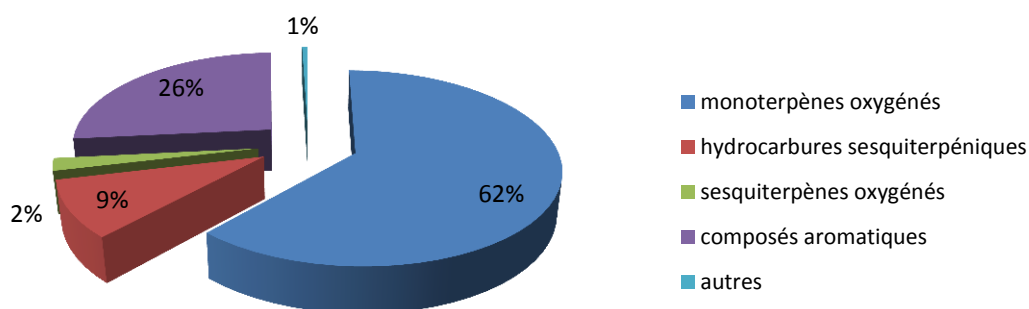
Densité relative (20°C)	Indice de réfraction	Pouvoir rotatoire	Miscibilité dans l'éthanol 90° (v/v)
0.962	1.4971	-9.87°	1.5/1

La composition quantifiée de cette huile est regroupée dans le tableau 26.

Graphique 11 : répartition en % des principaux composés de l'huile essentielle de M₂



Graphique 12 : répartition en % des principales familles de l'huile essentielle de M₂



Discussion :

49 composés ont été identifiés représentant 96.5% de l'huile. Les monoterpènes oxygénés constituent principalement l'huile (61.8%) : le linalool est le composé majoritaire (40.2%). Les composés aromatiques (26.1%) sont représentés de façon prépondérante par l'eugénol (24.4%). Les hydrocarbures sesquiterpéniques (9.5%) sont pour chacun en faibles quantités : bergamotene (α , E) (1.9%) et le germacrene D (1.5%). Le tau-cadinol représente les sesquiterpènes oxygénés avec un taux de (1.5%).

Tableau 26 : composition de l'huile essentielle de M₂

N°	KI	%
01	837	0.9
02	975	0.6
03	1030	9.6
04	1066	0.1
05	1084	1.6
06	1103	40.2
07	1120	1.9
08	1141	2.0
09	1162	0.5
10	1164	t
11	1175	0.5
12	1188	2.0
13	1207	0.1
14	1211	0.1
15	1214	0.2
16	1220	0.1
17	1229	0.2
18	1241	0.2
19	1253	1.6
20	1270	0.3
21	1278	0.4
22	1329	t
23	1334	0.2
24	1342	t
25	1357	24.4
26	1375	0.4
27	1383	1.3
28	1399	1.3
29	1415	0.6
30	1429	t
31	1431	1.9
32	1439	t

33		1450	t
34		1452	0.9
35		1454	0.2
36		1456	t
37		1478	0.2
38		1481	1.5
39		1494	t
40		1499	0.7
41		1505	0.2
42		1506	0.6
43		1515	0.7
44		1520	0.3
45		1559	0.1
46		1625	0.2
47		1635	0.2
48		1643	0.1
49		1649	1.5
Total identifié			99.5
Monoterpènes oxygénés			61.8
Hydrocarbures sesquiterpéniques			9.5
Sesquiterpènes oxygénés			2.1
Composés aromatiques			26.1

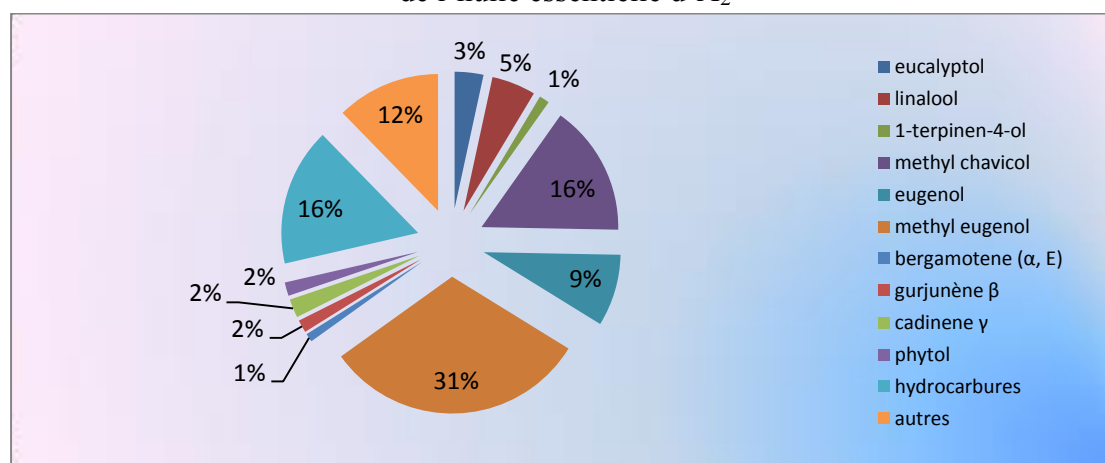
II-3- *Ocimum basilicum L. purpurascens* cultivé à Alger A₂

- Caractéristiques physico-chimiques et analyse de l'huile essentielle

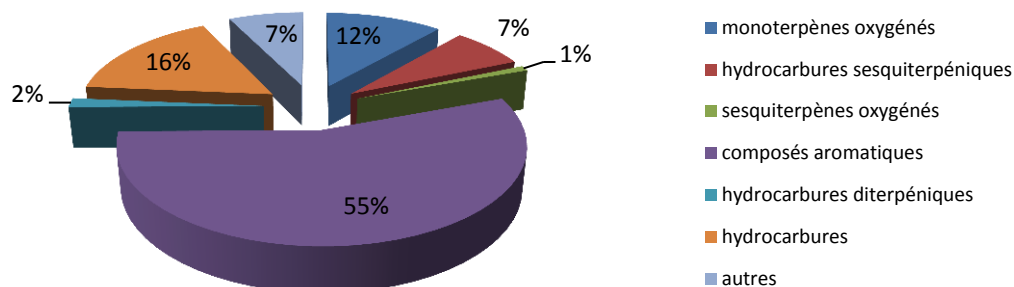
Densité relative (20°C)	Indice de réfraction	Pouvoir rotatoire	Miscibilité dans l'éthanol 90° (v/v)
0.900	1.1216	-7.25°	2/1

Le tableau 27 regroupe les composés identifiés.

Graphique 13 : répartition en % des principaux composés de l'huile essentielle d'A₂



Graphique 14 : répartition en % des principales familles de l'huile essentielle d'A₂



Discussion :

27 composés ont été détectés, 24 identifiés représentant 95.8% de l'huile, le méthyl eugénol est le composé majoritaire (31.3%) suivi de méthyl chavicol (15.5%). Les hydrocarbures sont présents avec un taux remarquable (16.3%). Les hydrocarbures sesquiterpéniques (7.2%) sont représentés par le γ -cadinène (2.2%). β -gurjunène (1.5%) et bergamotène (α , E) (1%). Le linalool est présent un taux de 5.2% et l'eugénol avec un taux de 8.5%.

Tableau 27 : Composition de l'huile essentielle d'A₂

N°	KI	%
01	1024	3,4
02	1099	5,2
03	1135	0,6
04	1169	1,2
05	1186	0,2
06	1193	15,5
07	1276	0,8
08	1353	8,5
09	1379	0,8
10	1403	31,3
11	1425	1,0
12	1450	0,9
13	1465	1,5
14	1481	0,8
15	1498	2,2
16	2137	1,6
17	2192	1,0
18	2213	1,2
19	2292	1,4
20	2338	1,2
21	2393	1,6
22	2494	2,0
23	2592	2,1

24	2692		3,4
25	2793		1,7
26	2892		3,0
27	2992		1,7
Total identifié			95.8
Monoterpènes oxygénés			11.4
Hydrocarbures sesquiterpéniques			7.2
Sesquiterpènes oxygénés			0.9
Composés aromatiques			55.3
Hydrocarbures diterpéniques			1.6
hydrocarbures			16.3

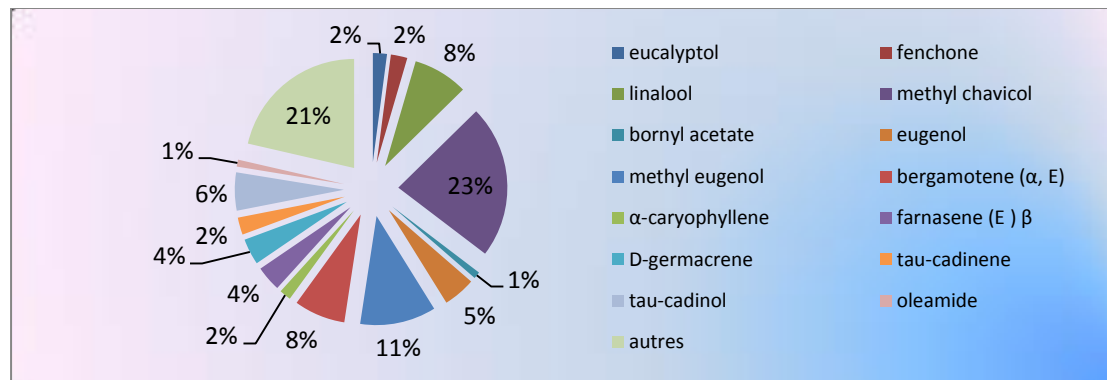
II-4- *Ocimum basilicum L. purpurascens* cultivé à Constantine C₂

- Caractéristiques physico-chimiques et analyse de l'huile essentielle

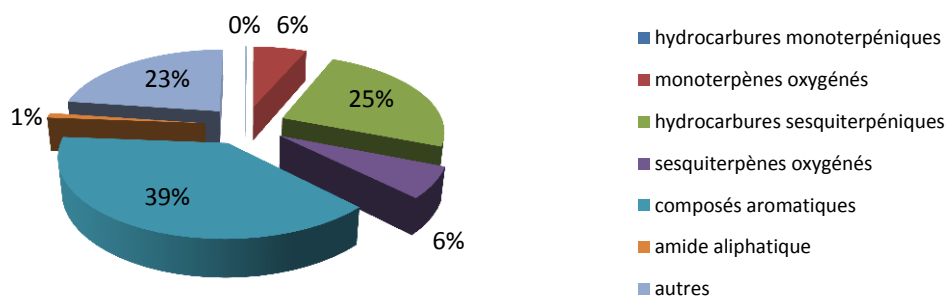
Densité relative (20°C)	Indice de réfraction	Pouvoir rotatoire	Miscibilité dans l'éthanol 90° (v/v)
0.987	1.5684	-8.12°	1.5/1

Tous les composés identifiés sont regroupés dans le tableau 28.

Graphique 15 : répartition en % des principaux composés de l'huile essentielle de C₂



Graphique 16 : répartition en % des principaux composés de l'huile essentielle de C₂



Discussion :

47 composés ont été identifiés représentant 88.83% de l'huile essentielle. Les composés aromatiques sont majoritaires (38.73%) représentés par le méthyl chavicol (22.69%) et le méthyl eugénol (11.27%). Les hydrocarbures sesquiterpéniques sont présents avec un taux important (24.59%) entre le bergamotène (α ,E) (7.59%), gémacréne D (3.88%) et farnésène (E, β) (3.75%). Le linalool (8.13%) représente les monoterpènes oxygénés (16.31%). Il faut noter la présence de l'oléamide avec un taux de 1.03%.

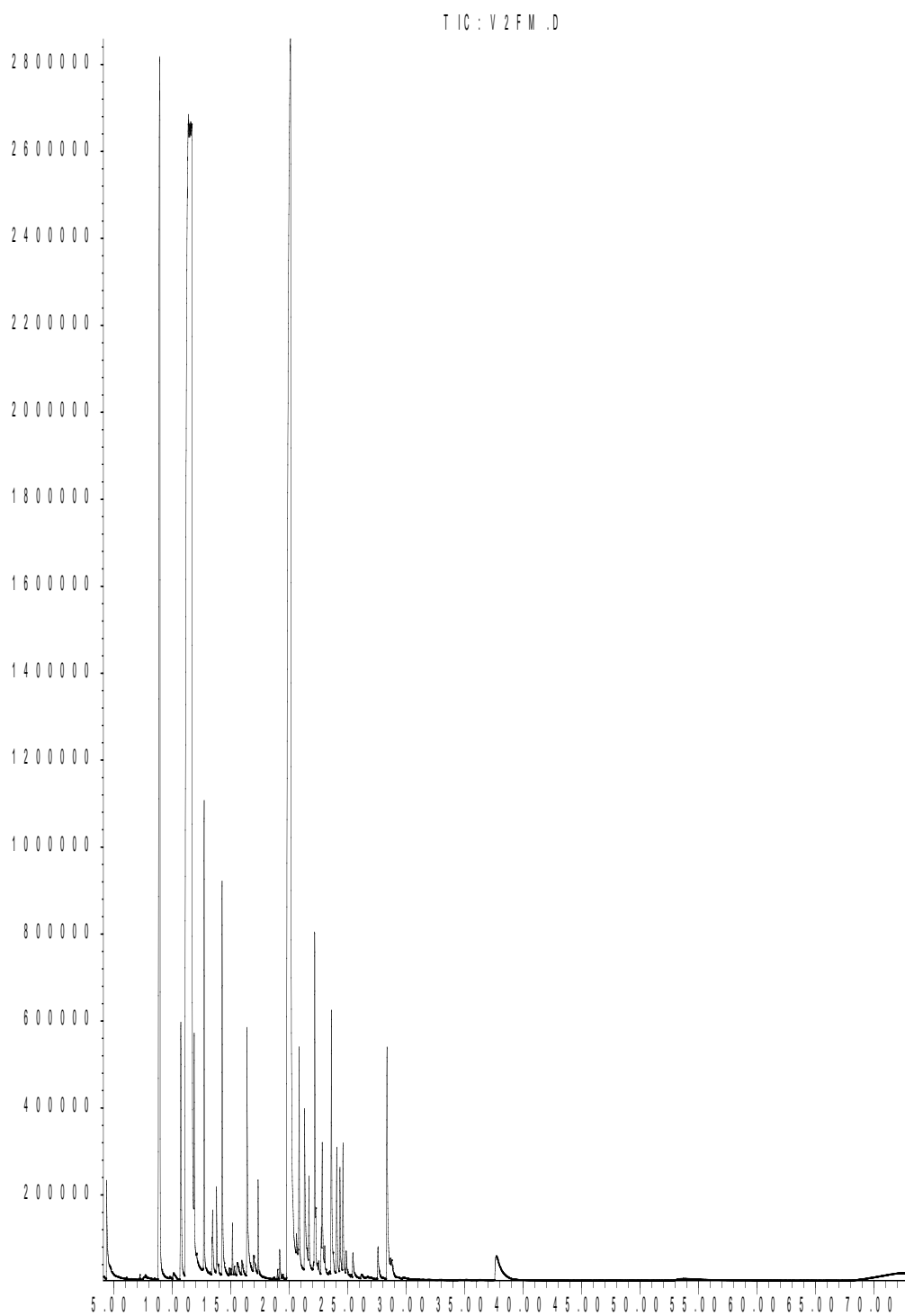
Tableau 28 : composition de l'huile essentielle de C₂

N°	KI	%
01	971	0.03
02	989	0.02
03	1026	2.08
04	1044	0.06
05	1081	2.45
06	1099	8.13
07	1125	0.01
08	1135	0.34
09	1161	0.16
10	1171	0,59
11	1186	0,72
12	1195	22.69
13	1210	0,02
14	1213	0.32
15	1251	0,02
16	1278	1.02
17	1297	0,05
18	1318	0,39
20	1335	0.07
21	1342	0.08
22	1353	4.77
23	1367	0,12
25	1379	0,64
26	1385	1,45
27	1403	11,27
28	1409	0,22
29	1421	0,23
30	1430	7,59
32	1444	1,73
33	1453	3,75
34	1472	3,88
35	1477	0,41
36	1487	1,20
37	1497	0,36
38	1506	2,56
39	1513	0,33
40	1517	0,36

41		1559	0,32
42		1581	0,03
43		1605	0,37
44		1633	5,65
45		2212	0,12
46		2294	0,17
47		2354	1,03
Total identifié			88,83
Hydrocarbures monoterpéniques			0,12
Monoterpènes oxygénés			16,31
Hydrocarbures sesquiterpéniques			24,59
Sesquiterpènes oxygénés			6,46
Composés aromatiques			38,73
Amide aliphatique			1,03

Mostaganem

Abundance



Time-->

Figure 35 : chromatogrammes GC-MS des huiles essentielles d'*Ocimum basilicum* L. *purpurascens* V₂

▪ **Analyse statistique de la variété *Ocimum basilicum* L.purpurascens (basilic pourpre) V₂**

Une étude par Composition Ascendante Hiérarchique (CAH) et par Analyse en Composantes Principales (ACP) a été réalisée sur les 4 échantillons d'huiles essentielles d'*Ocimum basilicum* L. purpurascens (figures 35a,35b et 35c)



Figure 35a : dendrogramme de la composition des 4 huiles essentielles de V₂

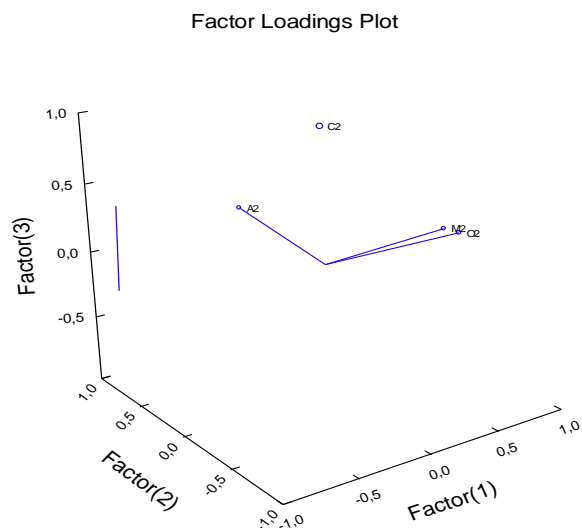


Figure 35b : ACP 3D de la composition des 4 huiles essentielles de V₂

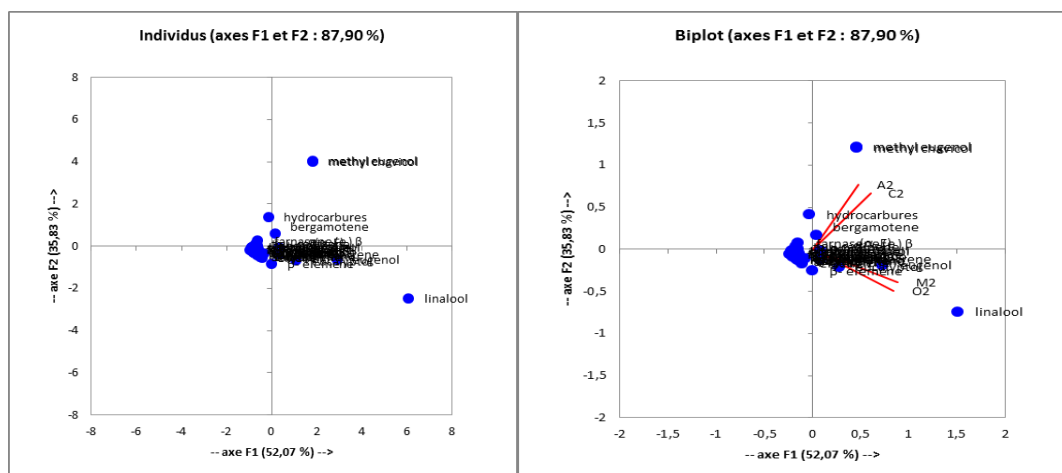


Figure 35c : ACP (individus et biplot) de la composition des 4 huiles essentielles de V₂

▪ **Discussion générale sur la variété *Ocimum basilicum L. purpurascens V₂***

L'étude statistique (figures 35a, 35b et 35c), fait apparaitre clairement deux groupes distincts (distances > 10 sur le dendrogramme). Les deux huiles essentielles les plus proches dans leurs compositions sont celle de Mostaganem et celle d'Ouargla (chemotype Linalool). Pour le deuxième groupe la ressemblance se limite dans la dominance des deux principes actifs : methyl chavicol et methyl eugénol, mais avec un chemotype (methyl eugénol) pour l'huile d'Alger et un chemotype (methyl chavicol) pour l'huile de Constantine.

L'ACP nous fournit clairement les 3 chemotypes : linalool, methyl chavicol et methyl eugénol.

Janmoni Kalita a trouvé que l'huile essentielles de V₂ issue des tiges contient 44.35% methyl cinnamate et 9.97 % linalool, celle des feuilles contient 53.85% methyl cinnamate et 13.47% linalool et celle des fleurs contient 60.21% methyl cinnamate et 18.54% linalool [94].

Saeed Safari Dohatabad a trouvé que l'huile essentielle de V₂ cultivé en Iran contenait le methyl chavicol (43%) et le linalool 28.9%.. Elle ressemble à notre huile de Constantine dans son chemotype [95]. Par conter Sayed Ibrahim Safjadi a trouvé que le basilic iranien contient 52.4% methyl chavicol et 20.1% linalool [96].

