

Les huiles essentielles d'agrumes.

R. HUET*

ESSENTIAL OILS OF CITRUS FRUITS.

R. HUET.

Fruits, Jul.-Aug. 1991, vol. 46, n° 4, p. 501-513.

ABSTRACT - Essential oils form in cells and accumulate in various organs of the plant : fruit pericarp, leaves, flower petals. They are extracted by cold-drawing or distillation. They can be concentrated by terpene removal. Differences in composition between extracts of different citrus species (sweet orange, sour orange, mandarin, pomelo, lemon, lime or bergamot) are more quantitative than qualitative. However, a few characteristic compounds have been isolated. Essential oils of citrus are exploited and the subject of active trade. Their composition has been standardised to control fraud and adulteration. They are used as aromas for soft and alcoholic beverages and in biscuit manufacture and confectionery. They are used in pharmaceutical products to mask unpleasant tastes of drugs. They form the base of many compositions in perfumery, where they are used pure or, more frequently, combined with synthetic molecules.

LES HUILES ESSENTIELLES D'AGRUMES.

R. HUET.

Fruits, Jul.-Aug. 1991, vol. 46, n° 4, p. 501-513.

RESUME - Les huiles essentielles se forment dans la cellule végétale et s'accumulent dans les divers organes de la plante : péricarpe des fruits, feuilles, pétales des fleurs d'où elles sont extraites par expression à froid ou par distillation. Elles peuvent être concentrées par déterpénation. Les différences de composition entre les extraits de diverses espèces d'agrumes : orange douce, orange amère, mandarine, pomelo, citron, lime ou bergamote, sont davantage d'ordre quantitatif que qualitatif. On a isolé cependant quelques composés caractéristiques.

Les huiles essentielles d'agrumes sont l'objet d'une exploitation et d'un commerce très actifs. Leur composition a été normalisée pour lutter contre les fraudes et les adultérations. Elles sont utilisées comme aromatisant dans les boissons douces ou alcoolisées, en biscuiterie et en confiserie. Dans les produits pharmaceutiques, elles servent à masquer le goût désagréable des médicaments. En parfumerie, elles forment la base de nombreuses compositions, pures ou le plus souvent associées à des molécules synthétiques.

A - DEFINITIONS

LES HUILES ESSENTIELLES

Les huiles essentielles sont des produits odorants, obtenus par distillation, à la vapeur d'eau, des matières végétales d'origine botanique spécifiée, ou par expression du péricarpe des agrumes et séparées de la phase aqueuse par des procédés physiques.

Afin de ne pas introduire d'équivoques, il importe de distinguer entre huiles essentielles et essences concrètes ou «concrètes» qui, elles, sont obtenues par extraction au solvant des matières végétales. On rappellera aussi que les essences absolues, ou quintessences, sont obtenues par extraction à l'alcool (éthylrique) des concrètes, éliminant ainsi les cires et autres composés insolubles.

On réserve le nom de résinoïdes aux produits qui sont ordinairement obtenus par extraction aux moyens de solvants de substances végétales séchées (rhizomes secs par exemple), de baumes, de résines, de gommés-résines ou de certaines substances animales (castoreum-civette).

Les huiles essentielles ont une composition complexe.

* - 302, rue du Plateau des Violettes - 34070 Montpellier (France).

Elles renferment des hydrocarbures, des alcools, des cétones, des aldéhydes, des esters, des éthers -oxydes-, des phénols, etc.

Elles diffèrent donc des huiles lipidiques qui sont composées principalement d'esters d'acides gras. L'adjectif *essentielle* ne signifie pas que l'on doit leur accorder une importance vitale comme pour les acides gras essentiels, mais qualifie leur volatilité.

LES AGRUMES

Le terme général *agrumes*, par lequel on désigne les oranges, les citrons, les mandarines, ..., est assez peu précis. Dérivé de l'adjectif «aigre», il signifie simplement que l'on parle de fruits acides. Ce n'est pas toujours vrai car l'on trouve des variétés d'oranges, de citrons ou de limes dénuées d'acidité, et ce n'est pas caractéristique car bien d'autres fruits sont aussi acides et même bien davantage que les agrumes. En Espagne, de la même façon, le terme «*agrio*» employé comme adjectif signifie aigre, acide et comme substantif, au pluriel, désigne les agrumes.

