

L'HUILE ESSENTIELLE DE BERGAMOTE EN AFRIQUE ET EN CORSE (*)

par R. HUET et C. DUPUIS

*Laboratoire des huiles essentielles et arômes.
Institut Français de Recherches Fruitières Outre-Mer.*

L'HUILE ESSENTIELLE DE BERGAMOTE
EN AFRIQUE ET EN CORSE

par R. HUET et C. DUPUIS (I. F. A. C.)

Fruits, vol. 23, n° 5, mai 1968, p. 301 à 311.

RÉSUMÉ. — Le bergamotier peut prospérer sous des climats fort différents. La composition de l'huile essentielle du zeste varie dans des proportions importantes suivant l'origine des fruits. Les résultats d'analyses chimiques effectuées à l'I. F. A. C. sur des échantillons de différentes provenances sont donnés, ainsi que les chromatogrammes en phase gazeuse et l'analyse quantitative des pics les plus importants (limonène, linalol, acétate de linalyle).

Les huiles essentielles provenant de fruits du Maroc se distinguent par une faible teneur en esters et une très faible teneur en alcool. La Corse fournit des échantillons exceptionnellement riches en corps oxygénés. Les échantillons de Guinée et Côte d'Ivoire sont relativement riches en alcools libres, ceux du Mali ont des caractéristiques très variables suivant la date de cueillette. Les conditions climatiques des différents pays sont décrites et on en déduit les relations possibles entre ces conditions et la composition de l'huile essentielle de bergamote.

I. DÉLIMITATION DES ZONES DE PRODUCTION

Les zones de production d'huile essentielle de bergamote sont étroitement limitées. Pendant longtemps on ne comptait comme seule région productrice que la côte sud-ouest de la Calabre en Italie. Récemment, le Consortium de la Bergamote commercialisait encore plus de 95 % du tonnage mondial. Après 1945, des plantations de bergamotiers s'établirent sur les hauts plateaux du Foutah Djallon guinéen et par la suite dans la région de Sassandra et Soubré en Côte d'Ivoire.

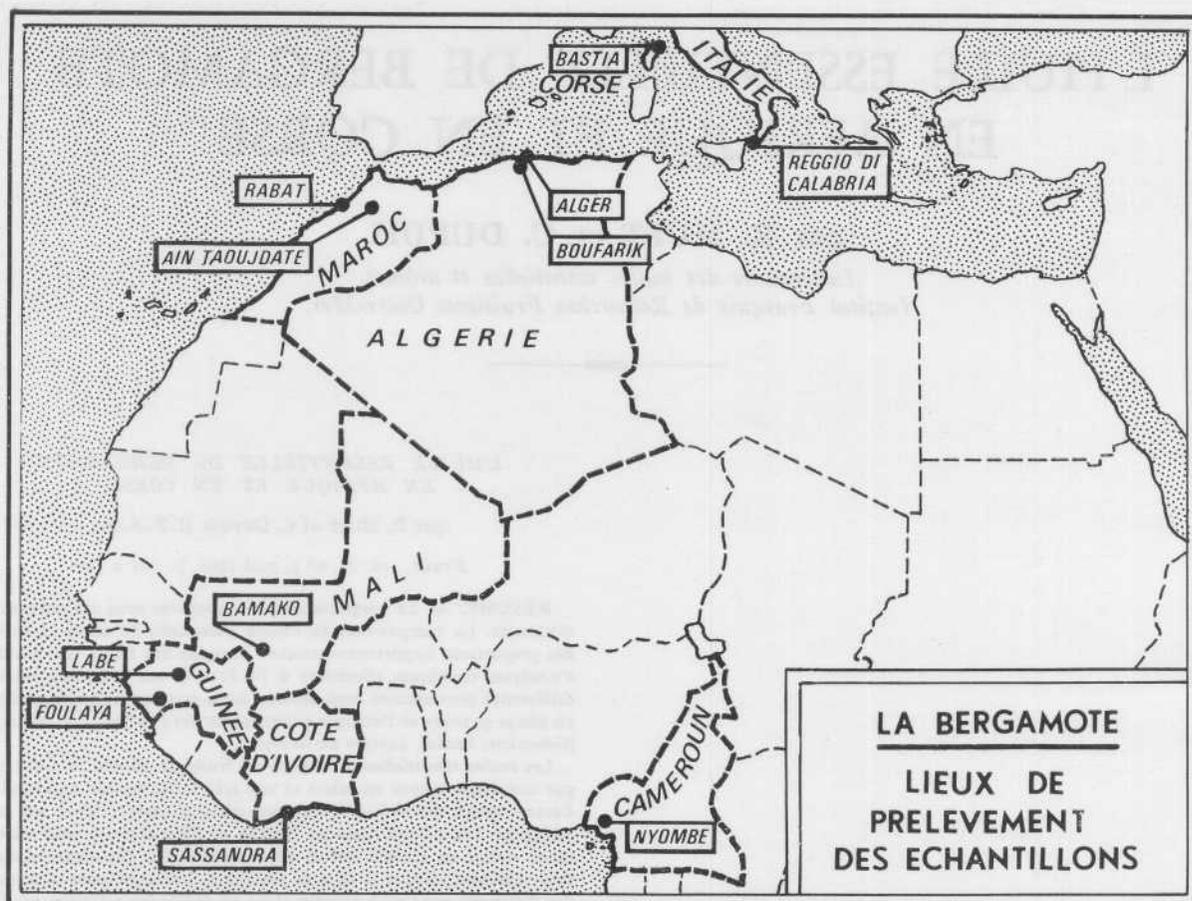
On peut se demander pourquoi les pays méditerranéens à vocation agrumicole ne furent pas tentés par cette culture.

D'après CHAPOT (2) « L'introduction de pieds plus ou moins nombreux de bergamotiers dans divers pays

méditerranéens, Algérie, Tunisie, Maroc, Turquie, a montré que cette variété végétait parfaitement dans ces différentes régions ». Les essais d'introduction du bergamotier par l'Institut Français de Recherches Fruitières Outre-Mer en divers pays africains : Guinée, Côte d'Ivoire, Mali, Cameroun, et en Corse, ont donné également des résultats positifs sur le plan agronomique.