Une autre étude sur plusieurs variétés de basilic, cultivés en Egypt faite par Hussein Said Al Ahl a montré que cette variété contient de l'eugénol comme composé principale (52.47%) et le linalool (29.97%) [97].

Abhay Kumar Pandey a résumé dans son étude la composition de l'huile essentielle de V₂ selon son pays de culture. Le tableau 29 résume la composition majoritaire de cette huile selon sa provenance [93].

Tableau 29 : Composition majoritaire de l'huile essentielle d'*Ocimum basilicum L. purpurascens* selon sa provenance.

Origine	Bangladesh	North Eastern Brazil	Isfahan, Iran	Bangladesh
Composés majoritaires	Linalool (29.7%), geranial (27.40%)	Linalool (39.30%), α-muurolool (11.00%)	Methyl chavicol (52.40%), linalool (20.10)	Methyl cinnamate (59.95%), linalool (16.40%)

III- SECTION *OCIMUM BASILICUM L MINIMUM V₃*.

Les chromatogrammes des 4 huiles essentielles obtenus par GC-MS sont illustrés sur la figure 36.

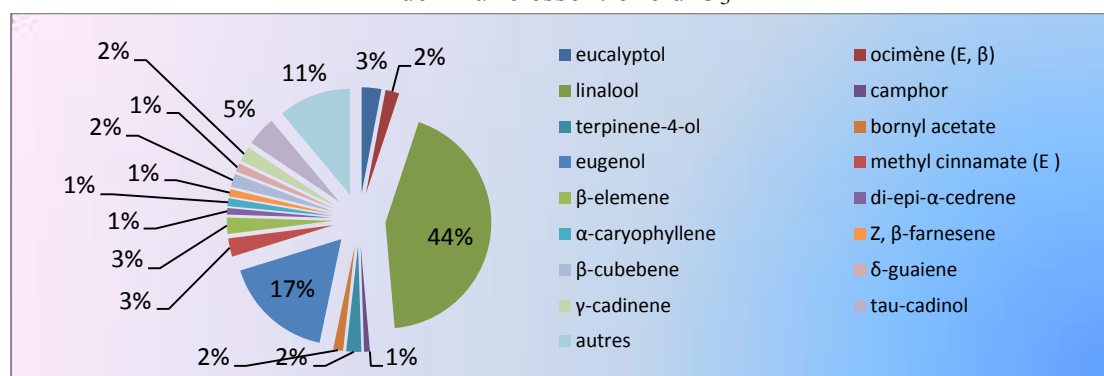
III-1- *Ocimum basilicum L. minimum* cultivé à Ouargla O₃

- Caractéristiques physico-chimiques et analyse de l'huile essentielle

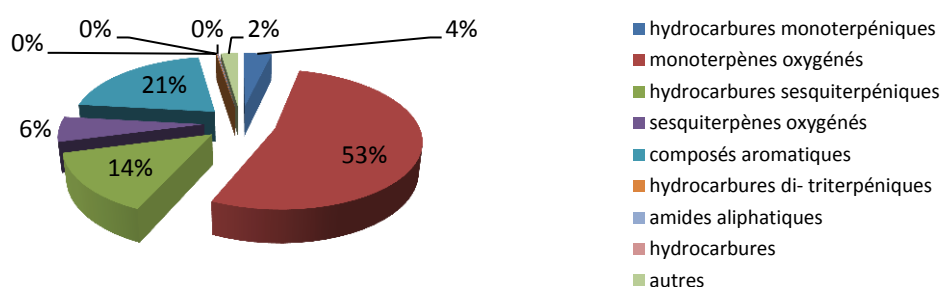
Densité relative (20°C)	Indice de réfraction	Pouvoir rotatoire	Miscibilité dans l'éthanol 90° (v/v)
0.916	1.4531	-11.52°	3.5/1

La composition détaillée de l'huile essentielle et sa quantification sont regroupés dans le tableau 30.

Graphique 17 : répartition en % des principaux composés de l'huile essentielle d'O₃



Graphique 18 : répartition en % des principales familles de l'huile essentielle d'O₃



Discussion :

56 composés ont été identifiés représentant 98.7% de l'huile. Dans cet échantillon, les monoterpènes oxygénés (53%) constituent la majorité de l'huile. Le linalool en est le principal constituant (43.5%), accompagné de 1,8-cineol (3%) et de terpinene-4-ol (2.3%). Les composés aromatiques (20.6%) sont représentés par l'eugénol (16.9%) et le methyl cinnamate (E) (2.8%). On notera la teneur peu élevée

en sesquiterpènes oxygénés (5.9%). Les hydrocarbures sesquiterpéniques (14.2%) sont représentés par le β -elemene (2.5%), le β -cubebene (2%) et le γ -cadinene (2.3%).

Tableau 30 : Composition de l'huile essentielle d'O₃

N°	KI	%
01	921	0,1
02	927	0,3
03	941	0,1
04	967	0,1
05	969	0,3
06	987	0,3
07	1021	0,2
08	1026	3,0
09	1032	0,2
10	1045	2,1
11	1053	0,2
12	1062	0,3
13	1082	0,2
14	1127	43,5
15	1147	0,9
16	1167	0,8
17	1181	2,3
18	1191	0,4
19	1196	0,1
20	1212	0,1
21	1266	0,1
22	1281	1,5
23	1300	0,3
24	1329	0,3
25	1341	0,1
26	1374	16,9
28	1390	2,8
29	1394	2,6
30	1405	0,2
31	1413	0,4
33	1433	1,0
34	1435	0,5
35	1448	1,2
36	1456	1,1
37	1477	2,1
38	1479	0,2
39	1490	0,9
40	1501	1,3
41	1513	2,3
42	1517	0,2
43	1524	0,1
44	1559	0,2
45	1569	0,5

46	1596		0,1
47	1606		0,7
48	1642		4,5
49	1646		0,2
50	1649		0,2
51	1678		0,2
52	1699		0,1
53	1965		0,1
54	2108		0,1
55	2348		0,1
56	2687		0,1
Total identifié (%)			98.7%
Hydrocarbures monoterpéniques			3.7
Monoterpènes oxygénés			53.0
Hydrocarbures sesquiterpéniques			14.2
Sesquiterpènes oxygénés			5.9
Composés aromatiques			20.6
Hydrocarbures diterpéniques			0.1
Amides aliphatiques			0.1
hydrocarbures			0.1

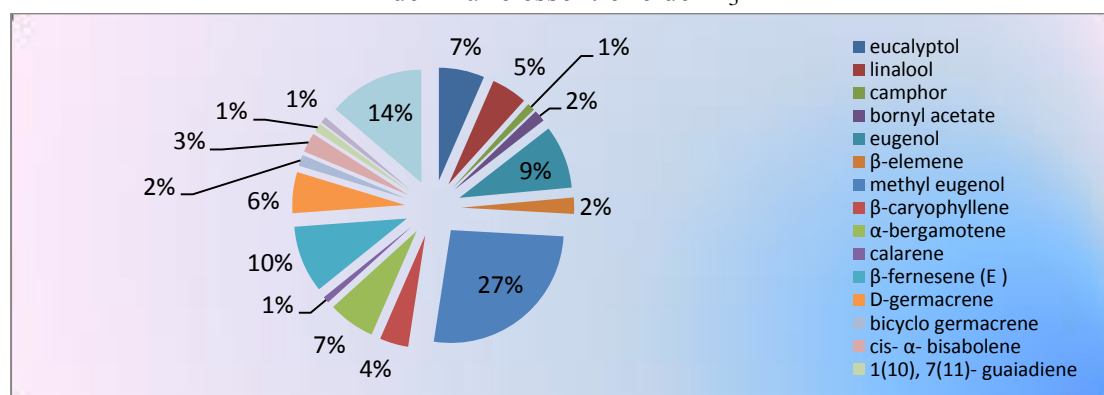
III-2- *Ocimum basilicum* L. *minimum* cultivé à Mostaganem M₃

- Caractéristiques physico-chimiques et analyse de l'huile essentielle

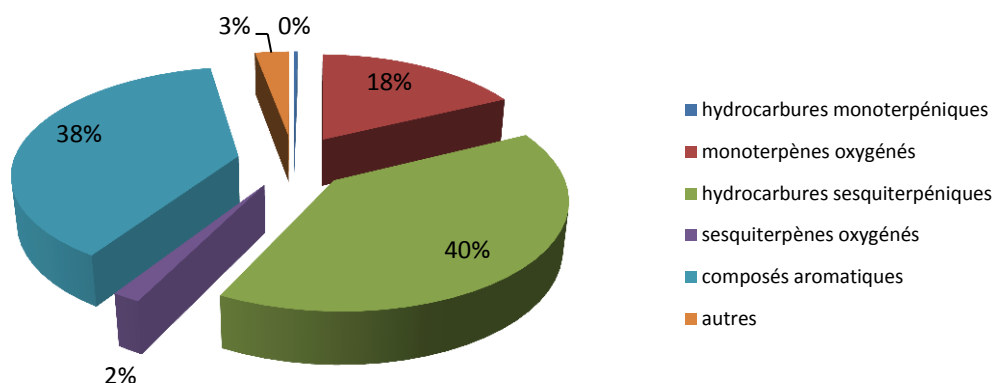
Densité relative (20°C)	Indice de réfraction	Pouvoir rotatoire	Miscibilité dans l'éthanol 90° (v/v)
0.915	1.4805	-7.814	2.7/1

La composition détaillée de l'huile et sa quantification sont consignées dans le tableau 31.

Graphique 19 : répartition en % des principaux composés de l'huile essentielle de M₃



Graphique 20 : répartition en % des principales familles de l'huile essentielle de M₃



Discussion :

41 composés ont été identifiés représentant 97.1% de l'huile. Cet échantillon se constitue essentiellement de deux familles : les hydrocarbures sesquiterpéniques (39.6%), représentés par le β -farnescene (E) (10.3%), le bergamotene (α , E) (7.2%), germacrene D (6.3%) et d'autres ; et les composés aromatiques (38%) représentés par le composé majoritaire : le methyl eugenol (28.4%) suivi de l'eugenol (9.7%). L'eucalyptol (7%) et le linalool (5.5%) sont les principaux constituants des monoterpènes oxygénés (17.5%).

Tableau 31 : Composition de l'huile essentielle de M₃

N°	KI	%
01	931	t
02	944	t
03	969	t
04	975	0.2
05	1010	0.1
06	1024	7.0
07	1056	0.1
08	1082	0.4
09	1090	5.5
10	1123	0.1
11	1126	1.1
12	1151	0.1
13	1154	0.1
14	1162	0.1
15	1176	0.6
16	1211	0.1
17	1217	0.1

18		1244	0.2
19		1273	1.8
20		1324	0.1
21		1329	0.1
22		1331	9.7
23		1377	0.7
24		1383	2.5
25		1387	28.4
26		1426	4.4
27		1438	7.2
28		1445	1.0
29		1461	10.3
30		1484	6.3
31		1499	1.7
32		1505	3.0
33		1507	1.3
34		1509	t
35		1514	0.9
36		1521	0.2
37		1531	0.2
38		1639	1.0
39		1641	0.1
40		1643	0.1
41		1647	0.3
Total identifié (%)			97.1
Hydrocarbures monoterpéniques			0.3
Monoterpènes oxygénés			17.5
Hydrocarbures sesquiterpéniques			39.6
Sesquiterpènes oxygénés			1.7
Composés aromatiques			38

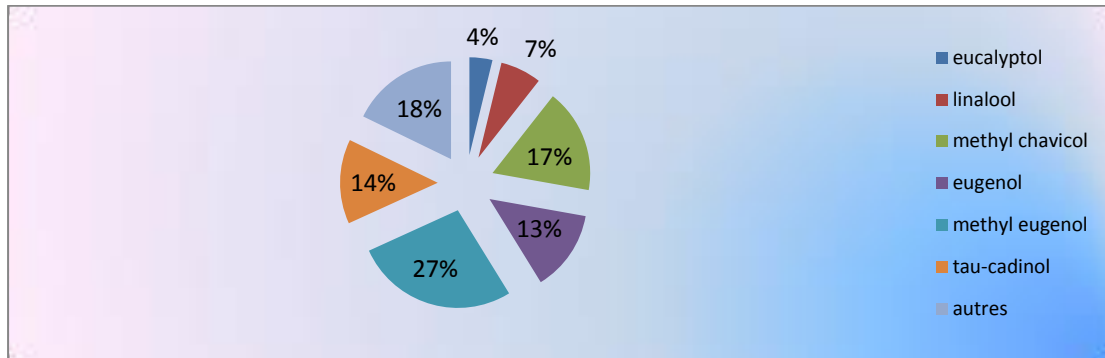
III-3- *Ocimum basilicum* L. *minimum* cultivé à Alger A₃

- Caractéristiques physico-chimiques et analyse de l'huile essentielle

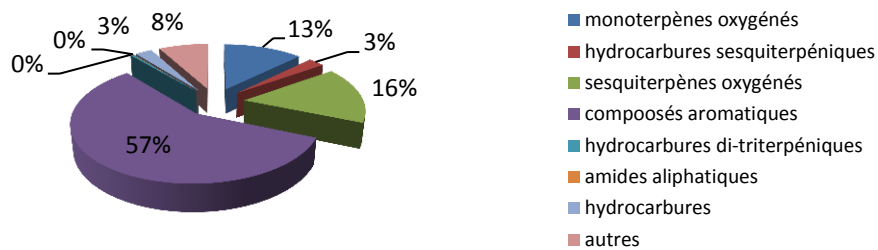
Densité relative (20°C)	Indice de réfraction	Pouvoir rotatoire	Miscibilité dans l'éthanol 90° (v/v)
0.917	1.4820	-6.924	2.9/1

Le tableau 32 regroupe les composés identifiés dans cette huile, leurs indices de rétention ainsi que leurs pourcentages

Graphique 21 : répartition en % des principaux composés de l'huile essentielle d'A₃



Graphique 22 : répartition en % des principales familles de l'huile essentielle d'A₃



Discussion :

34 composés ont été identifiés représentant 91.6% de l'huile. Cet échantillon est caractérisé par la présence importante des composés aromatiques (57.6%) dont les plus importants sont le methyl eugenol (27%), le methyl chavicol (17.2%) et l'eugenol (13.4%). Les sesquiterpènes oxygénés sont représentés par le tau-cadinol (14%). Les monoterpènes oxygénés sont présents avec le linalool (6.8%) et l'eucalyptol (3.8%). On peut également noter la faible présence du phytol (0.4%) et les hydrocarbures (2.7%).

Tableau 32 : Composition de l'huile essentielle d'A3

N°	KI	%
01	1025	3,8
02	1083	0,4
03	1100	6,8
04	1136	0,2
05	1170	0,3
06	1186	0,4
07	1195	17,2
08	1212	0,2
09	1270	0,1
10	1278	0,3
11	1317	0,1

12	1355		13,4
13	1381		0,4
14	1406		27,0
15	1425		0,6
16	1451		0,3
17	1466		0,4
18	1481		0,2
19	1491		0,2
20	1499		0,5
21	1562		0,5
22	1575		0,2
23	1599		0,9
24	1629		14,0
25	1675		0,2
26	1837		0,1
27	1848		0,2
28	2132		0,4
29	2293		0,1
30	2371		0,1
31	2394		0,2
32	2494		0,4
33	2694		0,9
34	2895		0,8
Total identifié (%)			91,6
Monoterpènes oxygénés			12,6
Hydrocarbures sesquiterpéniques			2,6
Sesquiterpènes oxygénés			16,1
Composés aromatiques			57,6
Hydrocarbures diterpéniques			0,4
Amides aliphatiques			0,1
hydrocarbures			2,7

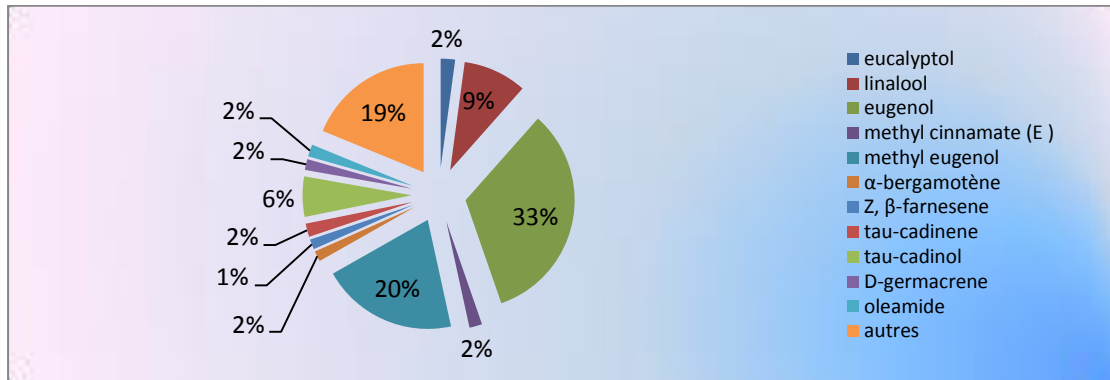
III-4- *Ocimum basilicum* L. *minimum* cultivé à Constantine C₃

- Caractéristiques physico-chimiques et analyse de l'huile essentielle

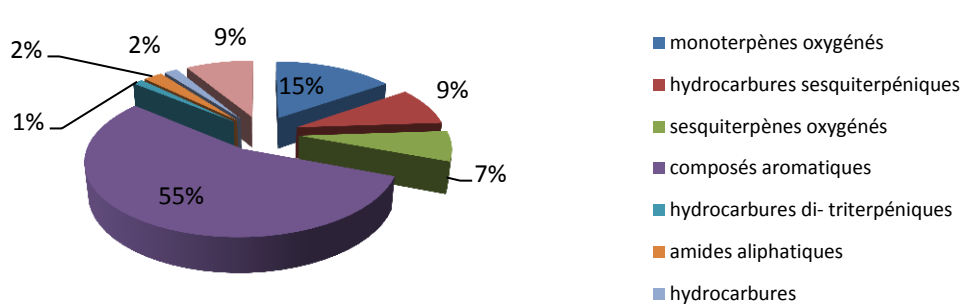
Densité relative (20°C)	Indice de réfraction	Pouvoir rotatoire	Miscibilité dans l'éthanol 90° (v/v)
0.920	1.4603	-9.724	3.3/1

La composition détaillée de cette huile et sa quantification obtenue par GC-FID sont consignés dans le tableau 33.

Graphique 23 : répartition en % des principaux composés de l'huile essentielle de C₃



Graphique 24 : répartition en % des principales familles de l'huile essentielle de C₃



Discussion :

41 composés ont été identifiés représentant 91.56% de l'huile. Cet échantillon est constitué majoritairement par les composés aromatiques (55.27%) représentés par l'eugenol (33.14%) et le méthyl eugenol (20.24%). Les monoterpènes oxygénés (15.29%) sont représentés par le linalool (9.41%). Il faut noter la présence de l'oleamide avec un taux de 1.8%). Un triterpène a été identifié avec un taux de (0.64%) : le squalane.