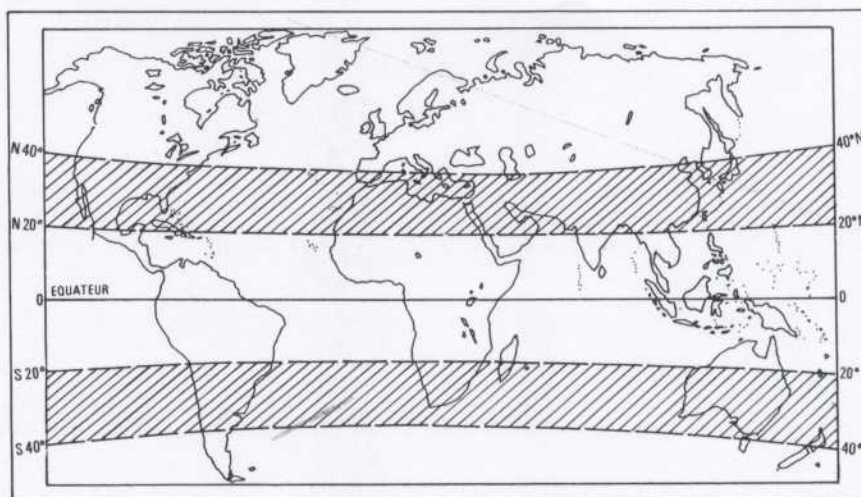


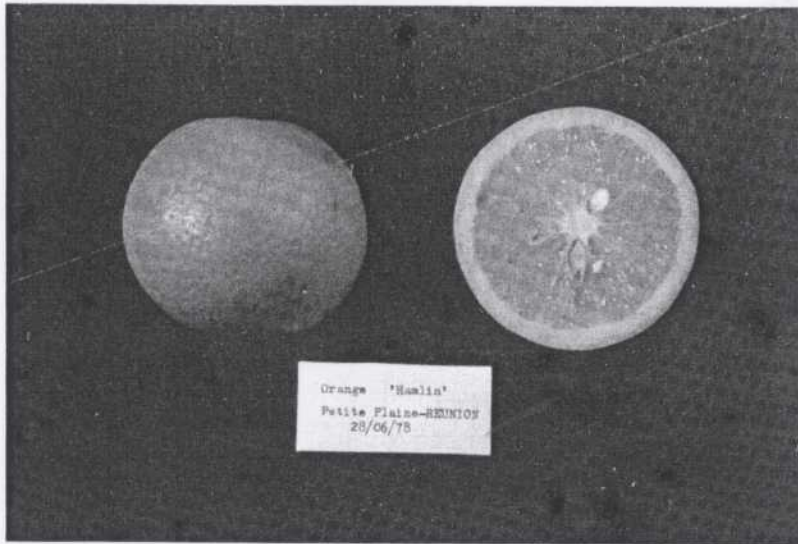
Figure 1 - Ceintures des Citrus dans le monde.

TABLEAU 1 - AFNOR Nomenclature (A 1).

Numéro	Nom botanique	Nom commun	Numéros normes		Familles	Partie de la plante utilisée
			ISO	AFNOR		
22	<i>Citrus aurantifolia</i> (Christ.) Swingle	Lime	ISO 3809 ISO 3519	NFT 75 336 NFT 75 337	Rutaceae	Péricarpe
23	<i>Citrus aurantium</i> L. ssp <i>amara</i> var. <i>pumilia</i>	Néroli Orange amère Petitgrain bigaradier	ISO 3517 - ISO 8901	NFT 75 202 - NFT 75 236	Rutaceae	Fleur, péricarpe Feuilles, rameaux avec petits fruits verts
24	<i>Citrus aurantium</i> L. ssp <i>bergamia</i> (Risso - Poit.) Eng. Syn. <i>Citrus bergamia</i> Risso et Poit.	Bergamotier Petitgrain bergamotier	ISO 3520 ISO 8900	NFT 75 215 NFT 75 237	Rutaceae	Péricarpe Feuilles, rameaux avec petits fruits verts
25	<i>Citrus limon</i> (2) Burm. f.	Citron Petitgrain citronnier	ISO 855 ISO 8899	NFT 75 335 NFT 75 239	Rutaceae	Péricarpe Feuilles, rameaux avec petits fruits verts
26	<i>Citrus x paradisi</i> Macfad.	Pomélo	ISO 3053	NFT 75 338	Rutaceae	Péricarpe
27	<i>Citrus reticulata</i> Blanco	Mandarine Petitgrain mandarinier	ISO 3528 ISO 8899	NFT 75 228 NFT 75 238	Rutaceae	Péricarpe Feuilles, rameaux avec petits fruits verts
28	<i>Citrus sinensis</i> (L.) Pers.	Orange douce	ISO 3140	NFT 75 203	Rutaceae	Péricarpe

Noms des Botanistes :