En fait, dans ces différents pays, le développement de la culture du bergamotier se trouve soumis à deux conditions : La qualité de l'huile essentielle produite et la rentabilité des exploitations. Dans les pays africains en voie de développement, la deuxième de ces conditions est uniquement subordonnée à la première. Dans les autres pays, le coût du terrain et de la main d'œuvre pèsent lourdement sur le prix de revient.

(*) Exposé présenté à la conférence sur la production des huiles essentielles dans les pays en voie de développement. Londres 1967.



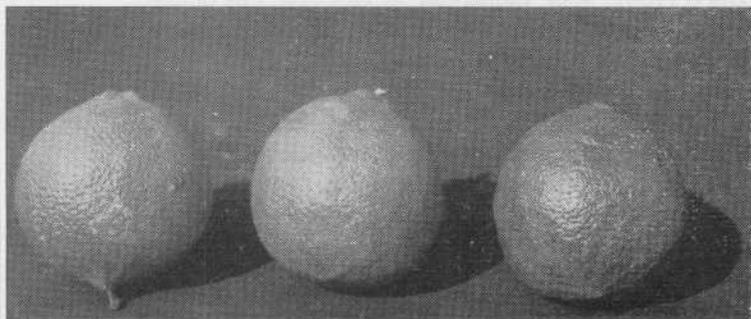
II. ORIGINE ET CLASSIFICATION DU BERGAMOTIER

Nous reprendrons, pour situer cet arbre fruitier, les conclusions de H. CHAPOT.

« Le bergamotier serait apparu sous forme de semis sans doute comme hybride dans la région de Naples

ou plutôt de Calabre. » S'appuyant sur des données anatomiques, pathologiques et historiques, CHAPOT fait de la lime vraie à petits fruits, *Citrus aurantifolia* et de la Bigarade, *Citrus aurantium* Li, les parents présumés de la Bergamote. Entre toutes les dénominations existantes, il propose de choisir celle de *Citrus Bergamia* Risso (*). Cette « pseudo-espèce » se divise en quatre variétés dont la Bergamote commune est la seule cultivée à des fins industrielles. Elle-même comprend trois types : 'Feminello', 'Castagnaro', 'Inserto' hybride des deux premiers. Cependant, s'il est aisé de reconnaître ces types, en Calabre, CHAPOT souligne qu'en Afrique du Nord et en Turquie cette distinction est beaucoup plus subtile par suite de variations importantes dans la forme et l'aspect des fruits.

PHOTO 1. — Bergamotes.



(*) L'AFNOR (Association Française de Normalisation), a adopté la dénomination plus nuancée de *Citrus Aurantium* LIN, Subsp. *Bergamia* RISSO et POITEAU, ENGLER.



PHOTO 2. — Jeune plantation de bergamotiers (Roncou-Sassandra, République de Côte d'Ivoire).

III. COMPOSITION CHIMIQUE DE L'HUILE ESSENTIELLE DE BERGAMOTE ITALIENNE

Étudiée depuis plus de cent ans par SOUBEIRAN et CAPITAINE, l'huile essentielle de bergamote n'avait été l'objet, jusqu'à une date récente d'aucune analyse quantitative approfondie, GUENTHER (3) dans son *Traité des Huiles essentielles*, s'étonnait de cet état de chose et le déplorait. Il a relevé dans la littérature la présence des constituants suivants :

Carbures terpéniques : octylène, alpha-pinène, camphène, bisabolène, bornylène, d-limonène et dipentène.

Composés oxygénés : acétate de linalyle, linalol, alcool dihydrocuminique, nérol et géraniol, terpinéol, le bergaptène, le bergaptol qui est une furanocoumarine, le citroptène ou limettine (diméthoxycoumarine) et la bergamotine (geranyllate de bergaptol).

GUENTHER supposait possible la présence de petites quantités d'autres constituants.

Acétate de linalyle et linalol sont les principaux constituants odorants de l'huile essentielle de bergamote et les seules données quantitatives permettant de la caractériser ont longtemps consisté en un ensemble de mesures d'indices physiques et chimiques s'y rapportant. (L'indice de réfraction et le pouvoir rotatoire de l'huile essentielle diminuent quand la teneur en constituants oxygénés croît ; densité et solubilité dans l'alcool augmentent.)

Le plus souvent, une huile essentielle de bergamote

TABLEAU I
ANALYSE QUANTITATIVE D'HUILE ESSENTIELLE
DE BERGAMOTE PAR C P G

Constituants	minimum %	maximum %
α pinène	1,015	2,273
Camphène	0,027	0,099
β pinène + sabinène	5,266	11,861
Myrcène	0,616	1,320
phellandrène	-	0,091
Δ^3 Carène	0,096	0,233
d limonène	19,411	34,822
p. cymène	0,399	1,676
γ terpinène	4,723	11,758
Terpinolène	0,317	0,830
Acétate d'octyle	-	0,121
Aldéhyde en C ⁹	0,067	0,176
?	0,066	0,226
Citronellal	0,036	0,163
Linalol	7,070	29,120
Aldéhyde en C ¹⁰	0,418	0,690
Terpinène 4 ol ?	0,046	0,093
?	0,143	0,200
Acétate de linalyle	23,755	35,624
Nérol	0,453	0,641
α terpinéol	0,245	0,430
?	-	0,429
Acétate de terpényle	0,175	0,537
Citronellol	0,246	0,607
Acétate de néryl	0,442	1,189
Acétate de géranyle	0,322	0,825
?	0,039	0,156
?	0,215	0,408
?	0,161	0,395
?	0,094	0,295
?	0,473	0,857

TABLEAU I'
CARACTÈRES PHYSICO-CHIMIQUES
DE L'HUILE ESSENTIELLE DE BERGAMOTE

Poids spécifique à 15°C	0,8790	-	0,8867
Pouvoir rotatoire	+ 5°20	-	+ 30°80
Esters % en acétate de linalyle	30,85	-	45,12
Alcools libres % en linalol	9,89	-	34,27
Alcools + Esters	43,69	-	73,59
Résidu fixe	4,70	-	6,37
Solubilité dans l'alcool	1 : 0,7 à 85°	-	1 : 0,5 à 90° GL

M. Calvarano.

est caractérisée par sa teneur en esters et c'est sur cette base que se font les transactions commerciales.