Tableau 33 : Composition de l'huile essentielle de C₃

N°	KI	%
01	1020	0,02
02	1025	2,13
03	1081	0,11
04	1098	9,41
05	1135	0,21
07	1170	2,01
08	1186	0,72
10	1278	0,70
11	1329	0,18
12	1354	33,14
13	1376	1,89

14	1384		0,62
15	1402		20,22
16	1428		1,55
17	1443		0,27
18	1452		1,49
19	1471		1,61
20	1476		0,10
21	1486		0,42
22	1501		0,03
23	1505		1,98
24	1513		0,38
25	1559		0,21
26	1596		0,15
27	1604		0,24
28	1632		5,97
29	1641		0,19
30	1647		0,15
31	1796		0,20
33	1996		0,21
34	2138		0,67
35	2180		0,6
36	2354		1,80
37	2492		0,21
38	2591		0,15
39	2690		0,47
40	2812		0,64
41	2890		0,33
Total identifié (%)			91,56
Monoterpènes oxygénés			15,29
Hydrocarbures sesquiterpéniques			8,63
Sesquiterpènes oxygénés			6,76
Composés aromatiques			55,27
Hydrocarbures di- triterpéniques			1,31
Amides aliphatiques			2,4
hydrocarbures			1,72

Mostaganem

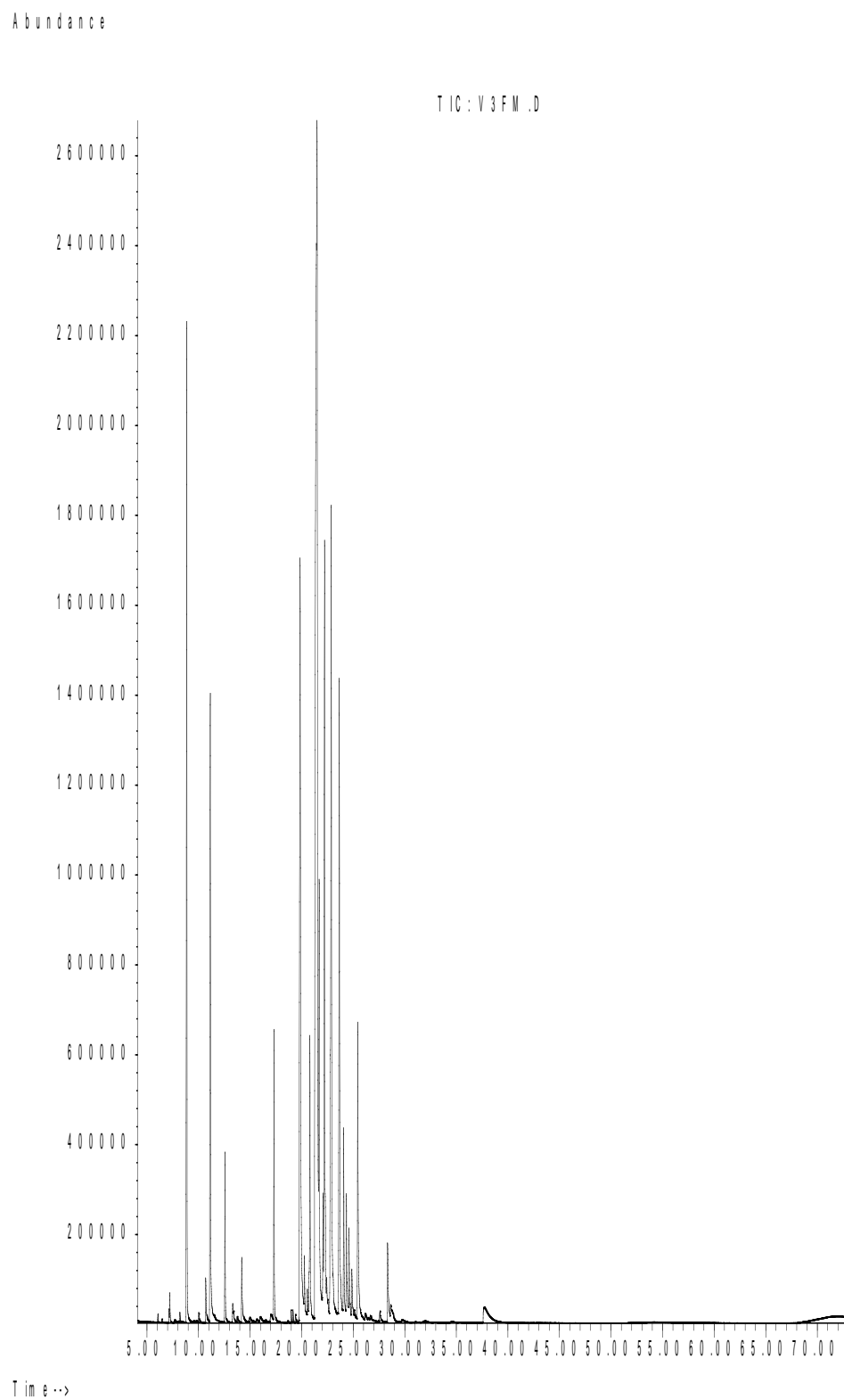


Figure 36 : chromatogrammes GC-MS des huiles essentielles d'*Ocimum basilicum* L. *minimum* V₃

- Analyse statistique de la variété *Ocimum basilicum* L.minimum (basilic nain compact) V₃

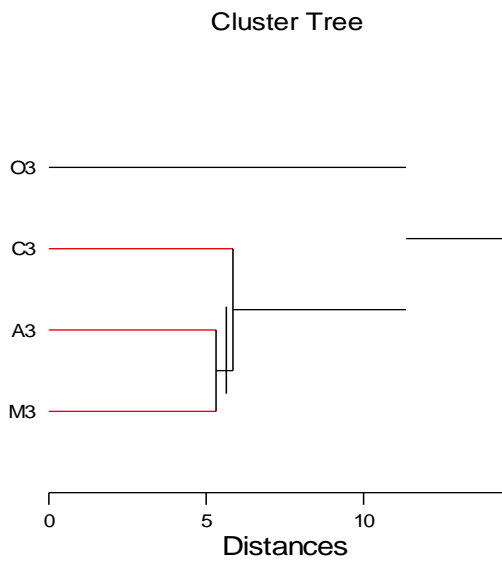


Figure 36a : dendrogramme de la composition des 4 huiles essentielles de V₃

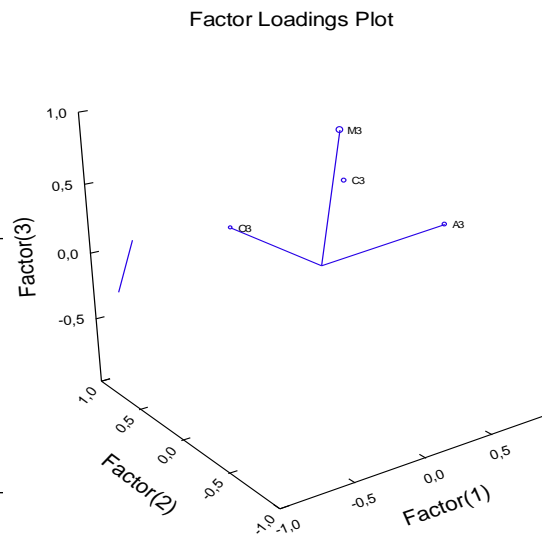


Figure 36b : ACP 3D de la composition des 4 huiles essentielles de V₃

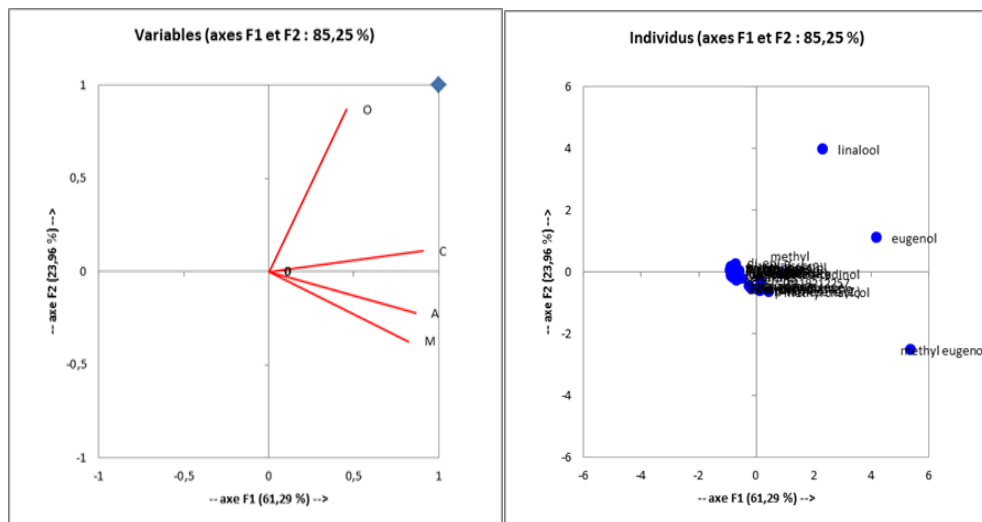


Figure 36c : ACP (individus et biplot) de la composition des 4 huiles essentielles de V₃

▪ **Discussion générale sur la variété *Ocimum basilicum* L. *minimum* V₃**

L'étude statistique faite sur la variété nain compact avec les deux méthodes CAH et ACP (figures 36a, 36b et 36c) fait apparaître 4 groupes (distances >11) sur le dendrogramme. Les deux huiles les plus proches dans leurs compositions sont celle de A₃ et M₃ car elles possèdent le même principe actif majoritaire (methyl eugenol), cela est confirmé par l'ACP (figure 36c). Néanmoins, l'ACP 3D nous montre clairement qu'il y'a une différence entre ces deux essences (figure 36b). Nous avons expliqué cette différence par le taux élevé du methyl chavicol dans l'échantillon A₃ et son absence dans l'huile M₃. En même temps cette même étude nous montre qu'il y'a une certaine similarité entre l'huile M₃ et l'huile C₃ (mêmes directions avec des distances différentes). Nous avons expliqué ces résultats, par leurs compositions majoritaires communes (eugenol/methyl eugenol).

Amparo Vina et ses collaborateurs ont analysé l'huile essentielle de 12 variétés de basilic cultivés en Colombie, dont l'*Ocimum basilicum* L. *minimum*. Ils ont trouvé qu'il se compose essentiellement de methyl cinnamate (E) (31.64%) et de linalool (20.6%) [98].

Saeed Safary Dolatabad [95] a trouvé que l'huile essentielle de V₃ d'Iran est constitué majoritairement de geranyl acetate (45.6%) et de linalool (25.6%).

E. Svecova [92] a analysé l'huile essentielle du basilic nain compact de la république Czech, qui se constituait essentiellement de 18.1% de linalool et 15.8% d'eucalyptol.

Abhay Kumar Pandey [93] a rapporté que V₃ de la Turquie contient du geranyl acetate (69.48%) et celui du nord-est du Brésil contient le methyl chavicol (52.20%) et le linalool (16%).

La composition de nos huiles ne ressemble à aucune des huiles citées et elles sont différentes entre elles, ce qui nous mène à conclure que l'identification de cette variété ne peut être faite en se basant uniquement sur la composition de son huile essentielle.

IV- SECTION *OCIMUM BASILICUM* L *CINNAMON* V₄.

Les chromatogrammes des 4 huiles essentielles obtenus par GC-MS sont illustrés sur la figure 37.

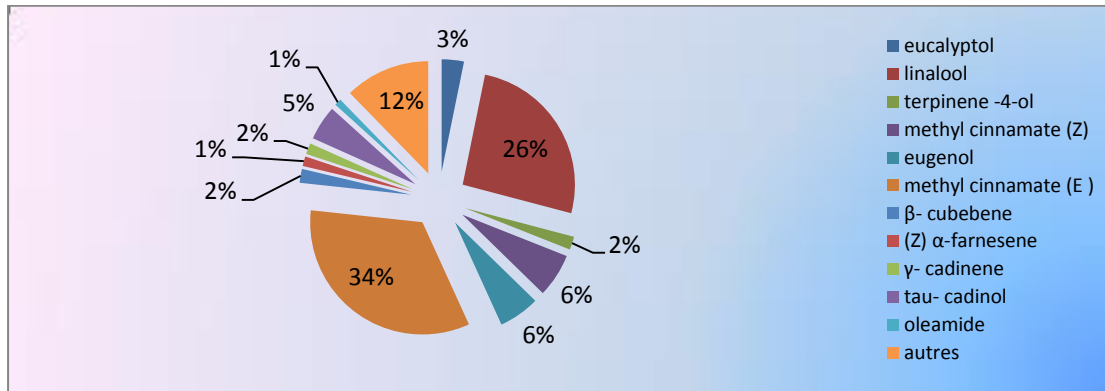
IV-1- *Ocimum basilicum* L. *cinnamon* cultivé à Ouargla O₄

▪ **Caractéristiques physico-chimiques et analyse de l'huile essentielle**

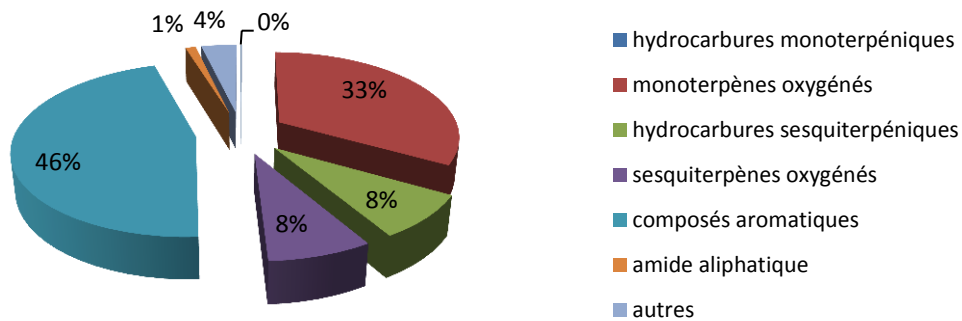
Densité relative (20°C)	Indice de réfraction	Pouvoir rotatoire	Miscibilité dans l'éthanol 90° (v/v)
0.989	1.5210	-6.45°	2/1

La composition détaillée de l'huile essentielle et sa quantification sont regroupés dans le tableau 34.

Graphique 25 : répartition en % des principaux composés de l'huile essentielle d'O₄



Graphique 26 : répartition en % des principales familles de l'huile essentielle d'O₄



Discussion :

71 composés ont été identifiés représentant 96.6% de l'huile. Le methyl cinnamate (E) est majoritaire (33.5%) représentant les composés aromatiques (46%) avec le methyl cinnamate (Z) (6.3%) et l'eugenol (5.9%). Les monoterpènes oxygénés (33.1%) sont représentés par le linalool (25.9%) et l'eucalyptol (3.2%). On note la présence de l'oleamide avec un taux de 1%. 19 sesquiterpènes hydrocarbures ont été identifiés (8.2%), les plus représentatifs sont : β-cubebene (2%), (Z,E) α-farnesene (1.4%) et γ-cadinene (1.6%).

Tableau 34 : Composition de l'huile essentielle d'O₄

N°	KI	%
01	954	t
02	967	t
03	976	t
04	986	t
05	1018	t
06	1024	3,2
07	1042	0,1
09	1060	0,1
10	1064	t

11		1073	t
12		1082	t
13		1108	25,9
14		1118	t
15		1136	0,8
16		1158	t
17		1160	0,1
18		1171	1,9
19		1184	0,8
21		2400	t
22		1208	t
23		1217	t
24		1227	t
25		1229	t
26		1255	t
27		1268	t
28		1276	0,2
29		1290	t
30		1303	6,3
31		1327	0,2
32		1333	0,1
33		1340	t
34		1355	5,9
35		1364	0,1
36		1392	33,5
37		1401	0,1
38		1410	0,2
40		1428	0,4
41		1433	t
43		1443	0,6
44		1452	0,5
45		1466	t
46		1472	2,0
47		1475	0,1
48		1485	0,7
49		1490	1,4
50		1495	0,1
51		1505	1,6
52		1512	0,1
53		1513	0,2
54		1521	0,1
55		1527	t
56		1556	0,6
57		1565	0,2
58		1592	0,3
59		1603	0,6
60		1634	5,0
61		1639	0,3
62		1644	0,3
63		1673	t
64		1676	0,1
65		1730	0,3

66		1750	0,1
67		1987	0,2
68		2013	0,1
69		2122	0,1
70		2170	0,1
71		2347	1.0
Total identifié (%)			96.6
Hydrocarbures monoterpéniques			0.1
Monoterpènes oxygénés			33.1
Hydrocarbures sesquiterpéniques			8.2
Sesquiterpènes oxygénés			7.8
Composés aromatiques			46.00
Amides aliphatiques			1.1

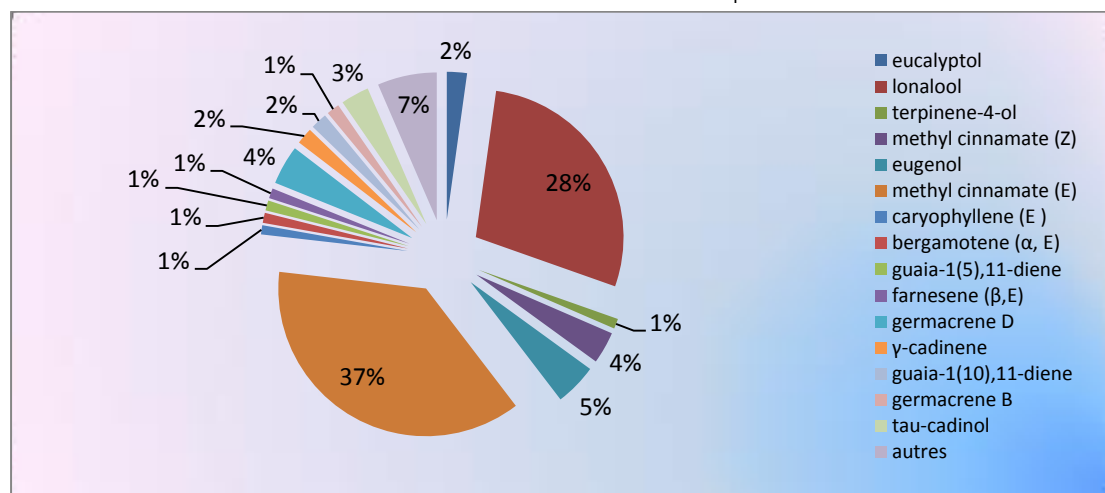
IV-2- *Ocimum basilicum* L. *cinnamon* cultivé à Mostaganem M₄

- Caractéristiques physico-chimiques et analyse de l'huile essentielle

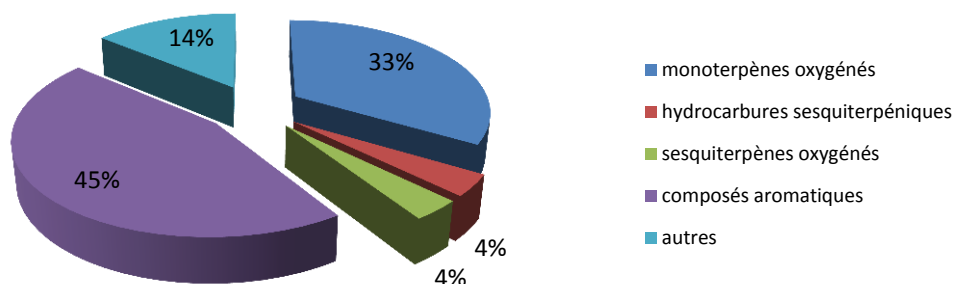
Densité relative (20°C)	Indice de réfraction	Pouvoir rotatoire	Miscibilité dans l'éthanol 90° (v/v)
0.928	1.5045	-8.85°	2/1

La composition détaillée de l'huile essentielle et sa quantification obtenue par GC-FID sont consignées dans le tableau 35.

Graphique 27 : répartition en % des principaux composés de l'huile essentielle de M₄



Graphique 28 : répartition en % des principales familles de l'huile essentielle de M₄



Discussion :

33 composés ont été identifiés représentant 96.2% de l'huile. Cet échantillon contient le méthyl cinnamate (E) (33.5%) comme composés majoritaire représentant les composés aromatiques (45.3%) avec l'eugénol (4.6%) et le méthyl cinnamate (Z) (3.5%). Les monoterpènes oxygénés (33.5%) représentés par le linalool (28.2%). Il faut noter la présence des hydrocarbures sesquiterpéniques (13.7%) représentés par le germacrene-D (4.3%), cadinene γ (1.8%) et d'autres.

Tableau 35 : Composition de l'huile essentielle de M₄

N°	KI	%
01	1030	2.2
02	1066	0.1
03	1084	0.1
04	1103	28.2
05	1141	0.5
06	1155	0.1
07	1164	0.2
08	1175	1.1
09	1188	0.4
10	1195	t
11	1197	0.1
12	1214	0.1
13	1247	t
14	1278	0.4
15	1301	3.5
16	1342	0.1
17	1357	4.6
18	1374	0.5
19	1376	37.2
20	1381	0.6
21	1415	1.0
22	1431	1.1
23	1439	1.1
24	1450	0.4
25	1452	1.1
26	1481	4.3
27	1505	t
28	1506	1.8
29	1515	1.8
30	1520	0.3
31	1558	1.4
32	1625	0.4

33	1649	3.1
Total identifié (%)		96.0
Monoterpènes oxygénés		33.5
Hydrocarbures sesquiterpéniques		13.7
Sesquiterpènes oxygénés		3.5
Composés aromatiques		45.3

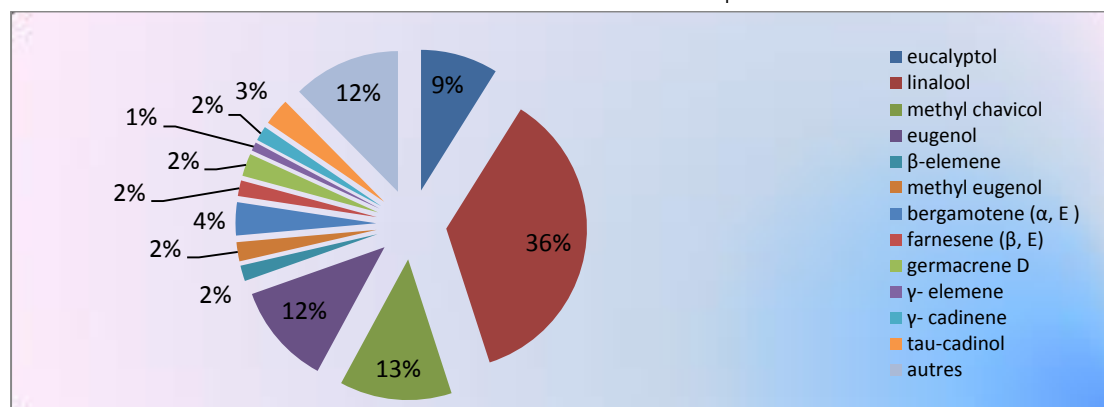
IV-3- *Ocimum basilicum* L. *cinnamon* cultivé à Alger A₄

- Caractéristiques physico-chimiques et analyse de l'huile essentielle

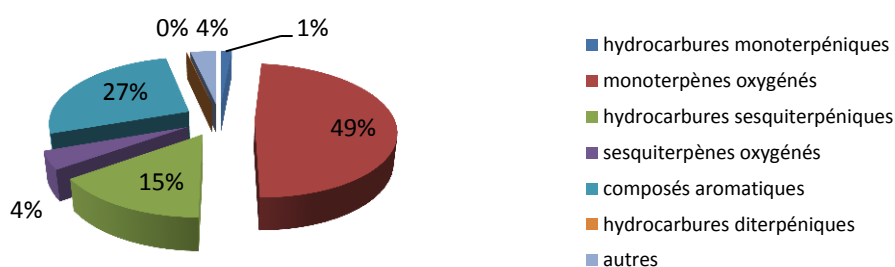
Densité relative (20°C)	Indice de réfraction	Pouvoir rotatoire	Miscibilité dans l'éthanol 90° (v/v)
0.910	1.5000	-8.15°	1.5/1

Le tableau 36 résume la composition détaillée de cette huile.