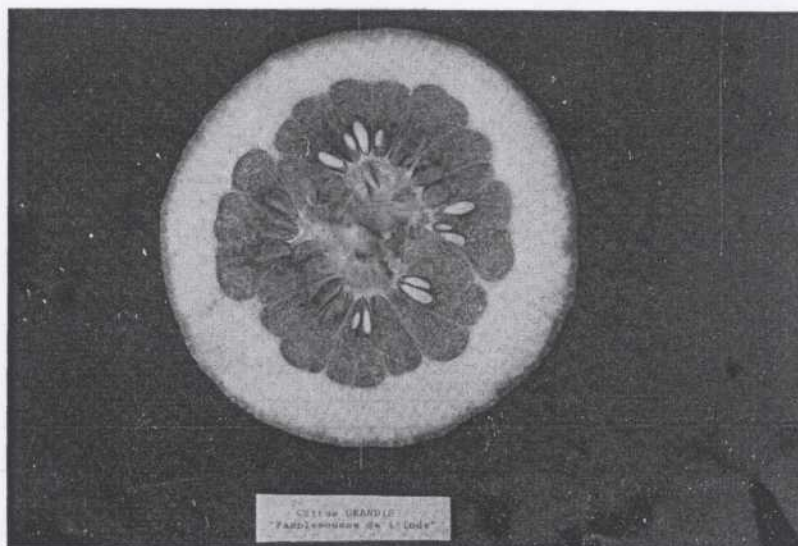
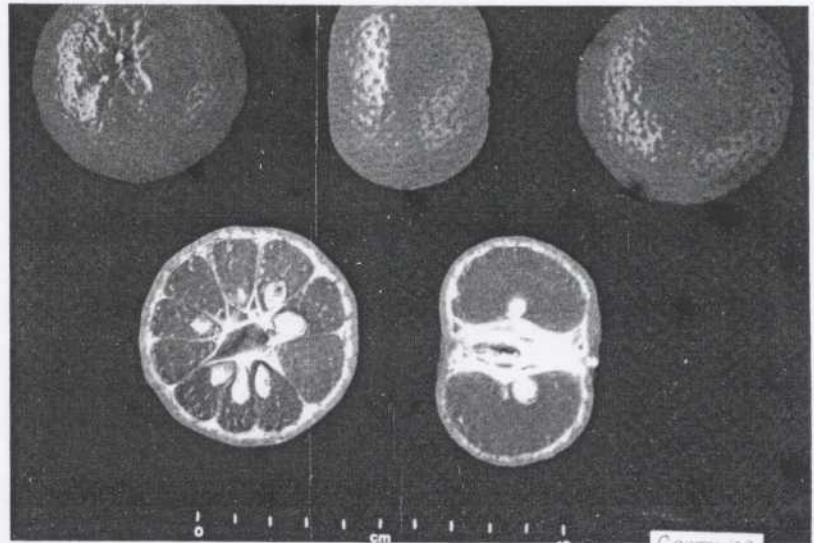
Christ : Christmann G.F. Pers. : Persoon C.H. Poit. : Poiteau P.A.
 Burm. f. : Burman Nicolaas Laurens L : Linnaeus, Linnée G. Van
 Macfad. : Macfadyen J. Engl. : Engler H.G.A. F : Filins



Orange 'Hamlin'.

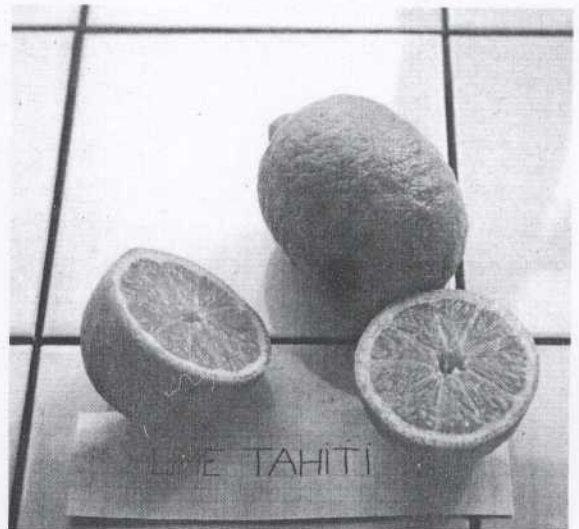
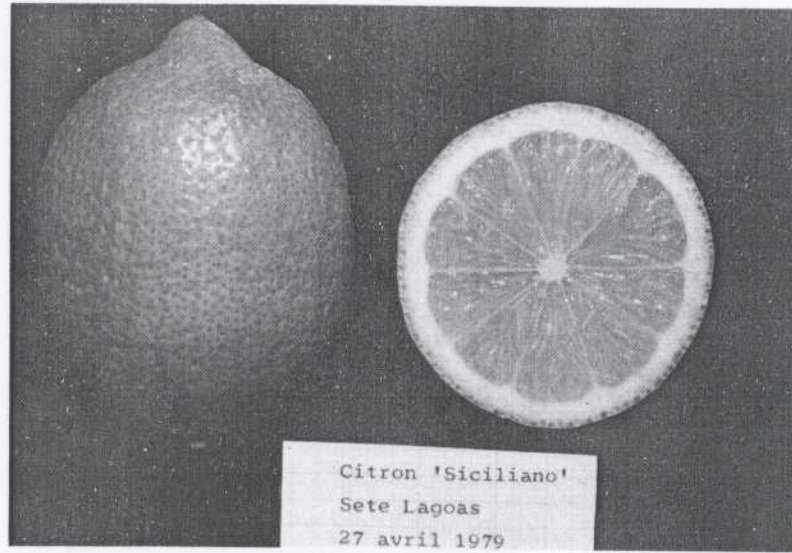
Orange 'Hamlin'
Petite Plaine-REUNION
28/06/78

Mandarine Commune.