Depuis une dizaine d'années, l'analyse par chromatographie en phase gazeuse a permis d'avancer rapidement dans la connaissance qualitative et quantitative de la composition des huiles essentielles. La Station expérimentale de Reggio de Calabre disposant d'échantillons d'origine indiscutable a publié récemment sous le nom de F. de la FACE et de M. et S. CALVARANO des analyses de plus en plus fouillées de l'huile essentielle de bergamote.

IV. INFLUENCE DES CONDITIONS CLIMATIQUES SUR LA COMPOSITION DE L'ESSENCE DE BERGAMOTE

D'après F. de la FACE cité par GUENTHER (3) le climat influe sur la composition de l'essence de bergamote. Des étés chauds et secs conduisent à une plus haute teneur en esters. Trop d'humidité conduit à la formation excessive de carbures terpéniques. Par ailleurs P. A. MULLER (4) attribue la qualité de l'essence de bergamote italienne, au fait que la région de Reggio de Calabre est une des plus tempérées du monde. En

Dans sa dernière étude, M. CALVARANO (1), analysant 50 échantillons a donné de l'essence de bergamote italienne une composition moyenne (Tableau I).

Plus de 34 constituants furent dénombrés dont 25 identifiés par le rapport du temps de rétention de chaque pic à celui de l'alpha-pinène et en confrontant un mélange synthétique de ces constituants à l'essence pure. Le pourcentage relatif de chaque constituant fut donné par un intégrateur électronique.

hiver, la température ne tombe jamais au-dessous de 10° C et monte rarement au-dessus de 30° C en été. D'autres éléments entrent sans doute en jeu, qui participent également à la qualité de l'essence. On note que la culture commerciale de la bergamote en Sicile n'a pas réussi bien que les conditions climatiques soient très semblables.

CONDITIONS CLIMATIQUES DU CAMEROUN
Nyombé - Station IFAC - Année 1966

	Température °C			Hygrométrie %			
	maximale	minimale	moyenne	7 h	13 h	18 h	moyenne
Janvier	31,9	21,4	26,6	96	73	78	82
Février	33,1	22,3	27,7	95	70	76	80
Mars	33,4	22,8	28,1	95	70	75	80
Avril	32,3	21,7	27,0	96	72	80	82
Mai	32,0	22,1	27,0	96	73	79	82
Juin	31,2	21,7	26,4	96	73	80	83
Juillet	29,7	21,9	25,9	97	76	87	87
Août	28,3	21,8	25,1	97	82	90	90
Septembre	30,1	21,6	25,8	96	75	84	85
Octobre	31,8	22,5	26,3	96	72	81	83
Novembre	31,4	22,0	26,7	96	73	79	83
Décembre	31,8	21,5	26,7	96	71	78	82

CONDITIONS CLIMATIQUES DE COTE D'IVOIRE - SASSANDRA
Premières plantations à Soubré - 1959 - Provenance : Guinée
Moyennes mensuelles de 1959 à 1965

	Température °C			Hygrométrie %
	maximale	minimale	moyenne	
Janvier	29,5	22,4	26,0	86
Février	30,7	23,2	27,2	85
Mars	30,9	23,2	27,2	83
Avril	30,6	23,1	26,9	84
Mai	29,9	23,0	26,5	86
Juin	28,0	22,6	25,4	88
Juillet	26,6	21,8	24,3	88
Août	26,7	21,5	24,1	88
Septembre	27,2	21,8	24,6	89
Octobre	28,5	22,2	25,4	87
Novembre	29,7	22,4	26,2	85
Décembre	29,5	22,6	26,0	83

CONDITIONS CLIMATIQUES DU MAROC
Station d'Aïn Taoujdate INRA - MAROC

	Température °C (1939-1959)			Hygrométrie (1946-1950)
	maximale	minimale	moyenne	
Janvier	15,9	4,7	9,9	79
Février	17,1	5,6	11,4	74
Mars	20,0	7,9	13,9	74
Avril	22,3	9,6	16,0	71
Mai	25,6	11,9	17,7	70
Juin	31,2	15,4	23,3	59
Juillet	35,8	18,0	26,9	52
Août	35,9	18,4	27,1	56
Septembre	31,7	16,4	24,2	59
Octobre	26,4	13,2	19,8	66
Novembre	20,4	8,4	14,7	64
Décembre	16,0	5,8	10,4	74

CONDITIONS CLIMATIQUES DE CORSE
Station de Recherches agrumicoles - San Giuliano

	Température moyenne °C	Hygrométrie %			
		6 h	12 h	18 h	moyenne
Janvier	7,9	84,7	74,0	79,7	79,5
Février	10,9	87,4	76,5	85,6	83,1
Mars	10,1	75,9	62,3	67,2	68,4
Avril	13,7	79,9	65,0	72,5	72,4
Mai	16,7	80,4	65,3	68,3	71,3
Juin	20,8	77,7	62,2	64,1	68,0
Juillet	21,2	80,2	63,6	70,0	71,2
Août	21,8	80,8	64,8	71,0	72,2
Septembre	20,2	86,4	70,1	77,1	77,9
Octobre	17,5	83,1	68,7	78,3	76,7
Novembre	11,2	83,1	69,7	77,6	76,8
Décembre	8,9	81,7	71,8	76,9	76,8

CONDITIONS CLIMATIQUES D'ALGERIE
Jardins d'Essai de Boufarik - moyennes 1947-1957

	Température °C			Hygrométrie %
	maximale	minimale	moyenne	
Janvier	16,5	4,3	10,4	Humidité élevée constante
Février	17,6	4,1	10,8	Humidité relative de l'arbre 100 %
Mars	20,4	5,7	13,0	toutes les nuits quelle que soit la
Avril	22,2	8,4	15,3	saison
Mai	25,4	10,8	18,2	Humidité moyenne oscille
Juin	29,7	14,9	22,3	autour de 70 %.
Juillet	32,9	16,9	24,9	Abaissements vers 10 à 20 %
Août	34,7	17,6	25,8	lorsque souffle le sirocco.
Septembre	31,1	16,3	23,7	
Octobre	26,2	12,2	19,2	
Novembre	21,9	8,0	14,9	
Décembre	18,6	5,8	12,2	

V. ÉTUDE ANALYTIQUE DE L'HUILE ESSENTIELLE DE BERGAMOTE ET DES CONDITIONS CLIMATIQUES DANS LES PAYS AFRICAINS ET EN CORSE

ÉCHANTILLONNAGE :

Guinée et Côte d'Ivoire sont les seuls pays africains produisant de façon continue une quantité industrielle d'huile essentielle de bergamote. Pour la Guinée, quelques centaines de kg et pour la Côte d'Ivoire environ 7 t (*). Il nous a été donné de suivre la production guinéenne de 1956 à 1961, période durant laquelle le Laboratoire de Technologie de l'I. F. A. C. en Guinée était chargé du Contrôle à l'Exportation des huiles essentielles (Tableau II).