Graphique 29 : répartition en % des principaux composés de l'huile essentielle d'A₄



Graphique 30 : répartition en % des principales familles de l'huile essentielle d'A₄



Discussion :

54 composés ont été identifiés représentant 96.5% de l'huile. Cette huile essentielle est constituée principalement de monoterpènes oxygénés (48.6%) représentés par le linalool (36.1%) et l'eucalyptol (8.9%). Les composés aromatiques (26.8%) sont constitués essentiellement de deux composés dont les teneurs sont voisines : le methyl chavicol (12.9%) et l'eugenol (11.7%). Il faut signaler l'absence

du methyl cinnamate (E) par rapport au deux essences précédentes. Plusieurs hydrocarbures sesquiterpéniques ont été identifiés (15.1%), les plus représentatifs sont : bergamotène (α , E) (3.8%) et germacrene-D (2.6%). Le tau-cadinol (3.1%) représente les sesquiterpènes oxygénés (4.1%).

Tableau 36 : Composition de l'huile essentielle d'A4

N°	KI	%
01	922	tr
02	928	0,1
03	942	tr
04	956	0,1
05	967	0,1
06	970	0,3
07	977	0,1
08	988	0,4
09	1001	tr
10	1027	8,9
11	1044	0,6
12	1053	tr
13	1062	0,2
14	1081	0,8
15	1109	36,1
16	1138	0,6
17	1146	tr
19	1172	0,3
20	1184	0,8
21	1199	12,9
22	1215	0,1
23	1278	0,5
24	1318	0,1
25	1329	0,1
26	1335	0,1
27	1342	0,1
28	1359	11,7
29	1370	0,2
30	1378	0,2
31	1386	1,8
32	1403	2,2
33	1410	0,3
34	1421	tr
35	1431	3,8
36	1444	0,5
37	1454	1,8
38	1474	2,6
39	1478	0,4
40	1488	1,0
41	1497	0,4
42	1507	1,7
43	1514	0,1

44		1517	0,2
45		1530	tr
46		1559	0,1
47		1567	0,2
48		1597	tr
49		1605	0,5
50		1635	3,1
51		1641	0,2
52		1647	0,2
53		1679	0,1
54		2126	0,1
Total identifié (%)			96.5
Hydrocarbures monoterpéniques			1.5
Monoterpènes oxygénés			48.6
Hydrocarbures sesquiterpéniques			15.1
Sesquiterpènes oxygénés			4.4
Composés aromatiques			26.8
Hydrocarbure diterpénique			0.1

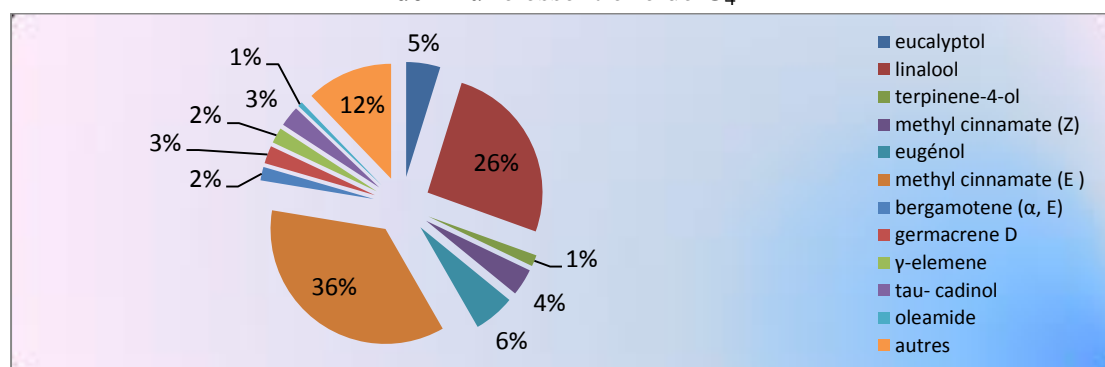
IV-4- *Ocimum basilicum L. cinnamon* cultivé à Constantine C₄

- Caractéristiques physico-chimiques et analyse de l'huile essentielle

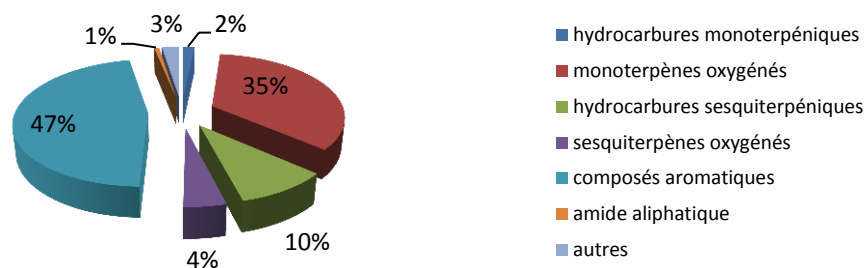
Densité relative (20°C)	Indice de réfraction	Pouvoir rotatoire	Miscibilité dans l'éthanol 90° (v/v)
0.915	1.5150	-8.30	2/1

La composition détaillée de l'huile essentielle, sa quantification sont consignés dans le tableau 37.

Graphique 31 : répartition en % des principaux composés de l'huile essentielle de C₄



Graphique 32 : répartition en % des principales familles de l'huile essentielle de C₄



Discussion :

76 composés ont été identifiés représentant 98% de l'huile. 28 composés sont à l'état de traces. Les composés aromatiques (46.5%) dominent en contenant le composé majoritaire le methyl cinnamate (E) (35.9%), l'eugenol (5.8%) et le methyl cinnamate (Z) (3.8%). Les monoterpènes oxygénés (34.7%) contiennent principalement le linalool (25.7%) et l'eucalyptol (4.8%). De nombreux hydrocarbures sesquiterpéniques ont été identifiés, leurs teneur varie de 0.1% à 2.5%.

Tableau 37 : Composition de l'huile essentielle de C₄

N°	KI	%
01	924	tr
02	929	0,1
03	943	tr
04	956	tr
05	969	0,1
06	971	0,2
07	989	0,2
08	1002	tr
09	1013	tr
10	1024	0,1
11	1030	4,8
12	1035	0,1
13	1046	0,8
14	1055	0,1
15	1065	0,4
16	1085	0,1
17	1119	25,7
18	1120	tr
19	1126	tr
20	1131	tr
21	1143	0,8
22	1166	0,2
23	1178	1,6
24	1191	0,6
25	1198	0,8
26	1205	tr

27		1209	tr
28		1212	0,1
29		1216	tr
30		1248	tr
31		1253	tr
32		1271	tr
33		1280	0,4
34		1290	tr
35		1308	3,8
36		1331	0,1
37		1337	0,1
38		1344	tr
39		1373	5,8
40		1408	35,9
41		1413	0,1
42		1417	0,3
43		1427	0,1
45		1437	1,9
46		1442	tr
47		1444	tr
48		1451	0,5
49		1458	0,7
50		1480	2,5
51		1482	0,2
52		1493	1,1
53		1501	0,2
54		1513	2,2
55		1518	0,1
56		1520	0,1
57		1526	0,1
58		1533	tr
59		1540	tr
60		1550	tr
61		1562	0,3
62		1572	0,3
63		1599	tr
64		1608	0,4
65		1642	2,9
66		1644	0,1
67		1647	0,1
68		1650	0,1
69		1681	0,1
70		1703	tr
71		1727	tr
72		1741	tr
73		1753	tr
75		2119	tr
76		2353	0,7
Total identifié (%)			98
Hydrocarbures monoterpéniques			1.7
Monoterpènes oxygénés			34.7
Hydrocarbures sesquiterpéniques			9.6

Sesquiterpènes oxygénés	4.3
Composés aromatiques	46.5
Amide aliphatique	0.7

Mostaganem

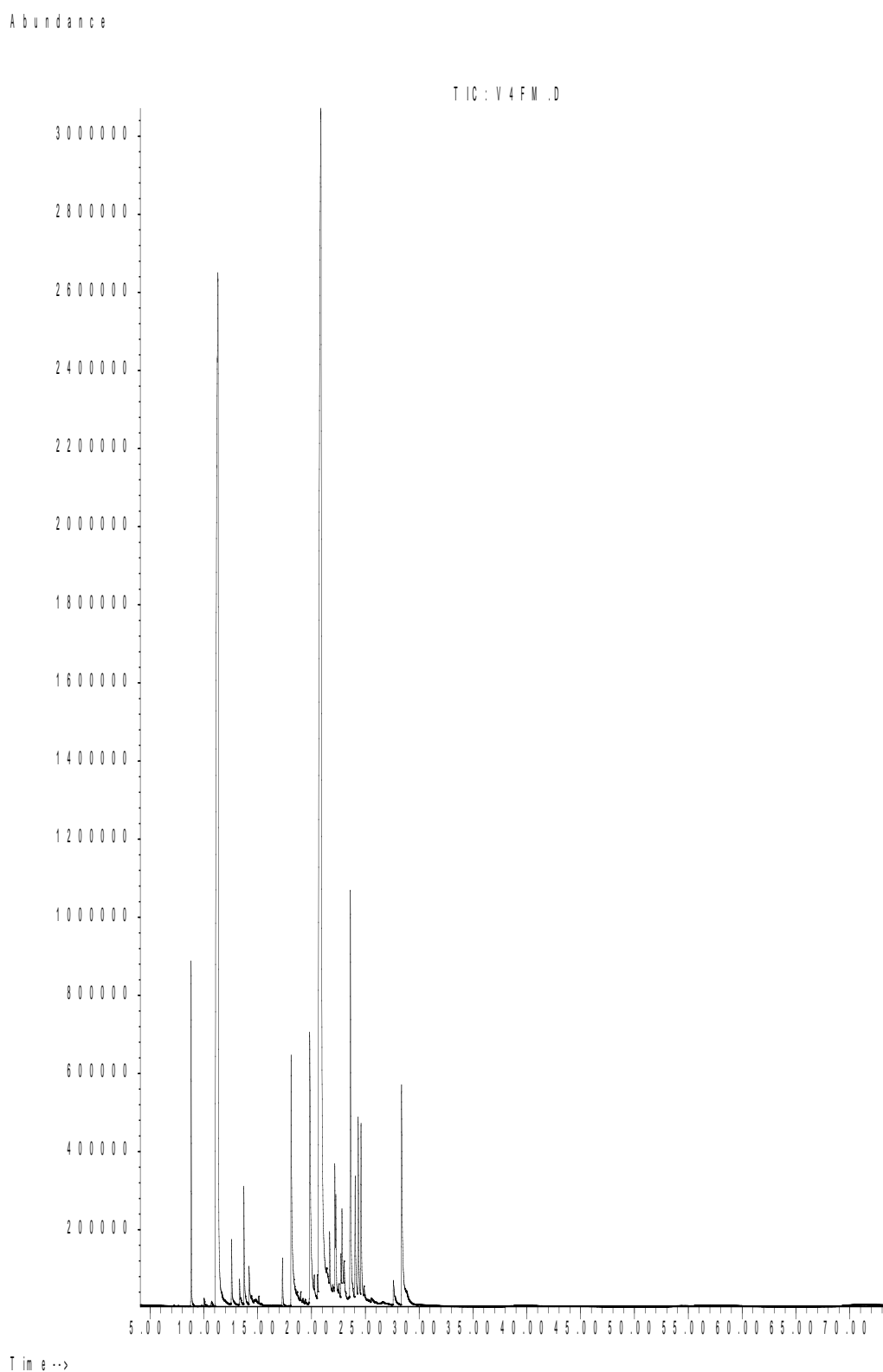


Figure 37 : chromatogrammes GC-MS des huiles essentielles d'*Ocimum basilicum* L. *cinnamon* V₄

▪ **Analyse statistique de la variété *Ocimum basilicum* L.cinnamon (basilic cannelle) V₄**

Cluster Tree

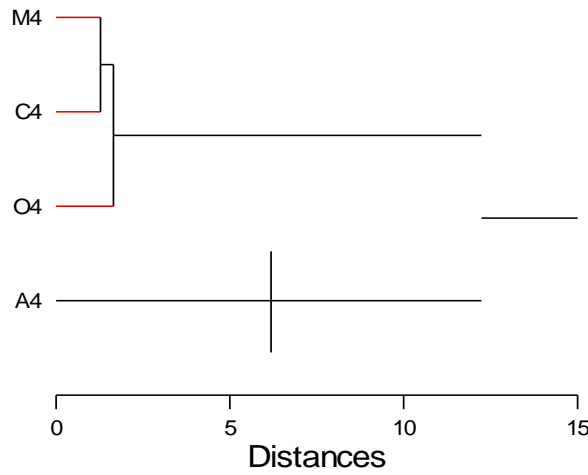


Figure 37a : dendrogramme de la composition des 4 huiles essentielles de V₄

Factor Loadings Plot

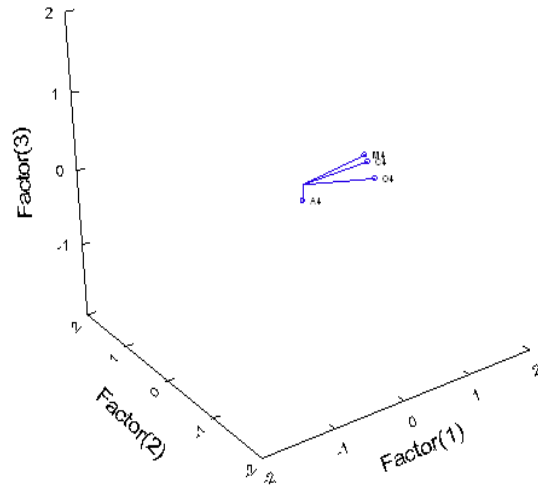


Figure 37b : ACP 3D de la composition des 4 huiles essentielles de V₄

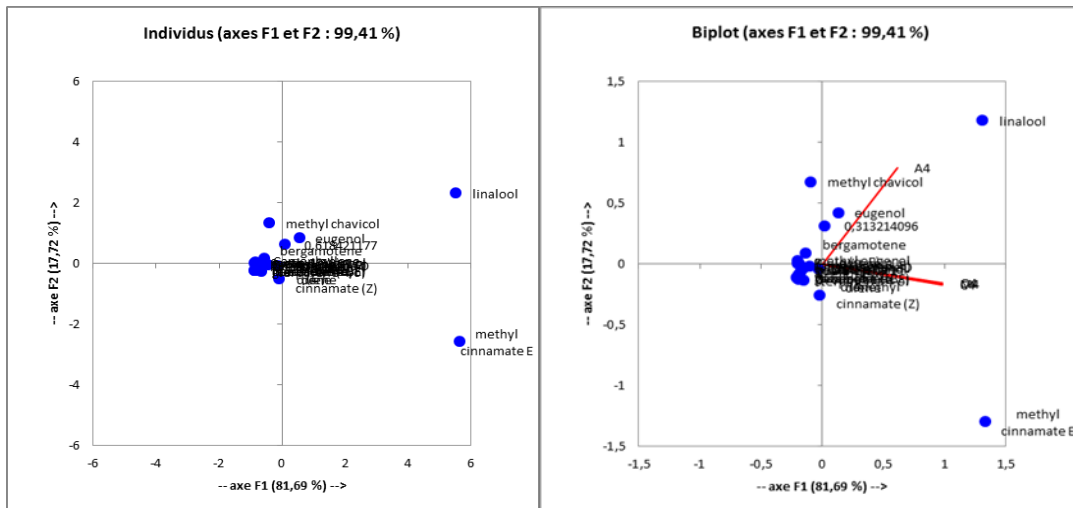


Figure 37c : ACP (individus et biplot) de la composition des 4 huiles essentielles de V₄

▪ **Discussion générale sur la variété *Ocimum basilicum L. cinnamom* V₄**

La CAH nous montre deux groupes (distances >12) sur le dendrogramme. Les 3 variables (O₄, M₄ et C₄) sont considérés comme similaires (distances < 2) et même couleur sur le dendrogramme (figure 37a). Les deux essences M₄ et C₄ sont les plus proches dans leur constitution. Ces résultats sont confirmés par l'ACP où on voit la superposition des 3 vecteurs (O₄, M₄ et C₄). Par contre le A₄ est dans une autre direction (figure 37c).

L'analyse ACP 3D, nous montre la différence entre les 3 essences, mais restent similaires (même directions) (figure 37b). Cette étude nous confirme la présence de deux chemotypes : methyl cinnamate (E) et linalool.

Amparo Vina et ses collaborateurs ont étudiés la composition de l'huile essentielle d'*Ocimum basilicum L. cinnamom* de la Colombie où elle se compose essentiellement de methyl cinnamate (E) (74.52%) et de methyl chavicol (12.33%) [98]

Renata Nurzynska-Wierdak a étudié la composition de l'huile essentielle de V₄ où elle a trouvé qu'il se compose de methyl cinnamate (E) (29.9% de linalool (26.5%) et de methyl chavicol (7.8%). [99]

Aneta Wsolowska et ses collaborateurs ont étudié l'influence des méthodes d'extraction sur la composition de l'huile essentielle de différentes parties du basilic cannelle. Les composés majoritaires de cette étude varient dans leur teneur de façon remarquable selon le mode d'extraction employé :le methyl cinnamate (E) [45.58%-22.27%], le linalool [21.61% - 44.44%], le methyl chavicol [0.98%- 7.91%] et le methyl cinnamate (Z) [1.47%-7.52%] [100].

Dans cette section nos résultats pour les 3 régions : Ouargla, Mostaganem et Constantine se croisent avec ceux de la littérature où on a l'identification du chemotype methyl cinnamate (E). L'huile essentielle d'Alger nous fournit un nouveau chemotype le linalool.

V- SECTION *OCIMUM BASILICUM L MARSEILLAIS* V₅.

Les chromatogrammes des 4 huiles essentielles obtenus par GC-MS sont illustrés sur la figure 38.

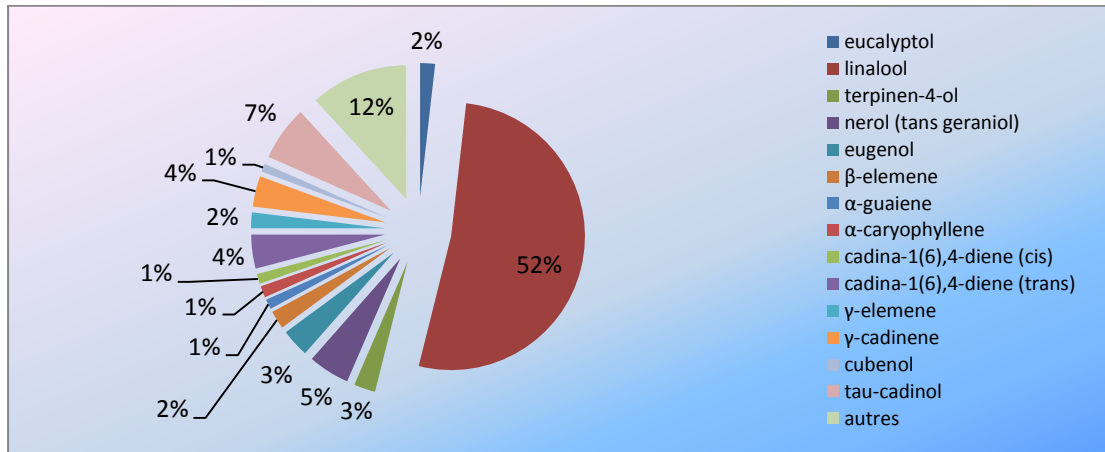
V-1- *Ocimum basilicum L. marseillais* cultivé à Ouargla O₅

▪ **Caractéristiques physico-chimiques et analyse de l'huile essentielle**

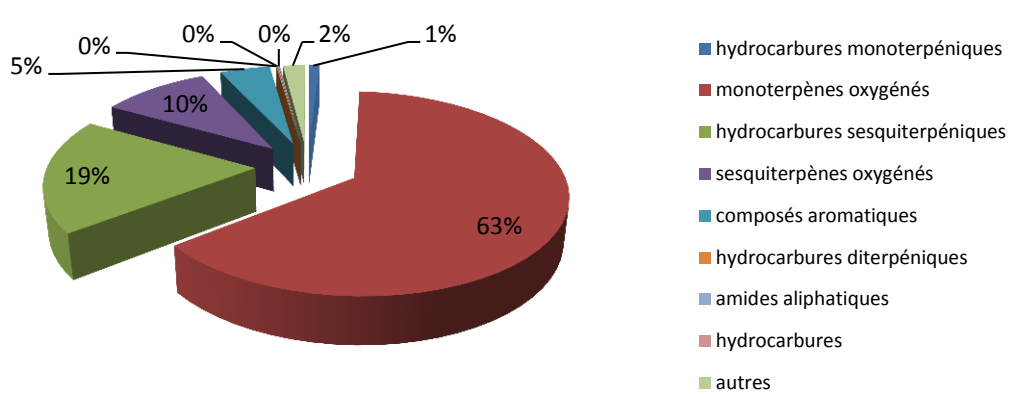
Densité relative (20°C)	Indice de réfraction	Pouvoir rotatoire	Miscibilité dans l'éthanol 90° (v/v)
0.995	1.5005	-7.63°	2/1

La composition détaillée de l'huile essentielle et sa quantification sont regroupés le tableau 38.