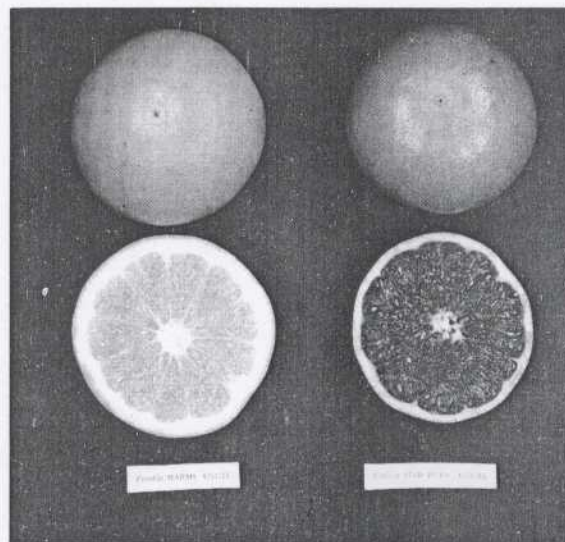


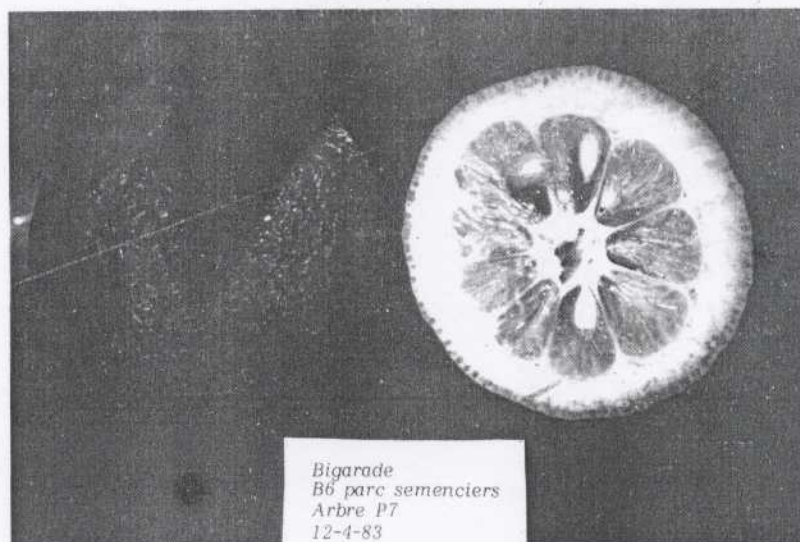
Pamplemousse vrai.

CITRUS GRANDIS
"Pamplemousse de l'Inde"

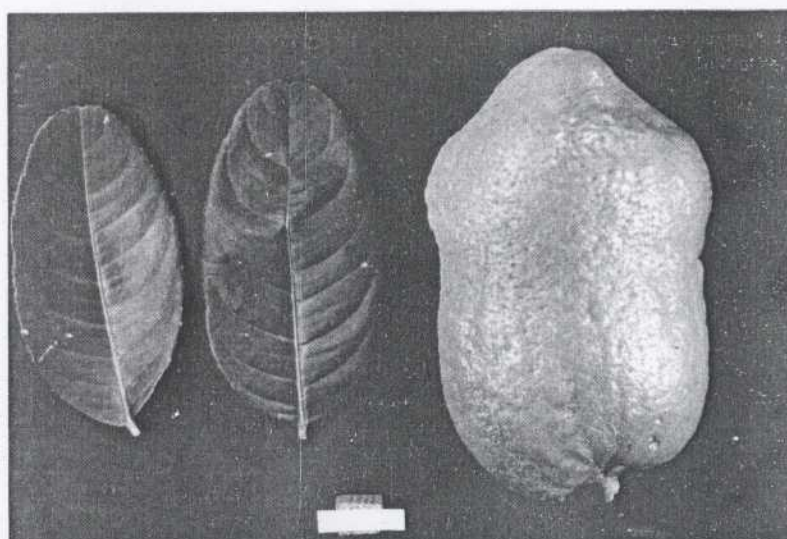


Lime Tahiti (AG)