Les renseignements que nous possédons sur la production ivoirienne sont plus récents. Ils proviennent d'analyses faites par notre laboratoire pour le compte de planteurs ivoiriens ou sur des échantillons que nous avons collectés. Les premiers plants de bergamotiers en Côte d'Ivoire ont été introduits de la Station I. F. A. C. de Foulaya en Guinée en 1959. Les arbres sont très jeunes (Tableau II').

Les études sur le bergamotier au Mali sont exécutées par le Centre National de Recherches Fruitières animé par des spécialistes de l'I. F. A. C. Les pieds de bergamotiers proviennent aussi de la Station Centrale de l'I. F. A. C., à Foulaya (Guinée). L'introduction des greffons date de 1961 (Tableau VI).

L'origine du plant de bergamotier de la Station I. F. A. C. du Cameroun ne nous a pas été précisée. Il provient vraisemblablement de Guinée (Tableau IV).

Il n'y a pas en Afrique du Nord de plantations industrielles. Mais les jardins d'essais et les stations expérimentales des Services de l'Agriculture au Maroc, en Algérie et en Tunisie en contiennent quelques plants. Ils proviennent sans doute directement de Calabre. R. SCHWOB a fait un premier inventaire de l'huile essen-

(*) 1966 : 6 320 kg. (Services agricoles de Sassandra).

TABLEAU II
CONSTANTES ANALYTIQUES DES HUILES ESSENTIELLES DE BERGAMOTE EN GUINÉE

	Communnelles industrielles *	Station IFAC de Foulaya **
Indice de réfraction	1,4660-1,4679	1,4638-1,4682
Densité	0,8787-0,8815	0,873 -0,891
Pouvoir rotatoire	2°36 - 20°58	7°00 - 33°58
Esters % en acétate de linalyle	32,5 - 40,4	32,27 - 43,61
Alcools libres en linalol	23,0 - 35,6	11,93 - 31,79
Esters + alcools	57,4 - 73,1	45,07 - 70,91
Résidu fixe	1,98 - 4,32	3,60 - 5,10

* - Laboratoire de Technologie de l'IFAC - Foulaya (Guinée)
** - R. Schwob (5).

TABLEAU II'
CONSTANTES ANALYTIQUES DES HUILES ESSENTIELLES DE BERGAMOTE EN COTE D'IVOIRE

Indice de réfraction	1,4620 - 1,4648
Densité	0,8750 - 0,8820
Pouvoir rotatoire	6°2 - 22°6
Esters % en acétate de linalyle	32,8 - 44,10
Alcools % en linalol	21,7 - 33,0
Esters + alcools	54,5 - 74,0
Résidu fixe	3,14 - 5,43

Communnelles Industrielles - Sassandra et Soubré
Provenance des bergamotiers : Station IFAC de Foulaya (Guinée) - Les plus anciennes en 1959.

TABLEAU III
CONSTANTES ANALYTIQUES D'HUILE ESSENTIELLE DE BERGAMOTE EN ALGERIE

(1 échantillon de quelques fruits provenant du jardin d'Essai de Boufarik - 1966
Détermination par chromatographie en phase gazeuse. Méthode de l'étalon interne).

Acétate de linalyle	35,3 %
Linalol	9,3 %
Esters + alcools	44,6 %

TABLEAU IV
CONSTANTES ANALYTIQUES D'HUILE ESSENTIELLE DE BERGAMOTE AU CAMEROUN

(1 plant - Station de Nyombé
Analyse par chromatographie en phase gazeuse. Méthode de la normalisation interne).

Acétate de linalyle	34,8 %
Linalol	7,3 %
Esters + alcools	42,1 %

TABLEAU V
CONSTANTES ANALYTIQUES D'HUILE ESSENTIELLE
DE BERGAMOTE AU MAROC

(Laboratoire de Technologie des Fruits et Légumes -
INRA MAROC - Expérimentations H. Chapot -
Provenance des fruits Souelah - Marrakech - Bou-Maiz
Aïn Taoujdate).

Indice de réfraction	1,4682	-	1,4770
Densité	0,8620	-	0,8734
Pouvoir rotatoire	38°40	-	60°0
Esters % en acétate de linalyle	16,0	-	33,7
Alcools libres en linalol	2,4	-	9,3
Ester + alcool	18,4	-	36,9
Résidu fixe	2,6	-	5,2

TABLEAU VI
CONSTANTES ANALYTIQUES D'HUILE ESSENTIELLE
DE BERGAMOTE AU MALI

(Centre National de Recherches fruitières - Bamako
Bergamotiers introduits de Guinée (Foulaya) août 1963).

Indice de réfraction	1,4635	-	1,4717
Densité	0,8579	-	0,8807
Pouvoir rotatoire	21°20	-	67°40
Esters % en acétate de linalyle	21,0	-	44,6
Alcools libres en linalol	2,86	-	20,8
Esters + alcools	27,3	-	66,4
Résidu fixe	2,22	-	3,92

TABLEAU VII
CONSTANTES ANALYTIQUES D'HUILE ESSENTIELLE
DE BERGAMOTE EN CORSE

(Fruit provenant de la Station de Recherches
agrumicoles de San Giuliano - Greffons provenant du
Jardin d'Essai de Boufarik (Algérie) 1961).