Graphique 33 : répartition en % des principaux composés de l'huile essentielle d'O₅



Graphique 34 : répartition en % des principales familles de l'huile essentielle d'O₅



Discussion :

55 composés ont été identifiés représentant (97.6%) de l'huile essentielle. C'est une huile riche en monoterpènes oxygénés, le linalool (52.1%), trans geraniol (5%) et terpinene-4-ol. La totalité de ces monoterpènes oxygénés représente (63.5%). On retrouve également quelques hydrocarbures sesquiterpéniques (18.7%), cadina-1(6),4-diene (trans) (4.1%), γ-cadinene (3.7%), β-elemene (2.2%) et d'autres. Le tau-cadinol (6.6%) représente les sesquiterpènes oxygénés (9.9%). Il faut signaler la présence des composés aromatiques (4.6%) représentés par l'«eugenol.

Tableau 38 : Composition de l'huile essentielle d'O₅

N°	KI	%
01	928	0,1
02	970	0,1
03	988	0,2
04	1013	0,1
05	1020	0,2

06	1026		1,8
07	1044		0,3
08	1054		0,2
09	1067		0,4
10	1084		0,1
11	1124		52,1
12	1144		0,1
13	1179		2,6
14	1189		0,3
15	1196		0,1
16	1212		0,1
17	1262		5,0
18	1269		0,1
19	1281		0,2
20	1329		0,2
21	1343		0,1
22	1358		3,4
23	1369		0,2
24	1378		0,4
25	1383		0,6
26	1388		2,2
27	1403		0,6
28	1411		0,5
29	1421		0,1
30	1432		1,2
31	1446		1,4
32	1455		1,2
33	1476		4,1
34	1479		0,5
35	1490		1,9
36	1499		0,8
37	1511		3,7
38	1516		0,3
39	1517		0,3
40	1525		0,3
41	1530		0,1
42	1559		0,4
43	1568		0,4
44	1597		0,1
45	1606		1,0
46	1640		6,6
47	1643		0,2
48	1644		0,3
49	1648		0,3
50	1666		0,1
51	1679		0,1
52	1969		0,1
53	2124		0,1
54	2354		0,1
55	2691		0,1
Total identifié (%)			97,6
Hydrocarbures monoterpéniques			1

Discussion :

24 composés ont été identifiés représentant 94.2% de l'huile essentielle qui se caractérise par le pourcentage élevé du linalool (50.8%), les autres constituants étant le β -elemene (8.1%), geraniol (E) (4.6%), germacrene D (4.5%), tau-cadinol (5.3%). Nous remarquons que les hydrocarbures sesquiterpéniques sont présents avec un taux assez important (25.3%).

Tableau 39 : Composition de l'huile essentielle de M₅

N°	KI	%
01	1030	0.5
02	1103	50.5
03	1175	0.7
04	1188	0.6
05	1253	4.6
06	1278	0.3
07	1357	2.2
08	1367	0.6
09	1376	3.0
10	1381	0.8
11	1383	8.1
12	1431	1.3
13	1437	0.9
14	1438	1.1
15	1450	0.6
16	1452	1.0
17	1481	4.5
18	1499	1.8
19	1505	0.3
20	1506	1.7
21	1515	2.8
22	1520	0.4
23	1625	0.6
24	1649	5.3
Total identifié (%)		94.2
Monoterpènes oxygénés		57.2
Hydrocarbures sesquiterpéniques		25.3
Sesquiterpènes oxygénés		5.9
Composés aromatiques		5.8

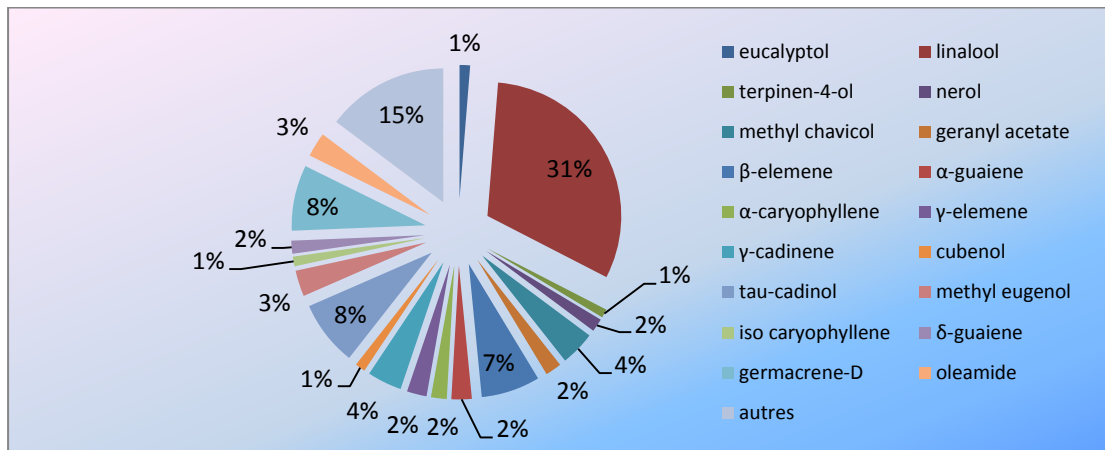
V-3- *Ocimum basilicum* L. marseillais cultivé à Alger A₅

- Caractéristiques physico-chimiques et analyse de l'huile essentielle

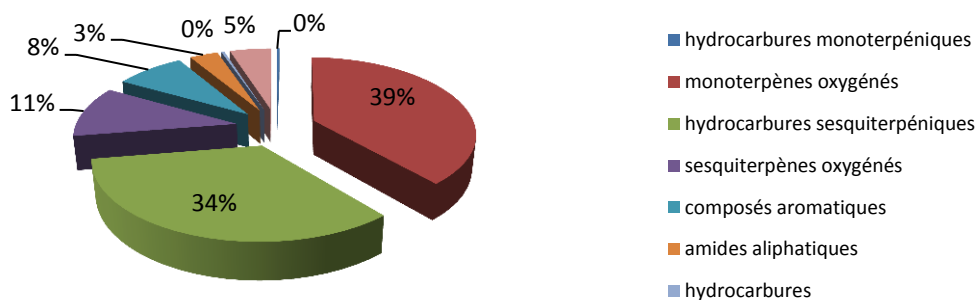
Densité relative (20°C)	Indice de réfraction	Pouvoir rotatoire	Miscibilité dans l'éthanol 90° (v/v)
0.925	1.5115	-8.60°	2.5/1

Tous les composés identifiés sont consignés dans le tableau 40.

Graphique 37 : répartition en % des principaux composés de l'huile essentielle d'A₅



Graphique 38 : répartition en % des principales familles de l'huile essentielle d'A₅



Discussion :

52 composés ont été identifiés représentant 95.51% de l'huile essentielle. Les monoterpènes oxygénés (38.42%) sont représentés par le linalool (31.29%) qui est le composé majoritaire. 16 hydrocarbures sesquiterpéniques ont été identifiés constituant (33.73%) de l'essence, les plus importants étant le β-elemene (7.12%) et le germacrene D (7.94%). Nous avons noté que les composés aromatiques (8.16%) sont représentés par le methyl eugenol (3.15%) et le methyl chavicol (4.18%) un composé qui était absent dans les deux essences précédentes. Il faut noter la présence de l'oleamide (2.95%) et le tau cadinol (7.87%) qui est représentatif des sesquiterpènes oxygénés (10.76%)

Tableau 40 : Composition de l'huile essentielle d'A₅

N°	KI	%
01	968	0,03
02	987	0,11
03	1011	0,02
04	1024	1,27
05	1043	0,07

06	1051		0,08
07	1060		0,10
08	1080		0,25
09	1101		31,29
10	1134		0,17
11	1169		1,04
12	1184		0,22
13	1191		4,18
14	1208		0,04
15	1211		0,04
16	1250		0,12
17	1255		1,59
18	1276		0,33
21	1327		0,79
22	1340		0,13
23	1352		0,83
24	1366		0,35
25	1375		0,49
26	1378		1,96
27	1383		7,12
28	1399		3,15
29	1407		1,17
30	1419		0,65
31	1428		2,45
32	1436		0,19
33	1442		1,90
34	1451		1,67
35	1470		7,94
36	1485		2,39
37	1495		1,57
38	1504		4,17
39	1513		0,75
41	1556		0,71
42	1564		0,13
43	1603		1,23
44	1631		7,87
45	1645		0,50
46	1664		0,12
47	1678		0,20
48	1994		0,22
49	2057		0,21
50	2175		0,40
51	2350		2,95
52	2490		0,17
Total identifié (%)			95.51
Hydrocarbures monoterpéniques			0.31
Monoterpènes oxygénés			38.42
Hydrocarbures sesquiterpéniques			33.73
Sesquiterpènes oxygénés			10.76
Composés aromatiques			8.16
Amide aliphatique			3.35
hydrocarbures			0.37

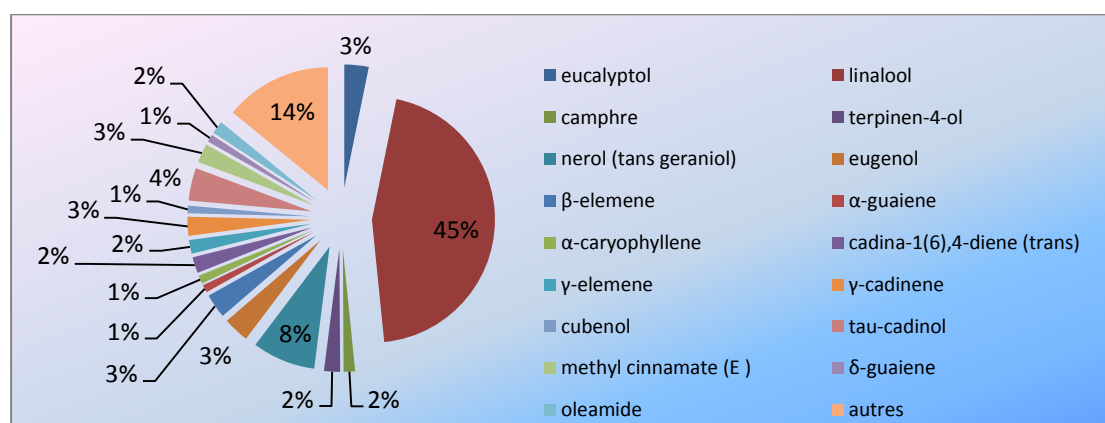
V-4- *Ocimum basilicum L. marseillais* cultivé à Constantine C₅

- Caractéristiques physico-chimiques et analyse de l'huile essentielle

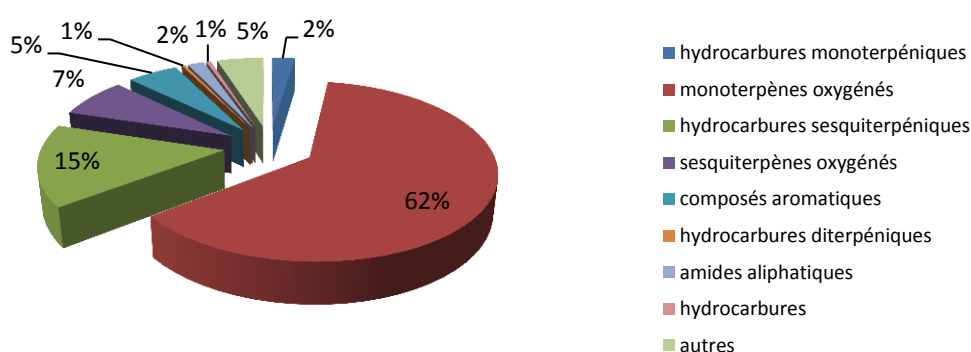
Densité relative (20°C)	Indice de réfraction	Pouvoir rotatoire	Miscibilité dans l'éthanol 90° (v/v)
0.915	1.5100	-6.85°	2.5/1

Le tableau 41 regroupe tous les composés identifiés.

Graphique 39 : répartition en % des principaux composés de l'huile essentielle de C₅



Graphique 40 : répartition en % des principales familles de l'huile essentielle de C₅



Discussion :

70 composés ont été identifiés représentant 97.85% de la totalité de l'huile essentielle. Cette dernière se compose principalement de monoterpènes oxygénés (62.25%) : linalool (45.2%), tans geraniol (8.3%) et eucalyptol (3.2%). Les sesquiterpènes oxygénés et les composés aromatiques sont présents avec des faibles teneurs (7.4%) et (5.3%) respectivement. De nombreux hydrocarbures sesquiterpéniques ont été identifiés leurs teneurs varient de (0.1 à 3.2%). L'oleamide est présent avec un taux de 1.7%.

Tableau 41 : Composition de l'huile essentielle de C₅

N°	KI	%
01	923	0,1
02	928	0,3
03	942	0,1
04	957	0,1
05	968	0,1
06	970	0,1
07	988	0,5
08	1002	0,1
09	1006	0,2
10	1013	0,12
11	1020	0,25
12	1026	3,2
13	1044	0,3
14	1054	0,2
15	1067	0,4
16	1084	0,1
17	1124	45,2
18	1144	1,5
19	1179	2,1
20	1189	0,3
21	1196	0,15
22	1212	0,13
23	1230	0,1
24	1237	0,2
25	1248	0,1
26	1262	8,3
27	1269	0,1
28	1281	0,2
29	1291	0,1
30	1299	0,1
31	1300	0,8
32	1320	0,1
33	1329	0,2
35	1358	3,4
36	1369	0,2
37	1378	2,5
38	1383	0,6
39	1388	3,2
40	1403	0,6
41	1411	0,5
42	1421	0,2
43	1432	1,0
44	1446	1,1
45	1455	0,5
46	1476	2,1
47	1479	0,5
48	1490	1,8
49	1499	1

50	1511		2.5
51	1516		0,5
52	1517		0,3
53	1525		0,2
54	1530		0,1
55	1559		0,4
56	1568		0,4
57	1597		0,1
58	1606		1,0
59	1640		4.3
60	1643		0,2
61	1644		0,3
62	1648		0,3
63	1666		0,1
64	1679		0,1
65	1753		0,2
66	1806		0,1
67	1969		0,1
68	2124		0,4
69	2350		1.7
70	2691		0,5
Total identifié (%)			97.85
Hydrocarbures monoterpéniques			2.37
Monoterpènes oxygénés			62.25
Hydrocarbures sesquiterpéniques			15.2
Sesquiterpènes oxygénés			7.4
Composés aromatiques			5.3
Diterpène			0.4
Amide aliphatique			1.7
hydrocarbures			0.5

Mostaganem

Abundance

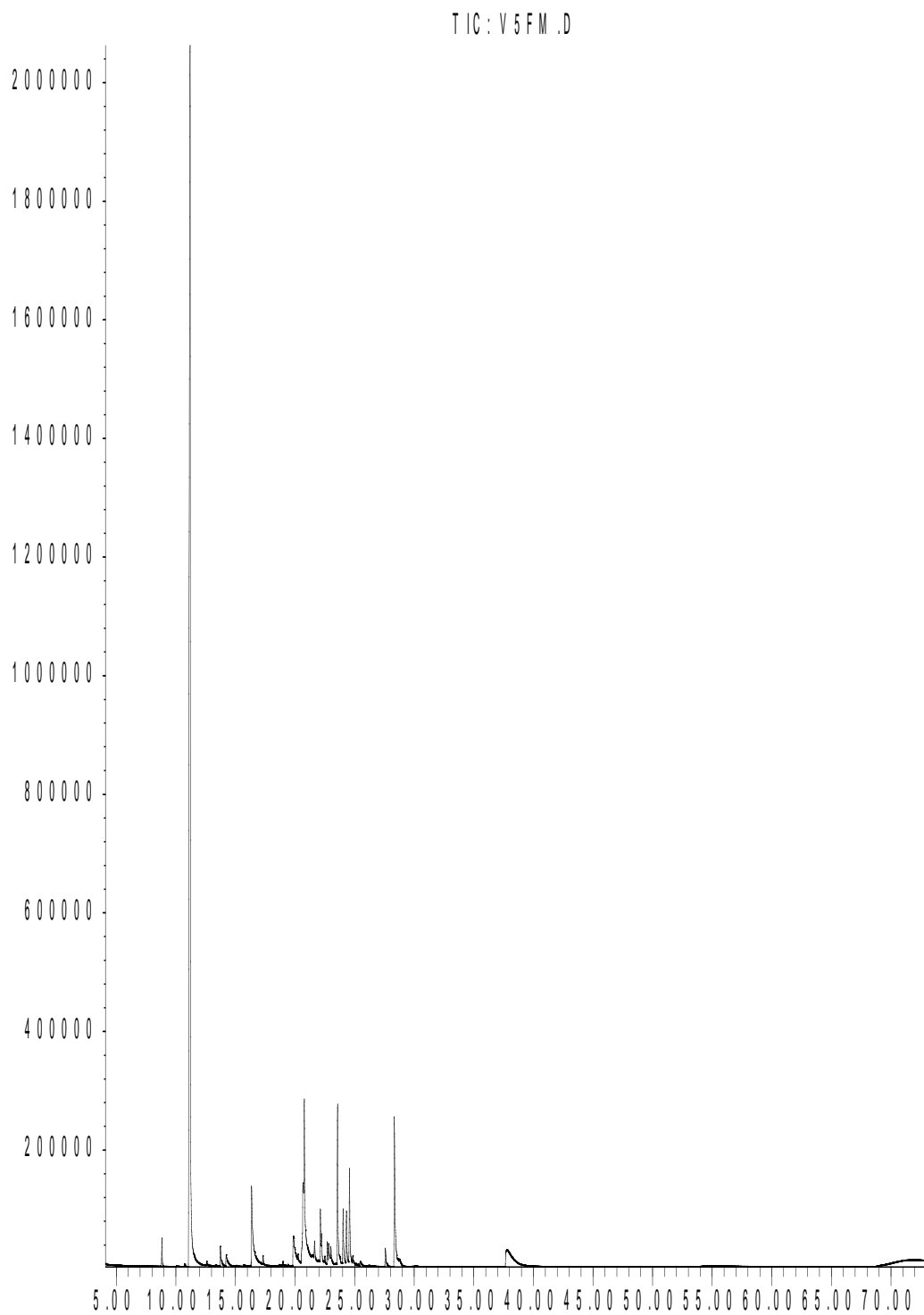


Figure 38 : chromatogrammes GC-MS des huiles essentielles d'*Ocimum basilicum* L. marseillais V₅

▪ **Analyse statistique de la variété *Ocimum basilicum* L.marseillais (basilic marseillais) V₅**

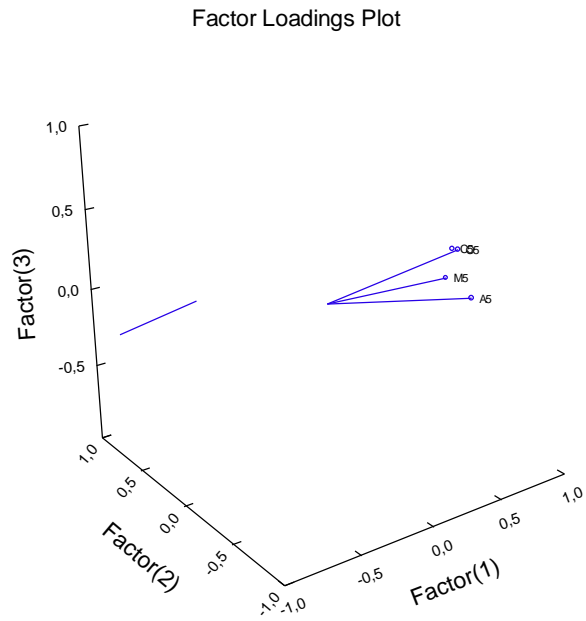
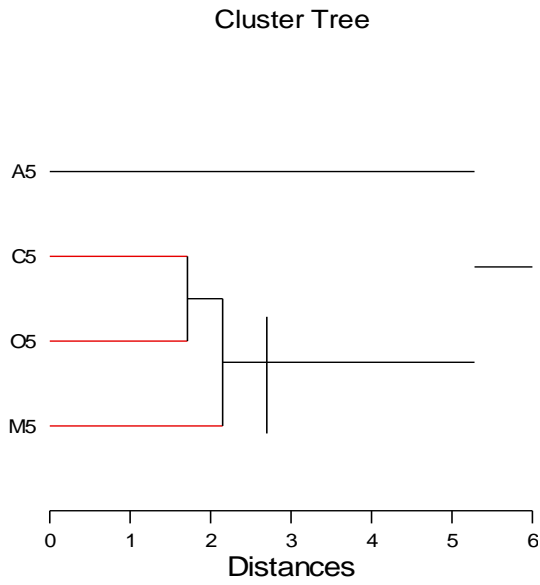


Figure 38a : dendrogramme de la composition des 4 huiles essentielles de V₅

Figure 38b : ACP 3D de la composition des 4 huiles essentielles de V₅

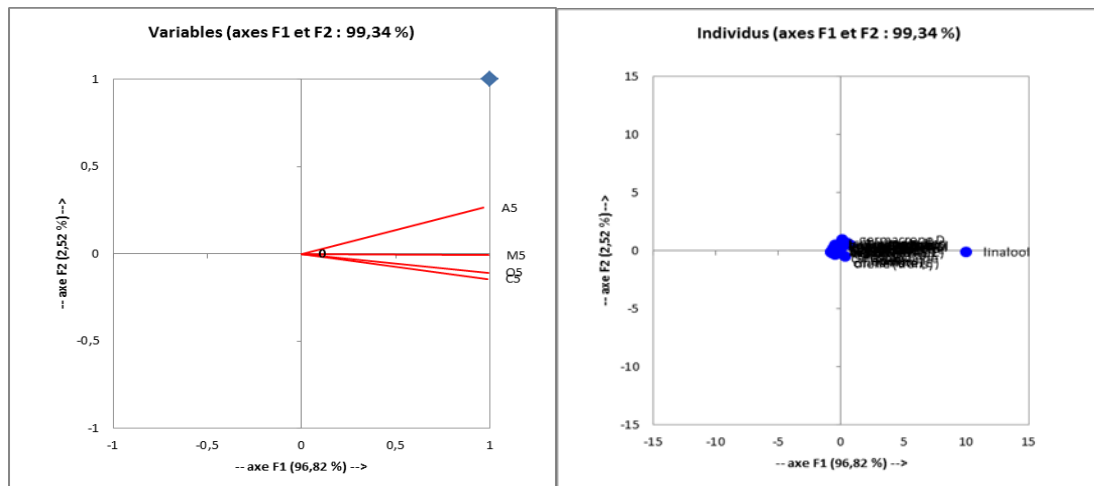


Figure 38c : ACP (individus et biplot) de la composition des 4 huiles essentielles de V₅

▪ **Discussion générale sur la variété *Ocimum basilicum L. marseillais V₅***

La CAH nous montre deux groupe (distances >6). Le 1^{er} groupe (C₅, O₅, M₅) (distances <2) et l'autre groupe (A₅). Les deux essences les plus similaires sont O₅ et C₅ (figure 38a).