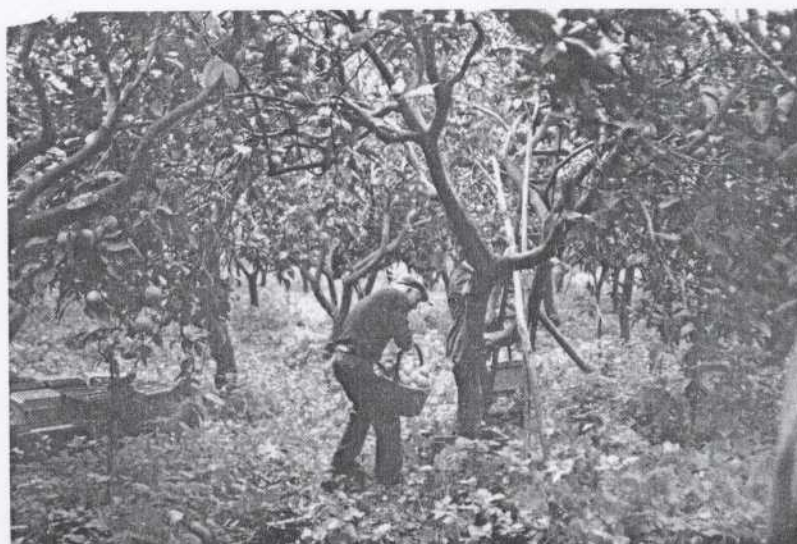




Bigarade.



Cédrat.



Bergamote.
Cueillette en Calabre.

Dans le monde anglo-saxon, on désigne les agrumes sous le nom de *Citrus* qui se réfère aussi bien au fruit qu'à la plante. Le genre *Citrus* appartient à la famille des Rutaceae. Les principales espèces commerciales sont répertoriées dans le tableau 1.

Toutes ces espèces sont originaires de l'Asie du Sud-Est et auraient été diffusées au Moyen Orient puis dans les pays méditerranéens par les voies commerciales de l'antiquité et, plus récemment, par les invasions arabes. Elles ont été introduites aux Amériques à partir du 16^e siècle.

Il convient de citer cependant trois exceptions :

- Le **grape-fruit ou pomélo** qui serait originaire des Barbades dans les Caraïbes. Il proviendrait d'une mutation de pamplemousse vrai *C. grandis* (A 5) dont les graines auraient été introduites depuis les Indes orientales par le Capitaine Shaddock vers 1650.

- La **bergamote**, *Citrus bergamia* RISSO, qui serait un hybride de la bigarade et de la lime acide, hybride fixé et connu depuis le début du 18^e siècle et dont on a fait une sous-espèce de la bigarade. La bergamote s'est acclimatée dans le Sud de l'Italie, en Calabre.

- La **clémentine**. Ce fruit aurait vu le jour en Algérie, où le Père Clément l'aurait obtenu par hybridation du mandarinier commun avec le bigaradier granito. Cependant, d'après CHAPOT, elle serait identique à la mandarine de Canton ; ce qui nous renvoie au Sud-Est asiatique (A 2).

Précisons enfin que l'on cultive largement, depuis quelques décennies, un limetier à gros fruit : la lime Tahiti ou Persian lime dont on a fait une espèce différente : *Citrus latifolia* TANAKA.

Les citrus prospèrent dans les régions tropicales de part et d'autre de l'Equateur jusqu'au 35^e parallèle. Les grandes régions productrices sont dans l'hémisphère Nord : le Bassin méditerranéen, la Floride et l'Arizona en Amérique du Nord et, dans l'hémisphère Sud : le Brésil, l'Afrique du Sud et l'Australie (A 4).

Les régions du Sud-Est asiatique, dont les Citrus sont pourtant originaires, se prêtent mal aux cultures intensives qui ne résistent pas aux nombreux prédateurs naturels locaux. La Chine populaire fait cependant un grand effort de développement agrumicole.

BIBLIOGRAPHIE

- A 1 - AFNOR. 1989.
Recueil des Normes françaises «Huiles essentielles».
- A 2 - CHAPOT (H.). 1963.
Le clémentinier.
Al Awamia, n° 7, p. 1-34.
- A 3 - CIBA-GEIGY Agrochemicals. 1975.
Citrus.
Technical Monograph n° 4.
- A 4 - COOPER (W.C.) and CHAPOT (H.). 1977.
Fruit production.
in *Citrus Science and Technology*, vol. II, Nagy, Shu and Veldhuis
Ed. Av. Publish Co, p. 1-227.
- A 5 - HODGSON (R.W.). 1967.
in *The Citrus Industry*, vol. 1, p. 539. Ed. W. Reuther, H.J.
Webber and L.D. Batchelor. University of California.
- A 6 - HUET (R.) et col. 1978.
Citrons et limes acides.
Fruits, 33 (10), 701-714.