Densité	0,8817	-	0,8846
Pouvoir rotatoire	3°72	-	4°76
Esters % en acétate de linalyle	46,9	-	60,1
Alcools % en linalol	8,0	-	19,0
Esters % alcools	59,9	-	77,5

tielle des bergamotes nord-africaines (6). Ces études ont été poursuivies au Maroc sous la Direction de H. CHAPOT, alors Chef de la Mission I. F. A. C. auprès de l'I. N. R. A. du Maroc. Les analyses que nous citons ont été réalisées par nos soins au Laboratoire de Technologie des Fruits et Légumes d'Aïn-es-Sebaa, sur des échantillons préparés au touret par H. CHAPOT (Tableau V).

Pour l'Algérie, des échantillons de Bergamotes nous ont été ramenés de la Station expérimentale d'Agrumiculture de Boufarik par J.-M. Bové, chef du Service de Biochimie de l'I. F. A. C. en mission (Tableau III).

Nous avons aussi inclut la Corse dans ce travail, car les pieds de bergamotiers de la Station de Recherches agrumicoles de San Giuliano, proviennent de Boufarik (Algérie). Cette station de l'I. N. R. A. est dirigée par M. BLONDEL, ancien directeur de la Station de Boufarik et animée par des spécialistes de l'I. F. A. C. (Tableau VII).

Toutes les données climatiques que nous citons proviennent de ces différentes Stations de Recherches à l'exception de la Côte d'Ivoire où pour la région de

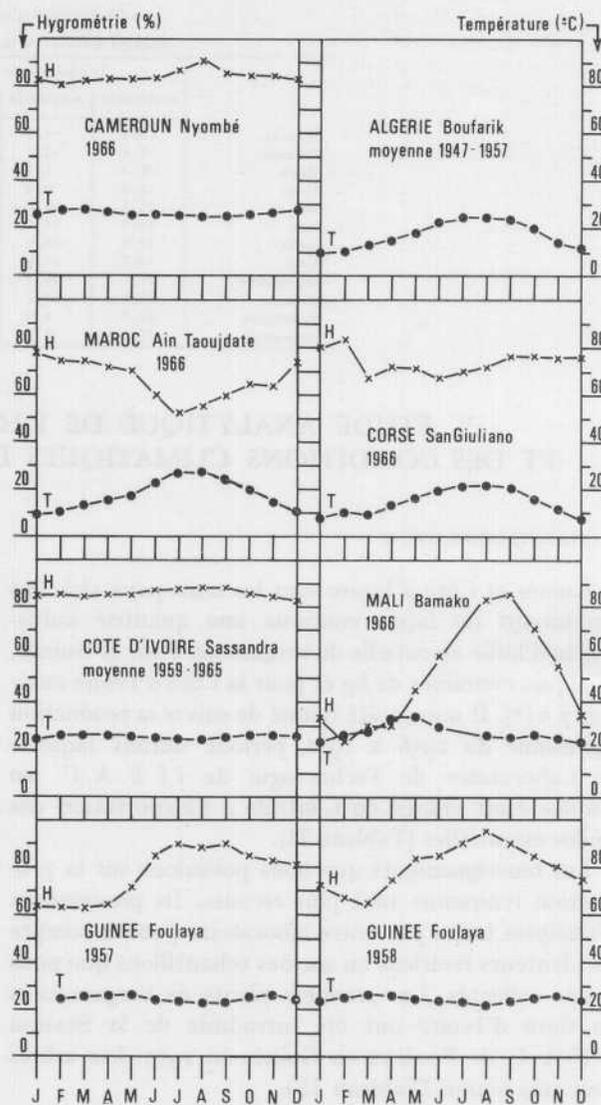
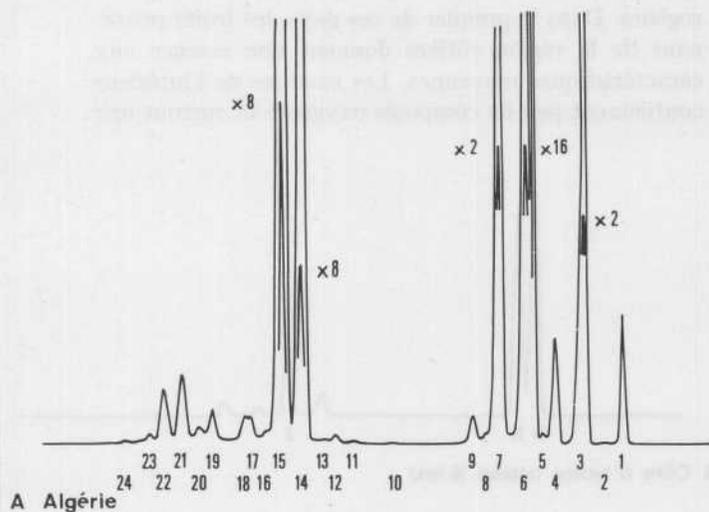


FIG. 1.

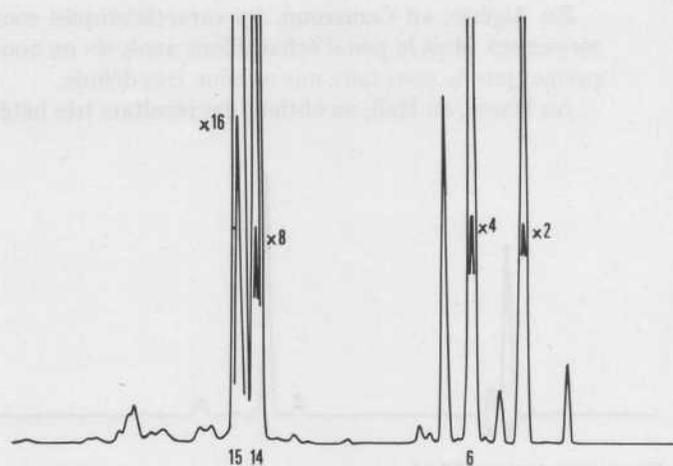
Sassandra, elles ont été fournies par les Services agricoles de cette région. (Figure 1).