Sur la figure 38c l'analyse par composante principale (ACP) nous montre que tous les vecteurs sont dans la même direction (même chemotype : linalool), mais celle d'Alger est un peu éloigné (différence dans la composition : taux du linalool inférieur et présence du methyl chavicol). Cela est confirmé par l'ACP 3D (figure 38b) où on voit la superposition des deux vecteurs O₅ et C₅. Les deux autres vecteurs sont aussi dans la même direction (même chemotype) mais à distance différentes.

Par manque de travaux sur la composition de l'huile essentielle de cette variété, nous n'avons pas pu comparer nos résultats avec d'autres.

VI- SECTION *OCIMUM BASILICUM L CITRIODORA V₆*

Les chromatogrammes des 4 huiles essentielles obtenus par GC-MS sont illustrés sur la figure 39.

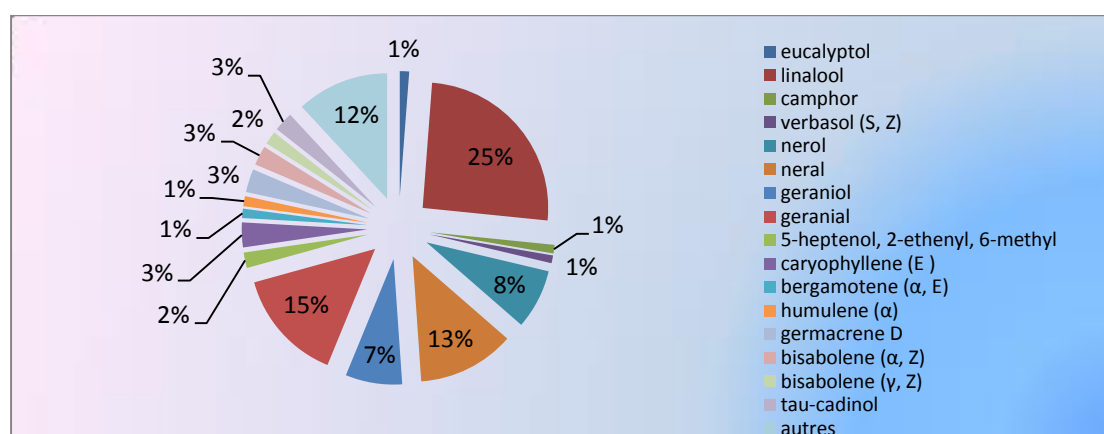
VI-1- *Ocimum basilicum L. citriodora* cultivé à Ouargla O₆

▪ **Caractéristiques physico-chimiques et analyse de l'huile essentielle**

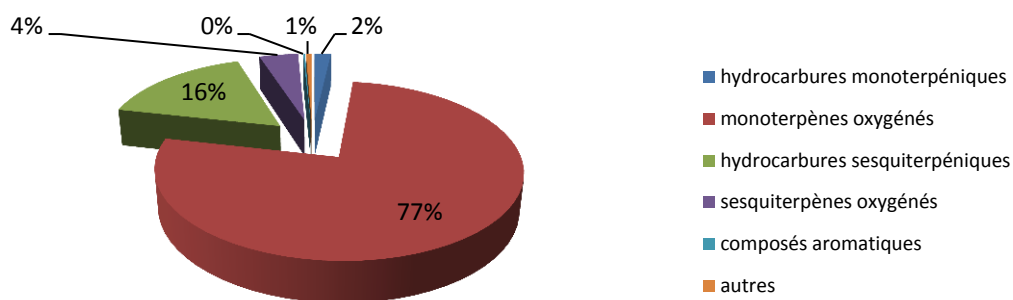
Densité relative (20°C)	Indice de réfraction	Pouvoir rotatoire	Miscibilité dans l'éthanol 90° (v/v)
0.989	1.4812	-5.62°	Quantité insuffisante

La composition détaillée de l'huile essentielle et sa quantification sont regroupés dans le tableau 42.

Graphique 41 : répartition en % des principaux composés de l'huile essentielle d'O₆



Graphique 42 : répartition en % des principales familles de l'huile essentielle d'O₆



Discussion :

44 composés ont été identifiés représentant 99.2% de l'huile. Dans celle-ci le linalool (25.4%) est le composé majoritaire représentatif des monoterpènes oxygénés (76.7%) avec le geranial (14.5%), le neral (12.5%), le nerol (7.7%) et le geraniol (7.3%). Les hydrocarbures sesquiterpéniques (16.5%) sont représentés par plusieurs composés dont les plus importants sont : caryophyllène (3.2%), germacrène D (3%) et bisabolène (α , Z) (2.5%). Il faut noter que les composés aromatiques sont presque à l'état de traces dans cet échantillon.

Tableau 42 : Composition de l'huile essentielle d'O₆

N°	KI	%
01	837	0.1
02	931	0.1
03	944	0.1
04	969	0.2
05	973	0.5
06	974	0.5
07	1030	1.2
08	1054	0.9
09	1084	0.3
10	1103	25.4
11	1127	0.1
12	1130	0.4
13	1141	1.1
14	1146	0.3
15	1161	0.7
16	1179	1.0
17	1188	0.7
18	1229	7.7
19	1241	12.5
20	1253	7.3
21	1270	14.5
22	1342	0.1
23	1359	0.6
24	1374	0.7
25	1377	0.4
26	1379	2.0
27	1381	0.9
28	1383	0.7
29	1399	0.2
30	1415	3.2
31	1431	1.2

32		1450	1.3
33		1481	3.0
34		1505	2.5
35		1506	0.1
36		1512	1.7
37		1520	0.3
38		1558	0.5
39		1580	0.5
40		1606	0.1
41		1647	0.3
42		1649	2.5
43		1680	0.3
44		1711	0.5
Total identifié (%)			99.2
Hydrocarbures monoterpéniques			1.8
Monoterpènes oxygénés			76.7
Hydrocarbures sesquiterpéniques			16.5
Sesquiterpènes oxygénés			4.2
Composés aromatiques			0.2

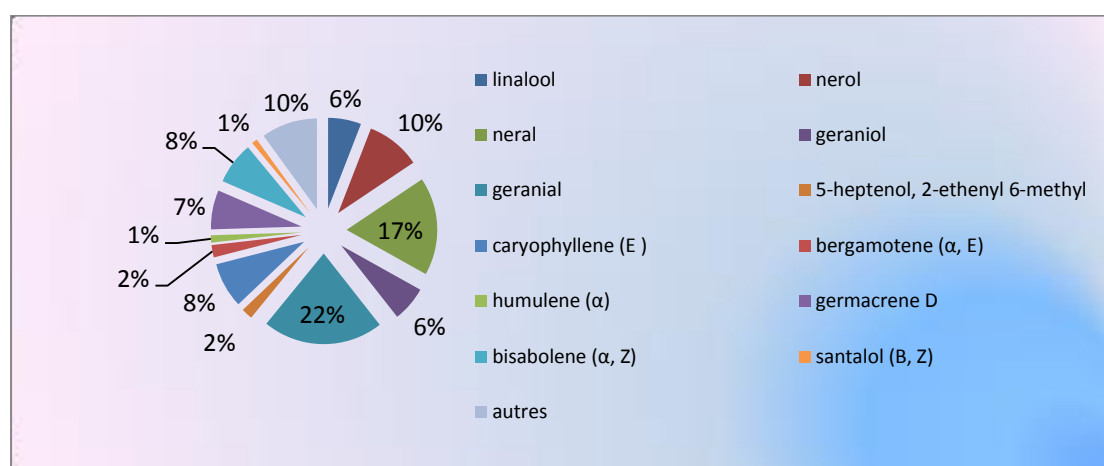
VI-2- *Ocimum basilicum L. citriodora* cultivé à Mostaganem M₆

- Caractéristiques physico-chimiques et analyse de l'huile essentielle

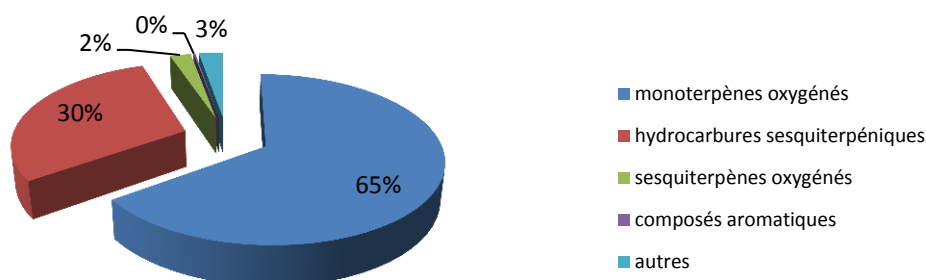
Densité relative (20°C)	Indice de réfraction	Pouvoir rotatoire	Miscibilité dans l'éthanol 90° (v/v)
0.933	1.4578	-9.25°	2.5/1

Le tableau 43 regroupe tous les composés identifiés, leurs indices de rétention ainsi que leurs teneurs.

Graphique 43 : répartition en % des principaux composés de l'huile essentielle de M₆



Graphique 44 : répartition en % des principales familles de l'huile essentielle de M₆



Discussion :

37 composés ont été identifiés représentant 97.6% de l'huile. Celle-ci est surtout riche en monoterpènes oxygénés (65.1%) : geranial (21.5%) qui est le composé majoritaire, neral (17.5%), nerol (9.7%), geraniol (6.3%) et le linalool (5.9%). Les hydrocarbures sesquiterpéniques sont présents avec une teneur assez importante (29.7%) représentés par le caryophyllène (E) (8.1%), bisabolène (α , Z) (7.5%) et le germacrène D (7.0%)

Tableau 43 : Composition de l'huile essentielle de M₆

N°	KI	%
01	974	0.5
02	1030	0.1
03	1084	0.3
04	1103	5.9
05	1127	0.1
06	1130	0.4
07	1146	0.3
08	1161	0.7
09	1179	1.0
10	1188	0.7
11	1229	9.7
12	1241	17.5
13	1253	6.3
14	1270	21.5
15	1342	0.1
16	1359	0.6
17	1374	0.7
18	1377	0.1
19	1379	2.0
20	1381	0.1
21	1383	0.1
22	1399	0.2
23	1415	8.1
24	1431	2.2
25	1450	1.3
26	1481	7.0
27	1505	7.5
28	1506	0.1
29	1512	0.4
30	1520	0.6
31	1558	0.3
32	1580	0.5
33	1606	0.1
34	1647	0.3

35	1649		0.1
36	1680		0.3
37	1711		1.0
Total identifié (%)			97.6
Monoterpènes oxygénés			65.1
Hydrocarbures sesquiterpéniques			29.7
Sesquiterpènes oxygénés			2.3
Composés aromatiques			0.2

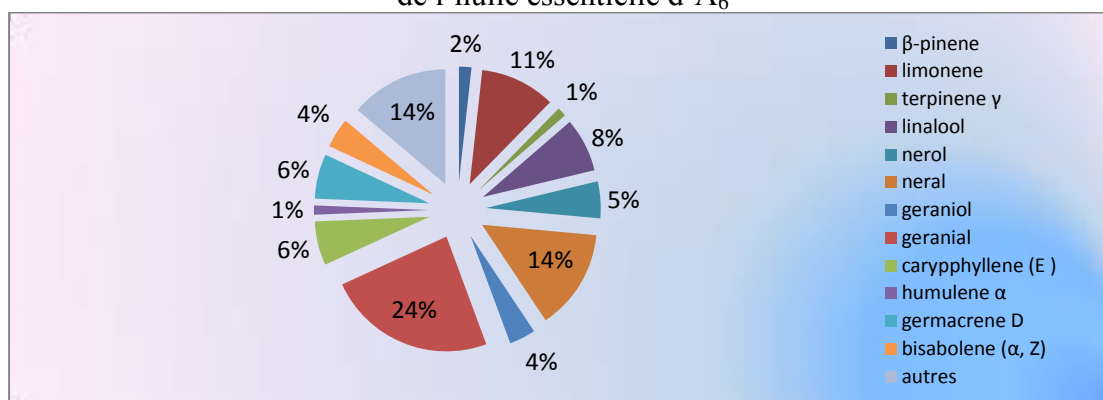
VI-3- *Ocimum basilicum* L. *citriodora* cultivé à Alger A₆

- Caractéristiques physico-chimiques et analyse de l'huile essentielle

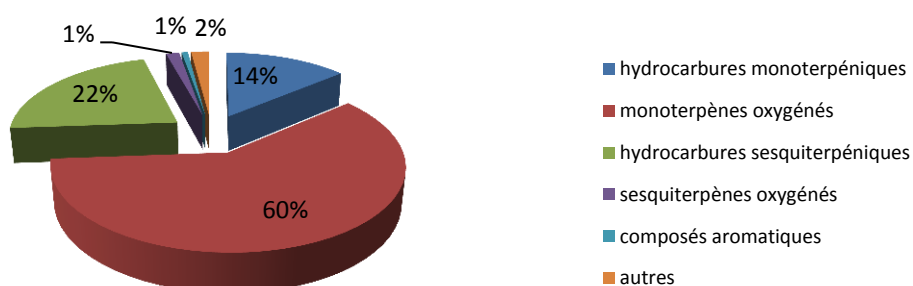
Densité relative (20°C)	Indice de réfraction	Pouvoir rotatoire	Miscibilité dans l'éthanol 90° (v/v)
0.852	1.48	-9.1°	Quantité insuffisante

La composition détaillée de cet échantillon est consignée dans le tableau 44.

Graphique 45 : répartition en % des principaux composés de l'huile essentielle d'A₆



Graphique 46 : répartition en % des principales familles de l'huile essentielle d'A₆



Discussion :

Les monoterpènes oxygénés sont largement prépondérants (60.0%) représentés par le geraniol (23.8%), le geraniol (3.7%), le neral (14.2%), le nerol (5.2%) et le

linalool (7.6%). Il faut noter la présence caractéristique de limonène (10.6%), composé principale des hydrocarbures monoterpéniques (13.85%). Le caryophyllène (E) (6.2%), le germacrène D (6.3%) et le bisabolène (α , Z) (4.2%) sont les hydrocarbures sesquiterpéniques les plus abondants dans cette huile essentielle.

Tableau 44 : Composition de l'huile essentielle d'A₆

N°	KI	%
01	931	0.1
02	944	0.1
03	973	1.75
04	974	0.5
05	975	0.1
06	1025	10.6
07	1030	0.1
08	1054	1.3
09	1084	0.3
10	1103	7.6
11	1130	0.4
12	1141	0.1
13	1146	0.3
14	1161	0.7
15	1162	0.3
16	1179	0.9
17	1188	0.7
18	1195	0.5
19	1214	0.4
20	1229	5.2
21	1241	14.2
22	1253	3.7
23	1270	23.8
24	1329	0.3
25	1359	0.2
26	1374	0.5
27	1383	0.2
28	1399	0.2
29	1415	6.2
30	1429	0.3
31	1431	0.1
32	1437	0.5
33	1438	0.2
34	1450	1.3
35	1452	0.1
36	1478	0.4
37	1481	6.3
38	1505	4.2
39	1506	0.1
40	1512	0.4
41	1515	0.3
42	1520	0.1
43	1558	0.4
44	1625	0.2
45	1643	0.6
46	1647	0.3
47	1649	0.1
48	1680	0.3
Total identifié (%)		98.45
Hydrocarbures monoterpéniques		13.85
Monoterpènes oxygénés		60
Hydrocarbures sesquiterpéniques		21.9
Sesquiterpènes oxygénés		1.5
Composés aromatiques		0.7

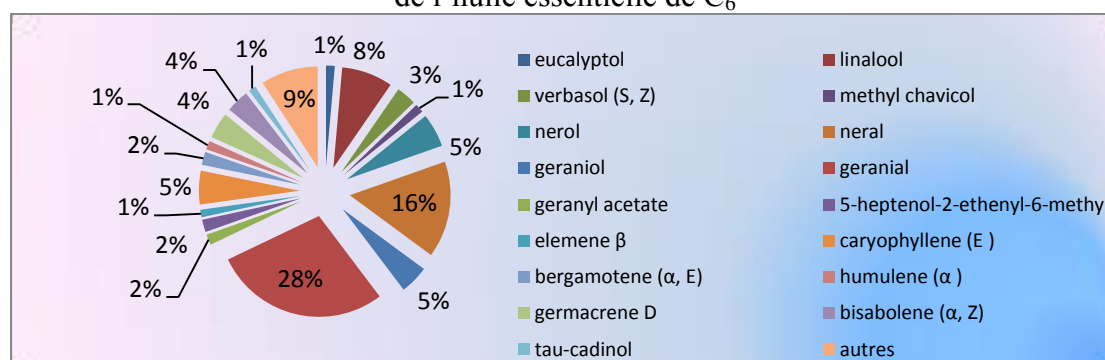
VI-4- *Ocimum basilicum* L. *citriodora* cultivé à Constantine C₆

- Caractéristiques physico-chimiques et analyse de l'huile essentielle

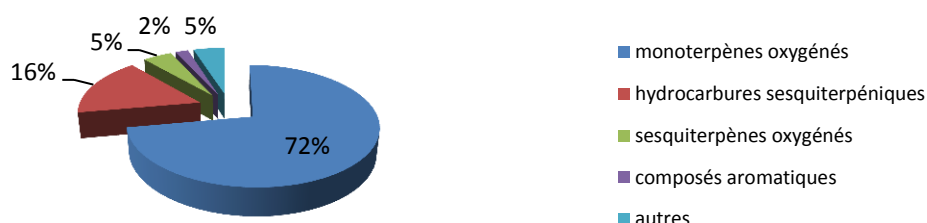
Densité relative (20°C)	Indice de réfraction	Pouvoir rotatoire	Miscibilité dans l'éthanol 90° (v/v)
0.810	1.4620	-6.78	Quantité insuffisante

La composition détaillée de cette huile essentielle est consignée dans le tableau 45.

Graphique 47 : répartition en % des principaux composés de l'huile essentielle de C₆



Graphique 48 : répartition en % des principales familles de l'huile essentielle de C₆



Discussion :

44 composés ont été identifiés représentant 99.87% de l'huile. Les monoterpènes oxygénés sont prépondérants avec un taux de 72.2% représentés par le geraniol (28.2%) qui est le composé majoritaire. Les hydrocarbures sesquiterpéniques sont également présents dans cet échantillon avec une teneur assez significative (16.37%). Il faut noter la présence du methyl chavicol (1.4%).