B - PRODUCTION ET MARCHES (*)

HUILE ESSENTIELLE D'ORANGE DOUCE

L'huile essentielle d'orange douce étant un sous-produit de la fabrication du jus d'orange, des quantités considérables en sont produites de par le monde. Cette production a été estimée à 12 000 tonnes en 1984. Elle est montée à 15 000 tonnes en 1988. On peut la ventiler de la manière suivante pour 1984 (en tonnes) :

Brésil	7 800 (10 000 en 1988)
Etats-Unis	2 500 (5 000 en 1988)
Israël	400
Italie	300

Le reste de la production se répartit entre l'Argentine, l'Espagne, le Maroc, la Guinée, l'Afrique du Sud et l'Australie (50 tonnes).

Ces tonnages sont consommés par (en pourcentage) :

les Etats-Unis	30
l'Europe occidentale, CEE et Suisse	30
le Japon	20
le reste du monde	20

Le développement très rapide de l'agrumiculture au Brésil, dans les années 1970, a provoqué un effondrement des cours. Le prix du kg d'huile essentielle est tombé de 0,75 dollars US en 1980 à 0,36 en 1983. Les cours de certaines provenances de qualité supérieure se maintiennent à des niveaux élevés :

1,05 dollars US/livre pour l'origine Californie,
4,5 dollars US/livre pour l'origine Guinée

HUILES ESSENTIELLES DE MANDARINE,
TANGERINE ET CLEMENTINE

L'huile essentielle de mandarine est traditionnellement produite en Italie et l'huile essentielle de tangerine aux Etats-Unis. Cependant, depuis 1974, le Brésil en a produit des quantités très importantes :

164 tonnes en 1979,
139 tonnes en 1983

dont 90 p. 100 de mandarines Mexerica et 10 p. 100 de tangerines Cravo et Dancy. Les prix très stables oscillent autour de 4 dollars US/kg.

La France (Corse) produit de petites quantités d'huile essentielle de clémentine.

HUILE ESSENTIELLE DE BIGARADE

L'huile essentielle de zeste fait l'objet d'un marché

(*) - L'essentiel des données de ce chapitre a été emprunté à une étude de marché «Huiles essentielles et oléorésines» réalisée par R. SCHWOB pour le Centre du Commerce international CNUCED/GATT, 1986 (B 1).

relativement étroit puisqu'il ne dépasse pas 25 à 30 tonnes/an. La production est ainsi répartie (en tonnes) :

Haïti	10
République dominicaine	10
Brésil	8
Italie	2
Reste du Monde :	Jamaïque, Guinée, Côte d'Ivoire, Tunisie, Maroc.

L'Espagne assure un important commerce en entrepôt de cette essence.

Les utilisateurs se répartissent entre l'Amérique du Nord et l'Europe occidentale.

Le prix moyen du kg d'huile essentielle est stable et oscille autour de 14,33 dollars US/kg.

L'huile essentielle de petitgrain se répartit en deux grandes catégories. Le petitgrain Paraguay et les autres provenances : Afrique du Nord, Italie, Egypte.

Petitgrain Paraguay. La production très importante dans les années 1970 : 400 tonnes/an a décliné de façon notable au cours des années 1980 : 235 tonnes en 1984. Le prix de cette catégorie n'excède pas 12 dollars US/kg. Les principaux clients sont l'Europe occidentale : Royaume Uni, Pays Bas, Allemagne, France, Suisse, qui absorbent 59 p. 100 de la production.

Les Etats-Unis n'absorbent plus actuellement que 15 p. 100 des exportations paraguayennes.

Les petitgrains bigarade d'origine méditerranéenne proviennent de vrais bigaradiers. La production demeure assez faible : de 20 à 30 tonnes au total, mais le prix de cette catégorie est très supérieur à celui du petitgrain paraguay.

Huile essentielle de Nérol-bigarade. C'est ainsi que se nomme l'huile essentielle distillée des fleurs. Les productions de qualité proviennent de France, d'Italie et principalement de Tunisie. Le Maroc en produit également de petites quantités. La production mondiale ne doit pas dépasser 2 tonnes/an. Les marchés les plus importants sont les Etats-Unis, le Japon, le Royaume-Uni et l'Allemagne, exemple RFA.

Il paraît très difficile d'obtenir une cotation. Disons simplement que le prix de Nérol est très élevé quand on sait qu'il faut cueillir 1 000 fleurs pour obtenir 1 g d'huile essentielle. En France où l'on n'en produit plus que quelques dizaines de kg, le prix s'élève à plus de 30 000 F/kg.

HUILE ESSENTIELLE DE BERGAMOTE

La Calabre en Italie demeure la principale région productrice d'huile essentielle de bergamote. Cependant, la quantité produite tend à diminuer, le rapport des plantations n'apparaissant pas suffisamment rémunérateur. De 150 tonnes et plus jusqu'en 1976, elle est tombée à moins de 100 tonnes actuellement.