ANALYSE :

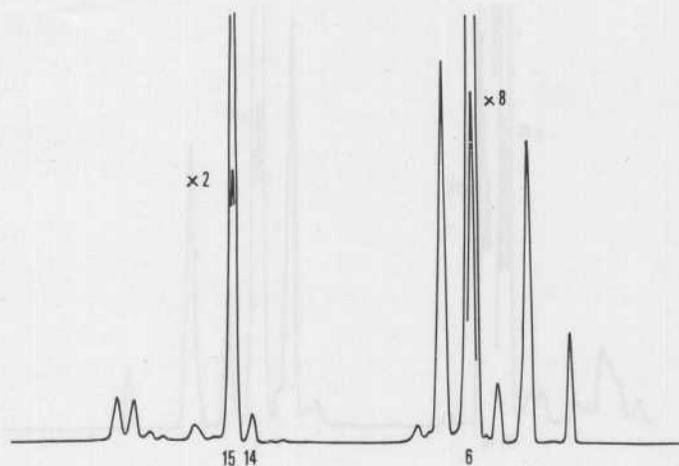
Les déterminations physico-chimiques ont été réalisées suivant les méthodes de l'AFNOR. En ce qui concerne le dosage des alcools, les analyses réalisées avant 1966 ont été pratiquées suivant la méthode de formylation à froid. Cette méthode n'étant pas homologuée par l'AFNOR., les déterminations les plus récentes ont été réalisées par la méthode de Fiore, c'est-à-dire par acétylation de l'huile essentielle par le chlorure d'acétyle et l'anhydride acétique en présence de diméthyle-aniline.



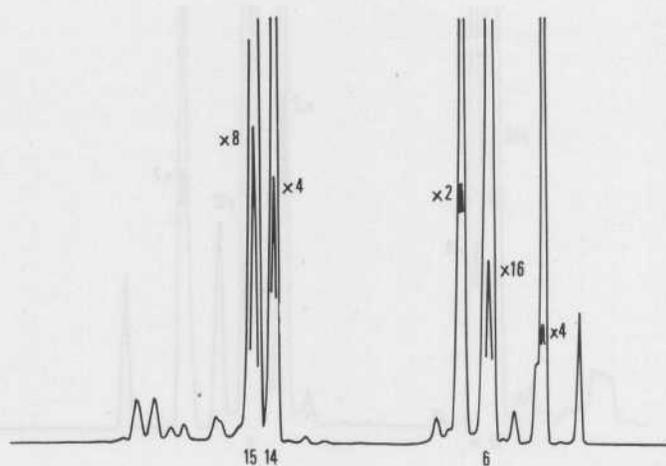
A Algérie



C Corse



B Maroc Aïn Taoujdate



D Calabre

Pour les échantillons en faible quantité, les analyses ont été réalisées par chromatographie en phase gazeuse avec un chromatographe Microtek 2 500 R équipé d'une double colonne et d'un double détecteur à ionisation de flamme. (Figure 2).

Colonne en acier inoxydable, longueur 2 m, diamètre extérieur : 6,35 mm (1/4 pouce).

Phase stationnaire Carbowax 20 M sur chromosorb W HMDS 60-80 mesh.

Programmation de température de 60 à 240° C — 5° C par mn.

Gaz vecteur azote — 50 ml/mn.

Analyse quantitative par la méthode de l'étalon interne (7).

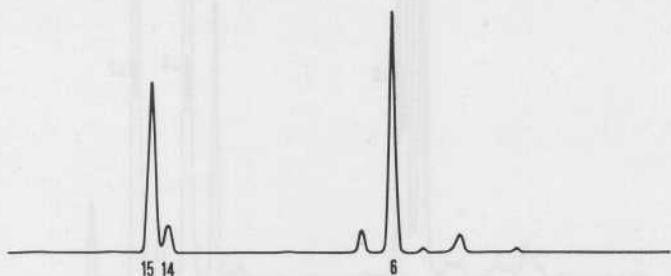
RÉSULTATS :

Les caractéristiques physico-chimiques des huiles essentielles de bergamote en Guinée et en Côte d'Ivoire sont très comparables à celles des essences Calabraises. Les essences de ces deux pays se particularisent cependant par une teneur en alcools libres relativement élevée.

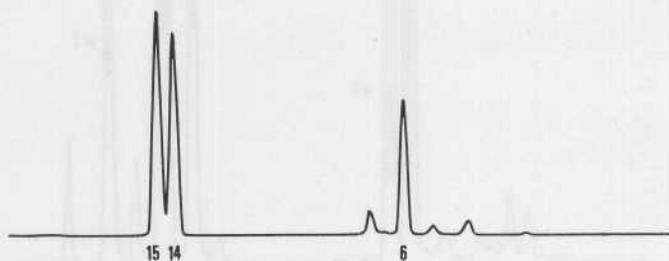
En Algérie, au Cameroun, les caractéristiques sont moyennes. Mais le peu d'échantillons analysés ne nous permet pas de nous faire une opinion très définie.

Au Maroc, au Mali, on obtient des résultats très hété-

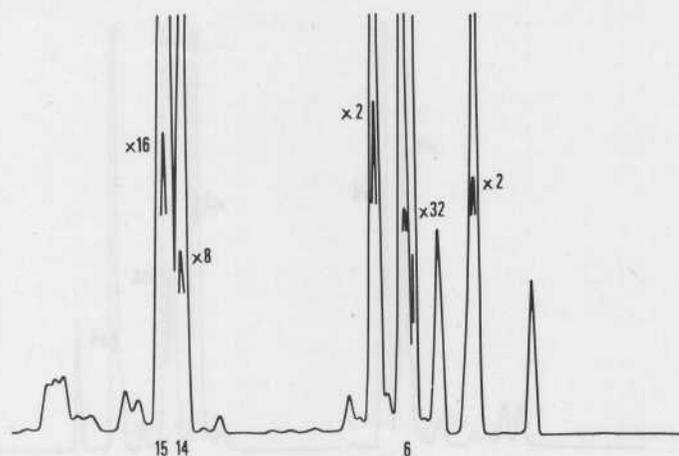
rogènes. Dans le premier de ces pays, les fruits provenant de la région côtière donnent une essence aux caractéristiques moyennes. Les essences de l'intérieur contiennent peu de composés oxygénés et surtout une