Tableau 45 : Composition de l'huile essentielle de C₆

N°	KI	%
01	974	0.1
02	1030	1.4
03	1084	0.1
04	1103	8.2
05	1127	0.1

06	1130		0.1
07	1146		0.2
08	1161		0.3
09	1162		0.1
10	1164		0.1
11	1175		0.1
12	1179		3.2
13	1188		0.2
14	1195		1.4
15	1229		5.4
16	1241		15.5
17	1253		4.6
18	1270		28.2
19	1342		0.1
20	1357		0.1
21	1359		0.6
22	1374		0.7
23	1377		1.7
24	1379		2.0
25	1381		0.6
26	1383		1.2
27	1399		0.5
28	1415		5.4
29	1431		2.1
30	1450		1.4
31	1481		4.2
32	1505		3.7
33	1506		0.3
34	1512		0.74
35	1520		0.33
36	1558		0.4
37	1580		0.9
38	1606		0.15
39	1625		0.6
40	1635		0.3
41	1647		0.35
42	1649		1.2
43	1680		0.2
44	1711		0.8
Total identifié (%)			99.87
Monoterpènes oxygénés			72.2
Hydrocarbures sesquiterpéniques			16.37
Sesquiterpènes oxygénés			4.5
Composés aromatiques			2

Mostaganem

Abundance

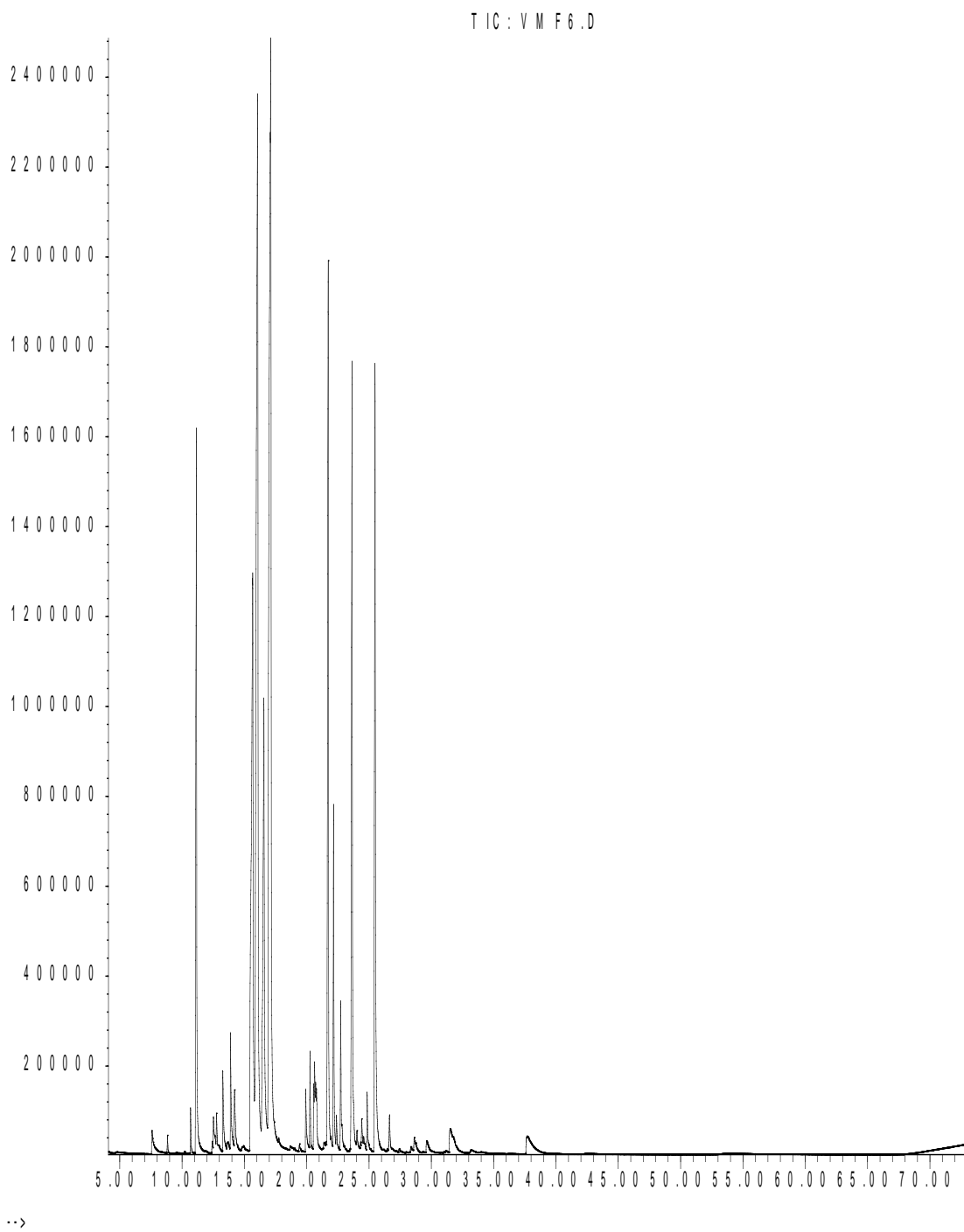


Figure 39 : chromatogrammes GC-MS des huiles essentielles d'*Ocimum basilicum* L. *citriodora* V₆

▪ **Analyse statistique de la variété *Ocimum basilicum* L.citriodora (basilic citron) V₆**

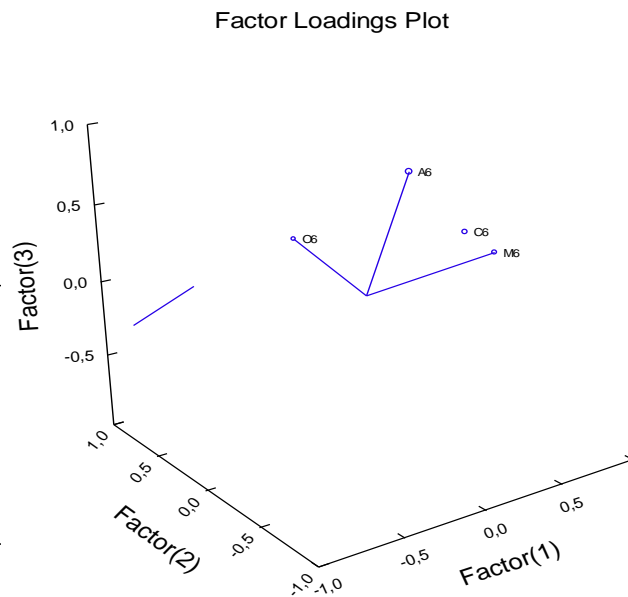
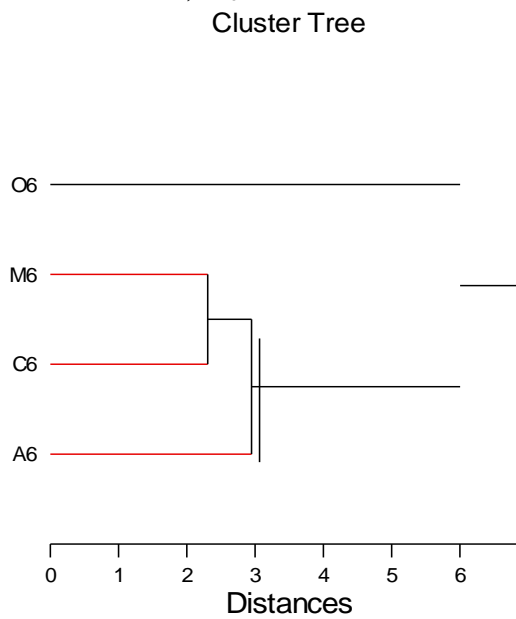


Figure 39a : dendrogramme de la composition des 4 huiles essentielles de V₆

Figure 39b : ACP 3D de la composition des 4 huiles essentielles de V₆

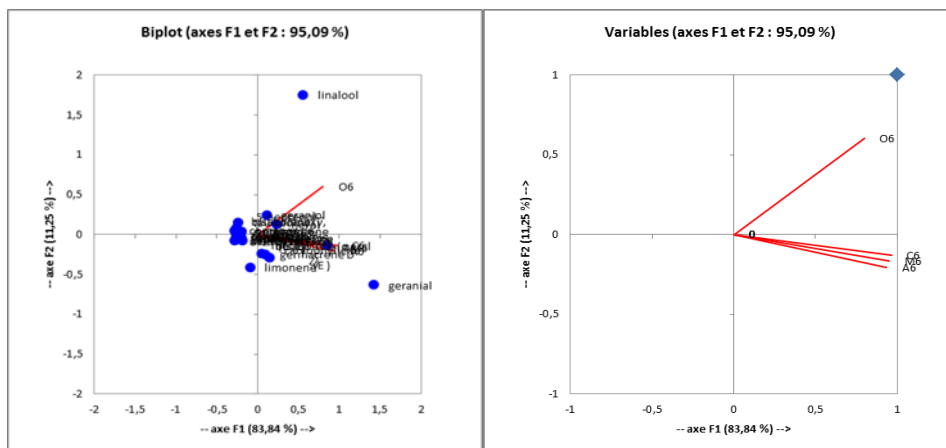


Figure 39c : ACP (individus et biplot) de la composition des 4 huiles essentielles de V₆

▪ **Discussion générale sur la variété *Ocimum basilicum* L. marseillais V₅**

La figure 39a nous montre la similitude entre les deux essences M₆ et C₆ (distances <2) sur le dendrogramme. La différence entre ces dernières et l'essence A₆ ne suffit pas pour distinguer un groupe à part. Ces résultats sont confirmés par l'analyse par composante principale (ACP) où on voit deux groupes distincts (groupe geraniol : contenant M₆, C₆ et A₆) et groupe à linalool contenant O₆). Figure 39c.

L'ACP 3D nous montre la différence entre la composition des 4 essences plus clairement, où on remarque M₆ et C₆ dans la même direction, plus éloigné le A₆ mais reste possédant le même chemotype (geraniol). L'O₆ est dans une autre direction donnant lieu à un autre chemotype (linalool) (figure 39b).

Reneta Nurzynska-Wierdak [99] a analysé l'huile essentielle d'*Ocimum basilicum* L. *citriodora* par GC-MS et a trouvé qu'elle se compose essentiellement de : geraniol (20.2%), neral (15.5%), E-caryophyllene (10.5%), Z,α-bisabolene (9.9%), linalool (9.7%) et le nerol (7.7%).

Sezen Tamsi et ses collaborateurs ont trouvé que cette essence se compose de neral, geraniol et de linalool [101].

Klaudija Carivic-Stanko et ses collaborateurs ont trouvé que l'huile essentielle du basilic citron originaire de Turquie contient principalement 31.21% de geraniol, 21.80% de neral, 14.58% nerol et 7.2% de linalool [102]

L'ensemble de ces travaux se croisent avec nos résultats dans la composition majoritaire de l'huile des 3 régions : Mostaganem, Alger et Constantine. L'huile essentielle d'Alger fait apparaître un nouveau chemotype. Nous pensons que ce nouveau chemotype a une relation avec le fait que la variété basilic citron est une variété hybride de deux variétés : *Ocimum basilicum* L. *americanum* (chemotype geraniol) et *Ocimum basilicum* L. européen °(chemotype linalool).

DISCUSSION GENERALE SUR L'ESPECE *OCIMUM BASILICUM* L

Nous avons soumis tous nos résultats statistiques à un test de corrélation : où il nous a fourni une valeur de $\rho < 0.05$. Ce qui signifie que nos résultats sont significatifs.

La classification ascendante hiérarchique des 24 échantillons analysés nous a permis de constater la présence de 3 groupes (figure 40):

- Groupe prépondérant : groupe à linalool, contient 11 huiles essentielles. (Couleur rouge sur le dendrogramme)
- Groupe à phénols :(eugenol/ methyl eugenol/ methyl chavicol/ methyl cinnamate), contient 9 huiles essentielles. (Couleur verte)
- Groupe à geraniol. Contient 4 huiles essentielles. (couleur orange)

L'ACP illustre ces groupes d'une façon plus démonstrative où on voit les différentes directions des 3 groupes (individus et variables) (figures 41 et 42)

Cluster Tree

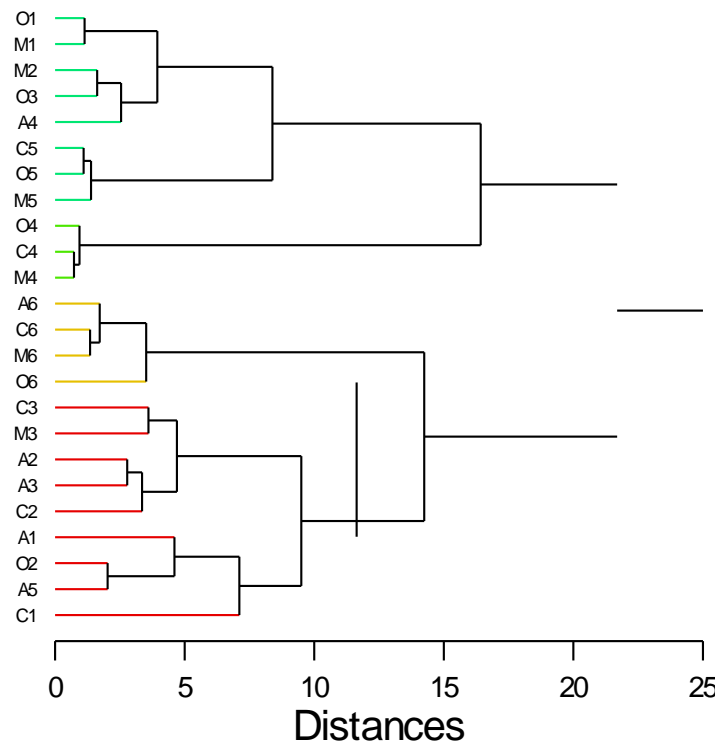


Figure 40 : dendrogramme de toutes les huiles essentielles étudiées

Factor Loadings Plot

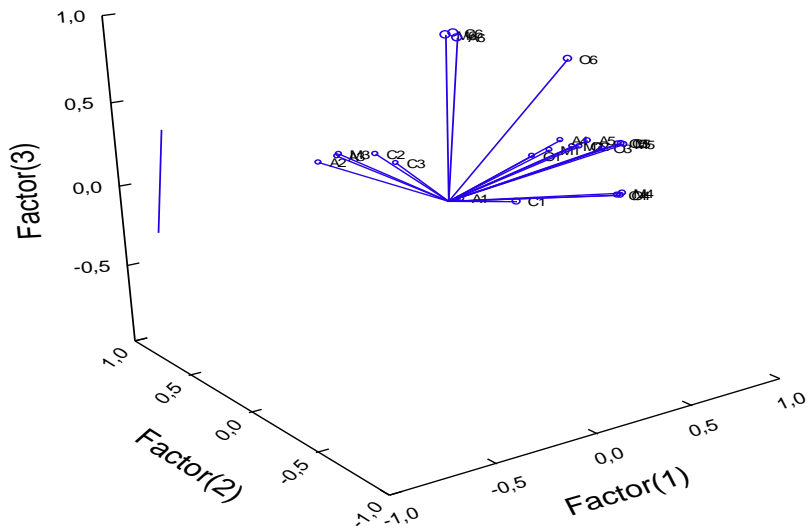


Figure 41 : ACP 3D de toutes les huiles essentielles étudiées

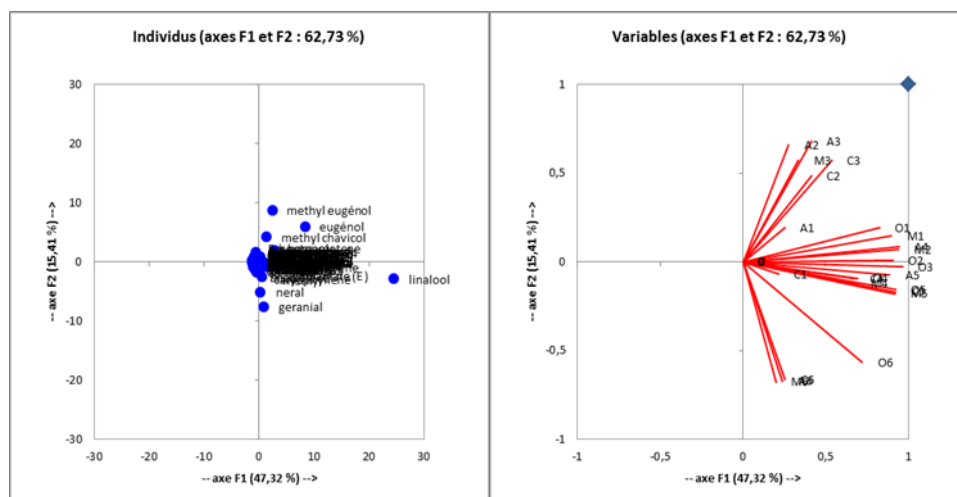


Figure 42 : ACP des individus et des variables de toutes les huiles essentielles étudiées

Nos variétés d'*Ocimum basilicum* L. cultivés dans 4 régions différentes ont montré une diversité surprenante dans leurs compositions, nous expliquons cette variabilité par la position géographique, la nature d'eau d'irrigation, et l'influence des cultures voisines.

Un nombre important d'auteurs se sont intéressés à l'étude de la composition de l'huile essentielle du basilic à travers le monde [103-117].

Vu l'utilisation croissante de l'huile essentielle de basilic comme agent antioxydant et antibactérien, de nombreuses études se sont orientées vers l'évaluation de ces activités [118].

D'autres chercheurs ont évalué la teneur du basilic en polyphénols et en flavonoïdes avec la détermination du pouvoir antioxydant [119-126].

H. Schulz, a fait une rapide classification de chemotype d'*Ocimum basilicum* L., en utilisant différentes méthodes spectroscopiques vibrationnelles [127].

L'impact de la nature du sol, la nature des engrais utilisés dans la culture, la nature de l'eau utilisée sur la composition des huiles essentielles d'*Ocimum basilicum* L., a été largement discuté par les phytochimistes et les agronomes [128-143].

En s'appuyant sur l'étude chimique et statistique, nos résultats ont permis, d'identifier trois chemotypes dans l'huile essentielle d'*Ocimum basilicum* L., *genovese*, l'huile essentielle d'*Ocimum basilicum* L., *purpurescens*, l'huile essentielle d'*Ocimum basilicum* L., *minimum*, deux chemotypes dans l'huile essentielle d'*Ocimum basilicum* L., *cinnamon* et l'huile essentielle d'*Ocimum basilicum* L. *citriodora*, un seul chemotype dans l'huile essentielle d'*Ocimum basilicum* L. *marseillais*

Nous avons remarqué que quel que soit la variété d'*Ocimum basilicum* .L, ou la région d'étude, le linalol est toujours présent avec une teneur qui varie de 52.1% (O₅) à 5.5% (M₃). Ce qui nous permet de l'utiliser comme marqueur de l'espèce *Ocimum basilicum*. L.

Conclusion générale

- Ce travail constitue :
 - 1) Une contribution à l'enrichissement de la flore algérienne en plantes aromatiques et médicinales, en réussissant de nouvelles cultures.
 - 2) Une contribution à l'étude de relation : composition/ variété et composition/origine géographique.
- L'étude systématique des composés les plus répondus dans la constitution des huiles essentielles de l'espèce *Ocimum basilicum* L., par chromatographie en phase gazeuse nous a aidé :
 - 1) A estimer les meilleures conditions d'analyse pour nos huiles essentielles.
 - 2) Dans l'identification de la constitution de nos huiles essentielles.
- L'étude du comportement variétal des six variétés de basilic, étudiés : (*Ocimum basilicum* L., *genovese*, *Ocimum basilicum* L., *purpurescens*, *Ocimum basilicum* L., *Ocimum basilicum* L., *minimum*, *Ocimum basilicum* L., *cinnamon*, *Ocimum basilicum* L. *marseillais*, *Ocimum basilicum* L. *citriodora*) dans les conditions saharienne (Ouargla), nous a aidé à estimer les meilleures conditions de cultures pour nos variétés.
- L'étude statistique de nos résultats agronomiques nous a donné des valeurs significatifs à hautement significatifs, ce qui confirme la réussite de notre essai.
- L'ensemble de l'étude comparative de la composition de l'huile essentielle de nos 6 variétés cultivées dans quatre régions (Ouargla, Mostaganem, Alger et Constantine), et l'analyse statistique par deux méthodes : la classification ascendante hiérarchique (CAH) et analyse en composante principale (ACP), nous a permis de tirer les conclusions suivantes :
 - ✚ *Ocimum basilicum* L. *genovese* :
 - 1) Les huiles essentielles d'Ouargla et de Mostaganem sont similaires par leurs compositions avec un chémotype hybride (linalool/eugénol).
 - 2) Un nouveau composé a été détecté dans l'huile essentielle d'Alger : l'octadecenamide (Z) (oleamide). C'est un principe actif utilisé dans la pharmacognosie comme composé qui a la capacité d'induire le sommeil.
 - 3) L'huile essentielle de Constantine a donné un nouveau chémotype : le linalool acétate avec un taux de 40.09%.
 - ✚ *Ocimum basilicum* L. *purpurescens* :
 - 1) Les huiles essentielles les plus proches par leurs constitutions sont celle d'Ouargla et de Mostaganem avec comme chémotype le linalool.
 - 2) L'huile essentielle d'Alger a le méthyleugénol comme chémotype.
 - 3) L'huile essentielle de Constantine à présenter un chémotype à méthylchavicol.

- ✚ *Ocimum basilicum* L, *minimum* :
 - 1) Les quatre huiles essentielles présentent une grande différence dans leurs constitutions.
 - 2) L'huile essentielle d'Alger partage le même chémotype que l'huile essentielle de Mostaganem (methyl eugénol)
 - 3) L'huile essentielle d'Ouargla a le linalool comme chémotype et celle de Constantine présente l'eugénol comme chémotype.
- ✚ *Ocimum basilicum* L, *cinnamon* : deux groupes ont été distingués :
 - 1) 1^{re} groupe qui comporte les huiles essentielles d'Ouargla, de Mostaganem et de Constantine, présentant un chémotype à methylcinnamate (E).
 - 2) 2^{ème} groupe se limitant dans l'huile essentielle d'Alger avec un chémotype à linalool.
- ✚ *Ocimum basilicum* L. *marseillais*
 - 1) Malgré la différence dans la constitution des quatre huiles essentielles, elles sont considérées appartenir au même groupe. Car elles présentent toutes les quatre un unique chémotype : le linalool.
 - 2) Sur ce résultat, on peut dire que le linalool est représentatif de la variété *Ocimum basilicum* L, *marseillais*
- ✚ *Ocimum basilicum* L. *citriodora* :
 - 1) Les deux huiles essentielles de Mostaganem et de Constantine, qui sont similaires, avec celle d'Alger constituent un groupe qui possède le géraniol comme produit majoritaire.
 - 2) L'huile essentielle d'Ouargla constitue le groupe avec comme composé majoritaire le linalool.
- En s'appuyant sur l'étude chimique et statistique, nos résultats ont permis, pour les variétés étudiées, obtenues en cultures à partir de graines d'origine européenne de confirmer que le linalool est un composé représentatif de l'espèce *Ocimum basilicum* L.