La Côte d'Ivoire vient au second rang avec 20 tonnes/an.

La Guinée et le Brésil en produisent 1 à 2 tonnes. Les principaux marchés se situent en Europe occidentale. La France importe la moitié des exportations italiennes et les Etats-Unis en absorbent 30 tonnes/an.

Les cours sont assez fluctuants :

40 dollars US/kg en 1985,
52 dollars US/kg en 1986.

HUILE ESSENTIELLE DE LIME

On distingue l'huile essentielle de lime distillée, de très loin la plus importante en volume et l'huile essentielle de lime centrifugée, extraite à froid. La lime Tahiti, à gros fruits, est la source d'une petite quantité d'huile essentielle centrifugée.

Le Mexique, gros producteur de lime depuis les années 1950, a également été le plus gros producteur d'huile essentielle distillée jusqu'en 1980, avec plus de 500 tonnes en 1977. Souffrant de la concurrence de nouveaux pays producteurs, la production est tombée à 180 tonnes en 1984. Elle tend à remonter actuellement. La même année, le Mexique a produit 25 tonnes d'huile essentielle centrifugée.

Haïti, comme le Mexique, produit surtout de l'huile essentielle distillée. Pendant la majeure partie des années 1970, les exportations se sont chiffrées en moyenne à 95 tonnes/an. Ces dernières années, elles sont tombées à 71 tonnes en 1980-1981 et à 50 tonnes en 1984. Il est vrai que l'instabilité politique de ce pays compromet son activité économique.

Le Pérou s'est lancé plus récemment dans la production d'huile essentielle de lime, vers 1969. En 1982, la production s'élevait à 108 tonnes et en 1984 à 130 tonnes. Compte tenu de l'expansion des limettiers, on peut penser que cette production est en plein essor.

Des quantités notoirement plus faibles sont produites par le Brésil, Cuba, la Côte d'Ivoire.

La consommation mondiale est estimée à 900 tonnes. L'Amérique du Nord offre le marché le plus important. Il

absorbe environ 500 tonnes par an, principalement pour les boissons de type Cola. L'Europe occidentale, CEE et Suisse, importe 160 à 180 tonnes dont plus de la moitié est destinée au Royaume-Uni. Au Japon, la demande s'élève à 20 tonnes/an. Elle est de 100 tonnes au total pour les autres pays.

Les cours sont assez stables, oscillent autour de 27 dollars US/kg. Ils sont plus élevés pour l'origine Mexicaine.

Le prix de l'huile essentielle centrifugée est nettement supérieur.

HUILE ESSENTIELLE DE CITRON

L'huile essentielle de citron arrive au second rang dans le tonnage des essences d'agrumes produites dans le monde.

Evaluation en 1984 : 2 300 tonnes réparties de la façon suivante :

Etats-Unis	600
Italie (Sicile)	500
Argentine	480
Côte d'Ivoire	120
Grèce	100
Espagne	100
Israël	80
Chypre	60
Australie	20
Pérou	10
Guinée	10

Des quantités plus faibles sont produites en Nouvelle Zélande, en Indonésie, au Vénézuéla, au Chili.

L'Europe occidentale, CEE et Suisse, est le plus gros importateur avec 750 tonnes/an, puis vient le Japon avec 200 tonnes. Les Etats-Unis consomment leur propre production.

La mise sur le marché d'huile essentielle de citron à des prix très bas a fait chuter les cours mondiaux, au début des années 1980, autour de 8,5 dollars US/kg. Cependant, les origines dont la qualité est réputée s'échangent à des prix très supérieurs.: 15 dollars US/kg pour le citron de Californie, 25 dollars US/kg pour l'origine italienne.

B - DONNEES ECONOMIQUES

B 1 - ANONYME. 1986.

Huiles essentielles et oléorésines. Etude de marché.

CCI (Centre du Commerce international). CNUCED/GATT, Genève.

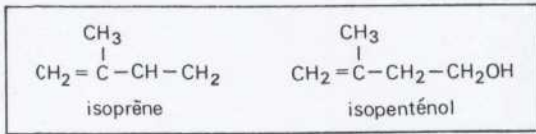
B 2 - LAWRENCE (B.M.). 1985.

Essential oils. World production.

Perfumer and Flavorist, Oct.-Nov. 1985, vol. 10, p. 1-15.

C - BIOSYNTHESE DES HUILES ESSENTIELLES

Les huiles essentielles d'agrumes sont constituées à 95-98 p. 100 de terpènes et terpénoïdes en C10 et de sesquiterpènes et sesquiterpénoïdes en C15. La formation de ces composés se fait à partir d'unités de C5 suivant la règle isoprénique.