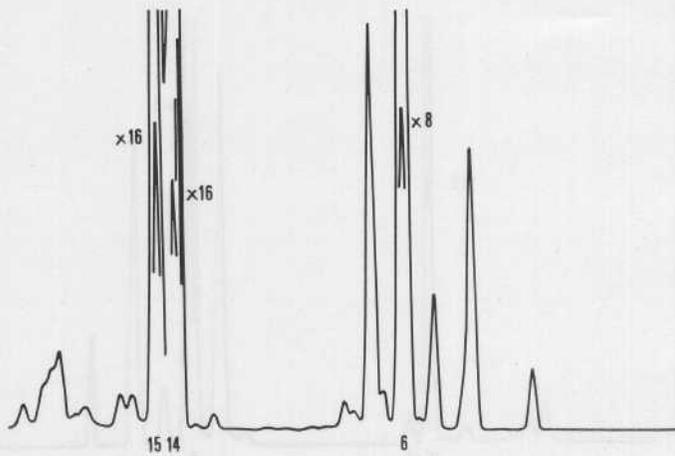
E Cameroun (attenué 16 fois)



G Côte d'Ivoire (attenué 16 fois)



F Cameroun



H Côte d'Ivoire

très faible proportion d'alcool. Au Mali, selon la date de récolte, les essences peuvent être comme au Maroc, pauvres en composés oxygénés, principalement en alcools libres, ou avoir des caractéristiques semblables à celles des essences italiennes.

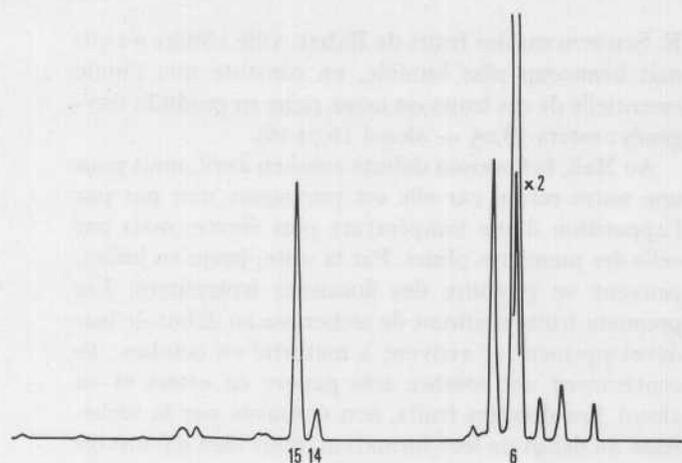
En Corse, les essences extraites sont exceptionnellement riches en esters.

Nous avons tenté d'étudier dans quelle mesure les données climatiques permettent d'expliquer ces variations.

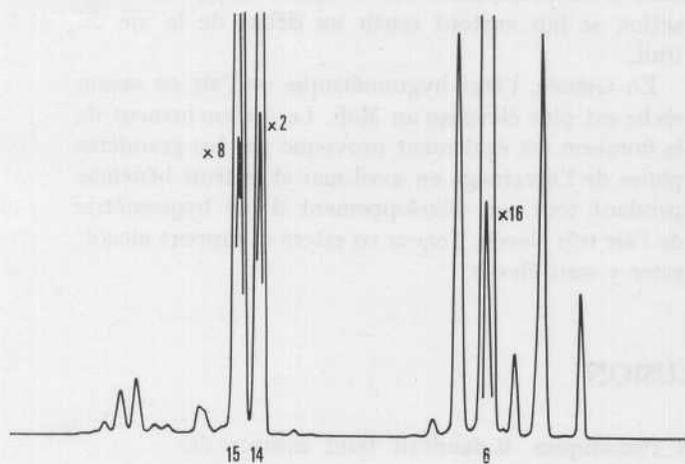
VI. DISCUSSION DES RÉSULTATS

Il a fallu nous limiter dans cette étude générale à l'analyse des composés osmophores quantitativement les plus importants, c'est-à-dire les esters dont l'acé-

tate de linalyle représente 95 % et les alcools représentés dans les mêmes proportions par le linalol. Le taux de ces deux composés ne préjuge qu'en partie



I Mali (attenué 8 fois)



J Mali

de la qualité de l'huile essentielle analysée ; on sait l'importance qualitative que prennent des composés présents en très faibles quantités.

INFLUENCE DE LA TEMPÉRATURE :

Les différents climats étudiés peuvent se classer en deux catégories :

- 1) Les climats de type méditerranéen en Corse,

PHOTO 3. — Bergamotier en production (plantation Cousin-Sassandra, République de Côte d'Ivoire).

Algérie, Maroc à hivers doux mais pouvant présenter des températures minimales relativement basses, et à étés soit tempérés en Corse, soit très chaud au Maroc (Aïn Taoujdate, Marrakech).

2) Les climats tropicaux aux températures moyennes élevées et régulières en Côte d'Ivoire et Cameroun, mais présentant des minima assez accusés en Guinée et surtout au Mali au moment où l'hiver et la saison sèche conjuguent leurs effets.

Il est difficile de dissocier les différents facteurs du climat. Si nous comparons les climats méditerranéens et tropicaux les plus uniformes, celui de Corse et celui de Côte d'Ivoire, nous constatons qu'une température moyenne peu élevée ne nuit pas à la richesse en composés oxygénés de l'essence. Mais il semble que les fruits soumis à des températures peu élevées au moment de leur maturation, donnent une huile essentielle à faible teneur relative en linalol. En étudiant l'influence de la maturation sur la composition de l'essence de bergamote, R. SCHWOB a montré que la teneur en alcool libre diminuait au cours de la maturation au profit de la teneur en esters (6). Cette évolution semble freinée dans les pays à température constamment élevée :



Côte d'Ivoire et Guinée. Par contre, dans les pays à hiver froid comme les régions intérieures du Maroc, Aïn Taoujdate ou Marrakech, la proportion d'alcool libre dans les fruits mûrs est très faible.

Nous avons cependant trouvé au Mali des essences à teneur relativement faible en linalol bien que les températures minimales subies par le fruit n'aient pas été inférieures à 12° C.

INFLUENCE DE L'ÉTAT HYGROMÉTRIQUE DE L'AIR :

Nous n'avons pas fait intervenir dans cette étude le régime des pluies, car la pratique de l'irrigation en période sèche aurait faussé toute interprétation, mais seulement l'état hygrométrique de l'air. Il nous faut distinguer ici entre les régions à hygrométrie élevée constante soumises à l'influence marine : Corse, Algérie et surtout Côte d'Ivoire et Cameroun et les régions à hygrométrie variable : Maroc, Mali et Guinée.