Références bibliographiques

- [1] B. M. Fraga. *Nat. Prod. Rep.*, 24, 1350-1381, 2007.
- [2] J. R. Hanson. *Nat. Prod. Rep.*, 24, 1332-1341, 2007.
- [3] Paule Jose Teisseire, *Chimie des substances odorantes*, Lavoisier, 1991.
- [4] A. A. Newman ed., Academic Press, *Chemistry of terpenes and terpenoids*. London and New-york, 1972.
- [5] Abimael D. Rodriguez, Eduvigis Gonzalaz. *J. Org. Chem*, 163, 7091-7091, 1998.
- [6] Marianne Glasins, Matthew Duave. *Journal of Chromatography A*, 833, 121-135, 1999.
- [7] V. A. Isidorov, I. G. Zenkevich, E. N. Aubis. *Journal of Chromatography A*, 814, 297-303, 1999.
- [8] Vollhardt, *traité de chimie organique De Boeck-Wesmael*, s.a., 1990, Bruxelles.
- [9] B. B. Patel, T. G. Waddell, R. M. Pagnib, *Fitoterapia*, 72, 511-515, 2001.
- [10] G. N. Nrishna Kumari, S. Masilamani, M. R. Ganesh, S. Arawind, S.R. Sridhar, *Fitoterapia*, 74, 479-482, 2003.
- [11] Ruzika. L, *Experientia*, 9, 357, 1953.
- [12] B. L. Archer, D. Barnard, E. G. Cockbain, J. W. Gornforth, R. H. Cornforth and G. Popjak, *Proc. R. Soc. (Lond), Ser. B*, 163, 519, 1966.
- [13] W. Rittersdorf, *Angew, Chem (internat. Ed.)*, 4, 444, 1965.
- [14] R. G. Stanley, *Terpene Biogenesis in Pine*. U. S. Dept. Agr., Forest Service Tech.56, 1661.
- [15] J. Mann, *secondary metabolism*, 2nd Ed., Oxford, Clarendon Press, 1987.
- [16] M.Rohmer, *Sciences Chimiques*, 59, 17-21, 1997.
- [17] J. Kapteyn, A. V. Qualey, Z. Xie, E. Fridman, N. Dudareva, and D. R. Gang, *The Plant Cell*, 19, 3212-3229, 2007.
- [18] S. Budavari, M. J. O'Neil, A. Smith, *the Merk Index*, twelve edition, Whitehouse Station : Merk and Co, INC, 2350, 1996.
- [19] J. Bruneton, *pharmacognosie Phytochimie Plantes médicinales*, Tec&Doc, Lavoisier, Paris, 915, 1993.
- [20] M. Wichtl, R. Anton, *Plantes thérapeutiques, Technique et Documentation*, Paris. 1999.
- [21] N. B. Perry, R. E. Anderson, N. J. Brennan, *J Agri Food Chem*, 47, 2048-2054, 1999.
- [22] V. L. Couderc, *Toxicité des huiles essentielles*, thèse Docteur vétérinaire, université Paul-Sabatier de Toulouse, 2001.
- [23] AFNOR. *Huiles essentielles. Echantillonnage et méthodes d'analyse (Tome 1)- Monographie relatives aux huiles essentielles (Tome 2 Volume 1 et 2)*. 2000.
- [24] Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé, *recommandations relatives aux critères de qualité des huiles essentielles*, 2008.
- [25] E. Teuschier, R. Anton, A. Lobstein, *plantes aromatiques : épices, aromates, condiments et huiles essentielles*. Lavoisier, Technique et Documentation, paris, 2005.
- [26] Norme ISO 4720, *Huiles essentielles- Nomenclature*, 2002.
- [27] J. Bruneton, *pharmacognosie Phytochimie Plantes médicinales*, 3^{ème} édition Tec&Doc, Lavoisier, Paris, 1999.
- [28] Norme ISO 11024-1 et 2 : *Huiles essentielles- Directives générales concernant les profils chromatographiques- partie 1 : Elaboration des*

- profils chromatographiques pour la présentation dans les normes. Partie 2 : Utilisation des profils chromatographiques des échantillons d'huiles essentielles, 1998.
- [29] S. C. Rastogi, J. P. Lepoittevin, J. D. Johansen, P. J. Frosch, T. Menne, M. Buze, B. Dreier, K. E. Andersen, I. R. White, Contact Dermatitis, 39, 293-303, 1998.
- [30] S. B. Hooser, Small Animal Practice, 20, 383-385, 1990.
- [31] S. B. Hooster, V. R. Beasley, J. I. Everitt, JAVMA, 189, 905-908, 1986.
- [32] C. A. Carron, C. H. Rey, Revue suisse vitic. Arboric. Hortic, 38, 51-55, 2004.
- [33] C. Caelen, C. A. Carron, Revue suisse vitic. Arboric. Hortic, 32, 1-7, 2006.
- [34] J. M. Clement, Larousse agricole. Ed. Librairie Larousse, Paris, 144, 1981.
- [35] Junta et Andalucia, Revue suisse UICN, 12, 1-3, 2005.
- [36] J. L. Pousset, plantes médicinales d'Afrique, Provence, 188, 2004.
- [37] Philippe et Delwaulle, Revue suisse vitic. Arboric. Hortic, 17, 1-8, 2006.
- [38] M. Limited, Guide des plantes aromatiques, Paris, 45-46, 1998.
- [39] A. K. Adden, estimation des besoins en N, P, K du basilic dans la région maritime du Togo, thèse de doctorat, 2005.
- [40] L. Guyot, Les épices. France, 126, 1972.
- [41] P. Schauenberg, guide des plantes médicinales, Paris, 287, 2005.
- [42] O. Baritoux, H. Richard, J. Touch and M. Derbesy. Flavor and Fragrance Journal, 7, 267-271, 1992.
- [43] S. M. Keita, C. Vincent, J. P. Schmit, Flavor and Fragrance Journal, 15, 339-341, 2000.
- [44] L. Jirovetz and G. Buchbauer, Scientia Pharmaceutica, 69, 85-89, 2001.
- [45] N. M. Farrag, Bull. Fac. Pharm Cairo Univ, 33, 1995.
- [46] K. Sanda, K. Koba, Flavor, Fragr J, 13, 226-232, 1998.
- [47] A. Zola et J. Garnerio. Parf. Cosmet. Savons, France, 3, 15-19, 1973.
- [48] F. Tateo, L. Santamaria, L. Bianchi and A. Branchi, J. Essent. Oil Res., 2, 263-264, 1990.
- [49] M. M. Carmo, E. J. Raposo, F. Venancio, S. Frazao and R. Seabra, J. Essent. Oil Res., 1, 111-118, 1989.
- [50] E. Kostrzewa, K. Karwowska. Prace Inst. Lab. Bad. Przem Spoz., 44, 97-107, 1990.
- [51] H. H. Peter and M. Remy. Parf. Cosmet. Arômes, 21, 61-68, 1978.
- [52] Z. leisher and A. Fleicher. J. Essent. Oil Res., 4, 97-99, (1992).
- [53] M. J. Perez-Alonzo, A. Velasco- Pegueruela, M. Emin Duru, M. Harmandar and J. L. Estban. J. Essent. Oil Res., 7, 73,75, 1995.
- [54] T. Ozek, S. H. Beis, B. Demirçakmak and K. H. C Baser. J. Essent. Oil Res., 7, 203-205, 1995.
- [55] B. C. Gulati. *Ocimum basilicum* Linn. Methylchavicol type, presented at 7th International Essential Oil Congress, Kyoto, 31, 1977.
- [56] B. M. Lawrence, R. H. Powel and D. M. Peele. Proceedings of 8th International Congress of Flavours Fragrances and Essential Oils, Grasse, 111, 1980.
- [57] R. Randriamiharisoa and E. M. Gaydou. Parf. Cosmet. Arom., 64, 89-90, 1985.
- [58] R. Randriamiharisoa, E. M. Gaydou, J. P. Bianchichi, G. Vernin, Sci.

- Aliment., 6, 221-231, 1986.
- [59] N. B. Slougui, M. Hadj Mahammed, Z. Rahmani and A. Baaliouamer, Asian Journal of Chemistry, 27, 3895-3899, 2015.
- [60] B. M. Lawrence. Flavors and Fragrances : A world perspective. ED.Elsevier Science Publishers BV, Amsterdam, 1988.
- [61] J. A. Pino, E. Rocal, A. Rosada and I GoirE. J. Essent. Oil. Res., 6, 89-90, 1994.
- [62] L. Hadj Khelifa, M. Brada, F. Brahmi, D. Achour, M. L. Fauconnier and G. Lognay, Topclass Journal of Herbal Medicine, 12, 25-30, 2012.
- [63] H. H. Peter and M. Remy, Parf. Cosmet, Arômes., 21, 61, 1978.
- [64] A. Zola and Z. Garnero, PParfumes, Cosmet. Savons France, 3-15, 1973.
- [65] M. M. Carmo, E. J. Raposo, F. Venancio and S. Frazao, Journal of Essential Oil Research., 2, 263, 1990.
- [66] G. Vernin and J. M. Meetzger, Parfum. Flavors., 9, 71, 1984.
- [67] E. Georgiev and N. Genov, Nauchn, Tr. Vissh. Inst. Khranit Vkusova Prom. Plovdiv, 20, 209, 1973.
- [68] I. Nkanen, Z. Lebensm. Unters. Forsch., 182, 205, 1986.
- [69] M. S. Karawaya, F. M. Hashim and M. S. Hifrawy, J. Agric. Food Chem., 22, 520, 1974.
- [70] O. Ekundayo, I. Laakso, B. Oguntimein, J. I. Okogun, A. A. Elujoba and R. Hiltunen, Acta Pharm. Fenn., 96-101, 1989.
- [71] B. M. Lawrence, S. J. Therhune and J. W. Hogg, Flavour Ind., 2, 173, 1971.
- [72] R. T. Tapanes, M. Delgado and M. T. Correa, Rev. Cienc, quim., 16, 217, 1985.
- [73] A. Y. Badjah-Hadj-Ahmed, Contribution à l'étude des terpènes dans les huiles essentielles, thèse de doctorat es-science, U.S.T.H.B, Alger, 1987.
- [74] T. Saeed, G. Redant, P. Sandra, J. High Res. Chromatogr. & Chromatogr. Commun., 2, 75, 1979.
- [75] N. G. Johansen, L. S. Ettre, Chromatographia 15, 625, 1982.
- [76] H. Van Den Dool and P. D. Kratz, Journal of Chromatography, 11, 463-471, 1963.
- [77] P. J. Marriott, R. Shellie, C. Cornwell, Journal of Chromatography A, 936, 1-22, 2001.
- [78] F. Bianchi, M. Careri, A. Mangia, M. Musci, J. Sep. Sci, 30, 563-572, 2007.
- [79] O.N.M Ouargla, 2008.
- [80] I. T. D. A. S., Ouargla, 2009.
- [81] P. H. Prevost, les bases de l'agriculture, Ed II, Paris, 254, 1999.
- [82] Wikipedia villes algeriennes
- [83] F. Dupond, J. L. Guignard, Abrégés de pharmacie Botanique – Familles des plantes. Ed. Elsevier Masson 15^{ème} édition, 2012.
- [84] Normes NF ISO 2005-2006
- [85] R. P. Adams, Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography/Mass Spectrometry, 4th Edition, Allured Publishing Corporation, U.S.A., 2007.
- [86] B. F. Cravatt, R. A. Lerner, and D. L. Boger, J. Am. Chem. Soc., 118, 580-590, 1996.
- [87] O. Igwe, International Journal of Research in Pharmacy and Chemistry, 5,

- 77-83, 2015.
- [88] J. Zhao, P. Nan, and Y. Zhong, *Z. Naturforsch*, 59, 153-156, 2004.
- [89] M. Brada, L. Hadj-Khlifa, D. Achour, J. P. Wathelet and G. Lognay, *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 14, 810-814, 2001.
- [90] N. Dev, A. K. Das, M. A. Hossain, and S. M. M. Rahman, *Journal of Scientific Research*, 3, 197-206, 2011.
- [91] J. Bufalo, C. L. Cantrell, T. Astatkie, V. D. Zheljzakov, A. Gawde, C. S. F. Boaro, *Industrial Crops and Products* 74, 249-254, 2015.
- [92] E. Svecova, J. Neugebauerova, *Acta Univ. Sapientiae, Alimentaria*, 3, 118-135, 2010.
- [93] A. K. Pandey, P. Singh, N. N. Tripathi, *Asian, Pac J Trop Biomed*, 4, 682, 694, 2014.
- [94] J. Kalita and M. L. Khan, *International Journal of Pharmacy and Life Sciences*, 4, 2559-67, 2013.
- [95] S. S. Dolatabad, M. Moghaddam and H. Chalajour, *Journal of Essential Oil Research*, 26, 315-321, 2014.
- [96] S. E. Sajjadi, *DARU*, 14, 128-130, 2006.
- [97] H. A. H. Said-Al Ahl, A. A. Meawad, E. N. Abou-Zeid, M. S. Ali, *International Journal of Plant Science and Ecology*, 1, 103-106, 2015.
- [98] A. Vina, E. Murillo, *Journal of Brazilian Chemical Society.*, 14, 744-749, 2003.
- [99] R. Nurzynska-Wierdak, *Modern Phytomorphology*, 3, 115-118, 2013.
- [100] A. Wesolowska, Monika Grzeszczuk, D. Jadcak, *Folia Pomer. Univ. Technol. Stetin., Aliment., Pisc., Zootech.*, 312, 159-172, 2014.
- [101] S. Tansi and S. Nacar, *Pakistan Journal of Biological Sciences* 3, 395-397, 2000.
- [102] K. Carovic-Stanko, S. Orlic, O. Politeo, F. Strikic, I. Kolak, M. Milos, Z. Satovic, *Food Chemistry*, 119, 196-201, 2010.
- [103] K. J. Lachowicz, G. P. Jones, D. R. Briggs, F. E. Bienvenu, M. V. Palmer, V. Mishra and M. M. Hunter, *J. Agric. Food Chem*, 45, 2660-2665, 1997.
- [104] S. J. Lee, K. Umamo, T. Shibamoto, K. G. Lee, *Food Chemistry*, 91, 131-137, 2005.
- [105] M. G. de V. Silva, F. J. de A. Matos, M. I. Machado and, A. A. Craveiro, *Flavour Fragr. J.*, 18, 13-14, 2003.
- [106] K. J. Lachowicz, G. P. Jones, D. R. Briggs, F. E. Bienvenu, M. V. Palmer, V. Mishra and M. M. Hunter, *J. Agric. Food Chem*, 44, 877-881, 1996.
- [107] A. I. Hussain, F. Anwar, S. T. H. Sherazi, R. Przybylski, *Food Chemistry*, 108, 986-985, 2008.
- [108] Y. Hasegawa, K. Tajima, N. Toi and Y. Sugimura, *Flavour and Fragrance Journal*, 12, 195-200, 1997.
- [109] S. Shatar, Sh. Altantsetseg, I. Sarnai, D. Zoljargal, T. D. Thang, and N. X. Dung, *Chemistry of Natural Compounds*, 43, 603-604, 2007.
- [110] N. Roshanpour, M. T. Darzi, M. H. S. Hadi, *International journal of Advanced Biological and Biomedical Research*, 2, 2134-2142, 2014.
- [111] I. Telci, E. Bayram, G. Yilmaz, B. Avci, *Biochemical Systematics and Ecology* 34, 489-497, 2006.
- [112] S. Filip, S. Vidivic, J. Vladic, B. Pavlic, D. Adamovic, Z. Zekovic, *The Journal of Supercritical Fluids*, 109, 20-25, 2016.

- [113] D. W. Al Abbasy, N. Pathare, J. N. Al-Sabahi, S. A. Khan, *Asian Pac J Trop Dis.*, 5, 645-649, 2015.
- [114] J. S. Dambolena, M. P. Zunino, A. G. Lopez, H. R. Rubinstein, J. A. Zygadlo, J. W. Mwangi, G. N. Thoithi, I. O. Kibwag, J. M. Mwalukumbi, S. T. Kariuki, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 11, 410-414, 2010.
- [115] A. Hadipanah, A. Ghahremani, M. Khorrami and H. Ardalani, *Biological Forum-An International Journal*, 7, 1802-1805, 2015
- [116] V. N. Daniel, I. E. Daniang and N. D. Nimyel, *International Journal of Engineering and Technology*, 11, 135-137, 2011.
- [117] R. H. C. Nebie, C. Dabire, A. Belanger et F. S. Sib, *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 4(5) : 1801-1807, 2010.
- [118] C. P. Kashyap, K. Ranjeet, A. Vikrant and K. Vipin, *Global Journal of Pharmacology* 5, 191-200, 2011.
- [119] H. Skaltsa, O. Tzakou and M. Singh, *Pharmaceutical Biology*, 37, 92-94, 1999.
- [120] Z. Liber, K. C. Stanko, O. Politeo, F. Strikic, I. Kolak, M. Milos, Z. Satovic, *Chemistry and Biodiversity*, 8, 1978-1989, 2011.
- [121] R. F. Vieira, P. Goldsbrough, J. E. Simon, *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 128, 94-99, 2003.
- [122] R. J. Grayer, R. F. Vieira, A. M. Price, G. C. Kite, J. E. Simon, A. J. Paton, *Biochemical Systematics and Ecology*, 32, 901-913, 2004.
- [123] R. Reuveni, N. Dudai, E. Putievsky, W. H. Elmer, R. L. Wick, *Plant, Disease*, 1077-1081, 1997.
- [124] R. Tahira, *The Experiment*, 17, 1184-1190, 2013.
- [125] S. Raseetha, S. F. Cheng and C. H. Chuah, *American Journal of Applied Science*, 6, 523-528, 2009.
- [126] A. Wesolowska, D. Kosecka, D. Jadcak, *Herba Polonica*, 58, 5-16, 2012.
- [127] H. Schulz, B. Schrader, R. Quilitzsch, S. Pfeffer, and H. Kruger, *J. Agric. Food Chem.* 51, 2475-2481, 2003.
- [128] V. Pandey, Anju Patel, D. D. Patra, *Ecological Engineering*, 90, 361-366, 2016.
- [129] P. N. Olotu, I. Y. Chido, J. S. Gushit, U. Ajima, T. L. Ohemu, L. D. Ior, N. N. Wannang, M. I. Mmuo and E. U. Onche, *J. Nat. Prod. Plant Resour.*, 3, 31-35, 2013.
- [130] C. E. Gird, T. Costea, I. Nencu, L. E. Dutu, M. L. Popescu, T. D. Balaci, *Farmacia*, 63, 840-844, 2015.
- [131] J. U. Chowdhury, M. N. H. Bhuiyan, G. C. Saha, K. Nada and M. Rahim, *Bangladesh J. Sci. Ind. Res.* 48, 217-220, 2013.
- [132] H. Ghamarnia, E. Khodaei, *Agricultural Water Management*, article in press, 2015.
- [133] S. Ekren, Ç. Sonmez, E. Özçakal, Y. S. K. Kurttas, E. Bayram, H. Gurgulu, *Agricultural Water Management*, 109, 155-161, 2012.
- [134] A. Patel, V. Pandey, D. D. Patra, *Ecological Engineering*, 83, 422-430, 2015.
- [135] O. Politeo, M. Jukic, M. Milos, *Food Chemistry* 101, 379-385, 2007.
- [136] M. Govindarajan, R. Sivakumar, M. Rajeswary, K. Yogalakshmi, *Experimental Parasitology*, 134, 7-11, 2013.
- [137] S. Filip, S. Vidovic, D. Adamovic, Z. Zekovic, *J. of Supercritical Fluids* 86, 85-90, 2014.

- [138] Z. Mirzajani, E. Hadavi, A. Kashi, *Industrial Crops and Products*, 76, 269-274, 2015.
- [139] M. Snoussi, A. Dehmani, E. Noumi, G. Flamini, A. Papetti, *Microbial Pathogenesis*, 90, 13-21, 2016.
- [140] A. F. Blank, Y. R. S. Rosa, J. L. S. de C. Filho, C. A. D. Santos, M. de F. A. Blanc, E. D. S. Niculau, P. B. Alves, *Industrial Crops and Products* 38, 93-98, 2012.
- [141] O. Livadariu, *Bulletin UASVM Animal Science and Biotechnologies* 68, 332-337, 2011.
- [142] T. Rehan, R. tahira, T. Rehan, A. Bibi, and M. Naeemullah, *Pakhtunkhwa J. Life Sci.*, 02, 107-117, 2014.
- [143] A. Klimankova, K. Holadova, J. Hajslova, T. Cajka, J. Poustka, M. Koudela, *Food Chemistry*, 107, 464-472, 2008.