Tous les climats à hygrométrie élevée constante sont favorables à une forte proportion en composés oxygénés. Cette proportion est faible au Maroc, variable au Mali, élevée en Guinée.

Au Maroc, la floraison se déclenche en avril-mai et dans l'intérieur du pays, le climat devient très sec jusqu'en octobre donc depuis la formation du fruit jusqu'à ce qu'il ait atteint un stade de développement avancé. Les conditions paraissent défavorables à l'accumulation des constituants oxygénés de l'huile essentielle. Par contre, si l'on se réfère aux analyses de

R. SCHWOB sur des fruits de Rabat, ville côtière au climat beaucoup plus humide, on constate que l'huile essentielle de ces fruits est assez riche en produits oxygénés : esters 38,05 — alcool 10,71 (6).

Au Mali, la floraison débute aussi en avril, mais pour une autre raison car elle est provoquée non pas par l'apparition d'une température plus élevée, mais par celle des premières pluies. Par la suite, jusqu'en juillet, peuvent se produire des floraisons irrégulières. Les premiers fruits souffrent de sécheresse au début de leur développement et arrivent à maturité en octobre ; ils contiennent une essence très pauvre en esters et en alcool. Les derniers fruits, non éprouvés par la sécheresse au début de leur formation, mais bien davantage que les premiers dans la phase finale de leur évolution en février, contiennent une essence riche en esters et en alcool. Cependant, même pour ces fruits, le rapport alcool/esters est moins élevé qu'en Côte d'Ivoire.

Donc, si un climat à hygrométrie élevée est nécessaire à l'accumulation des composés oxygénés, cette action se fait surtout sentir au début de la vie du fruit.

En Guinée, l'état hygrométrique de l'air en saison sèche est plus élevé qu'au Mali. Le déclenchement de la floraison est également provoqué par les premières pluies de l'hivernage en avril-mai et le fruit bénéficie pendant tout son développement d'une hygrométrie de l'air très élevée. Teneur en esters et rapport alcool/ester y sont élevés.

VII. CONCLUSION

Pour une étude plus détaillée de ces facteurs climatiques, il faudrait tenir compte des micro-climats dans le verger lui-même et suivre également les variations des constituants oxygénés mineurs de l'huile essentielle de bergamote. Mais en gros, on peut admettre qu'un état hygrométrique élevé de l'air, c'est-à-dire supérieur à 70 % favorise la présence des composés oxygénés dans l'huile essentielle, en particulier de linalol. L'action de l'humidité de l'air sur l'huile essentielle se fait surtout sentir au début de la formation du fruit. L'action de la température est plus difficile à préciser puisqu'aussi bien en Corse où la température moyenne est peu élevée, qu'en Côte d'Ivoire nous trouvons des essences très riches en composés oxygénés. Nous émettrons l'hypothèse, cependant, que des baisses de température au stade ultime de développement du fruit favorisent l'enrichissement de l'essence en esters au dépend de l'alcool.

Cette étude n'a pu être entreprise que grâce à la participation de nombreux agents de l'I. F. A. C., et tout particulièrement de MM. J. Cassin (Corse), A. Van der Weyen (Maroc) ; J. Mulat (Mali) ; J. Bourdeaut (République de Côte d'Ivoire) ; J. P. Gaillard (Cameroun).

Nous remercions bien vivement M. le professeur F. La Face de nous avoir procuré un échantillon authentique d'huile essentielle de bergamote de Calabre, et MM. Lavallade, Cousin, Roucou, Renée et Félix, planteurs en Côte d'Ivoire, qui nous ont fourni des échantillons d'huile essentielle de bergamote de leur production.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) CALVARANO (M.). — *La composizione delle essenze di bergamotto*. Essenze derivati Agrumari, n° 4, p. 197-211, 1965.
- (2) CHAPOT (H.). — *Le Bergamotier*. Al Awamia, n° 5, p. 1-27, oct. 1962.
- (3) GUENTHER (E.). — *The essential oils*. Vol. 3, p. 200-281, New York 1952.
- (4) MULLER (P. A.). — *The bergamot and bergamot oil*. Perf and Ess Oil Rec, p. 18, janvier 1966.
- (5) SCHWOB (R.). — *L'Essence de bergamote de la Guinée Française*. Industrie de la parfumerie. Vol. 8, n° 10, p. 369-373, oct. 1953; vol. 8, n° 11, p. 406-409, nov. 1953.
- (6) SCHWOB (R.). — *Étude sur l'essence de bergamote d'Afrique du Nord*. Fruits, vol. 10, n° 7, p. 263-270, 1965.
- (7) TRANCHANT (J.). — *Manuel pratique de chromatographie en phase gazeuse*, p. 183-185, Masson, 1964.



Vient de paraître :

CARENCES ET TROUBLES DE LA NUTRITION MINÉRALE CHEZ LE BANANIER

Guide de diagnostic pratique

par **J.-M. CHARPENTIER** et **P. MARTIN-PRÉVEL** (I. F. A. C.)

Cet album illustre, avec 86 diapositives en couleurs, reproduisant des photographies prises au cours d'expériences en culture hydroponique ou dans des plantations d'Afrique, des Antilles, d'Amérique latine, les aspects des divers troubles de la nutrition minérale actuellement connus chez le bananier : carences, déséquilibres et toxicités.

Les diapositives (24 × 36 mm) sous carton (50 × 50 mm) sont groupées par 6 dans des pochettes avec une légende explicative pour chacune d'elles.

Le livret qui les accompagne comporte trois parties :

- 1) un exposé des conditions de validité d'un diagnostic fondé sur l'observation visuelle de la plante ;
- 2) une description détaillée des carences, excès ou déséquilibres avec renvoi aux photographies correspondantes ;
- 3) un tableau synoptique résumant en quelques lignes chacune des descriptions précédentes.

L'ensemble est présenté sous un boîtier cartonné 13 × 18 cm.

Prix : 120 F.

Adresser les commandes à :

Institut Français de Recherches Fruitières Outre-Mer (Service des Publications)

6, rue du Général-Clergerie, 75-Paris (16^e)