L'isoprène n'existe pas dans la nature mais l'unité de base, l'isopenténol sous forme d'isopentenyl pyrophosphate (IPP), est biosynthétisée à partir de l'acétyl coenzyme A ou d'une substance de réserve de la cellule comme la leucine (C 7).

L'IPP va s'isomériser en diméthylallyl pyrophosphate (DMAP) et les deux molécules s'unir tête à queue pour donner un alcool terpénique, le géraniol, sous forme de géranyl pyrophosphate.

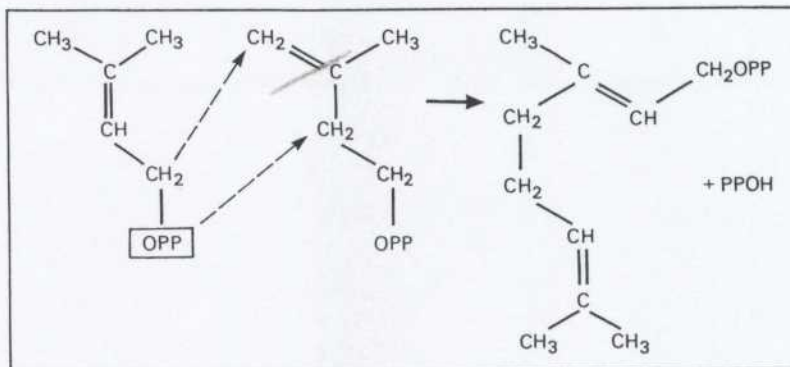
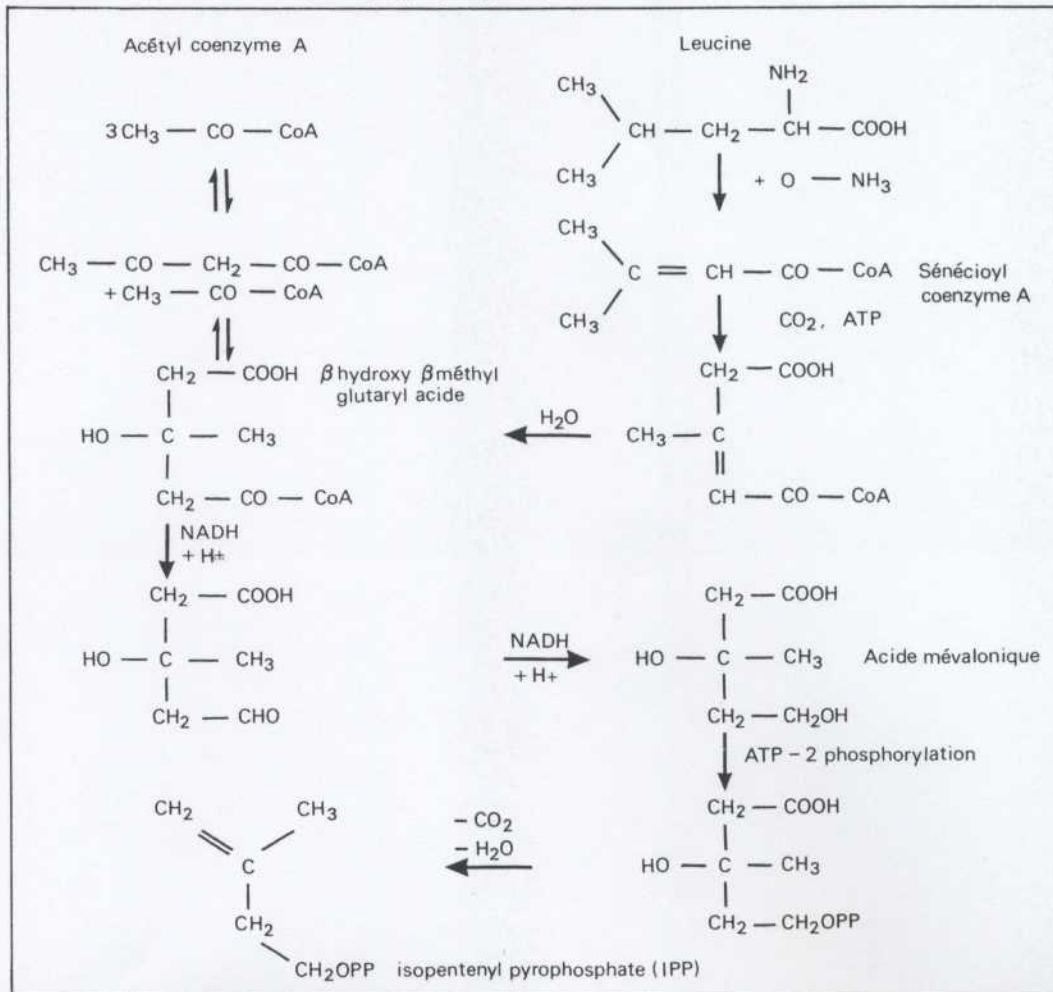
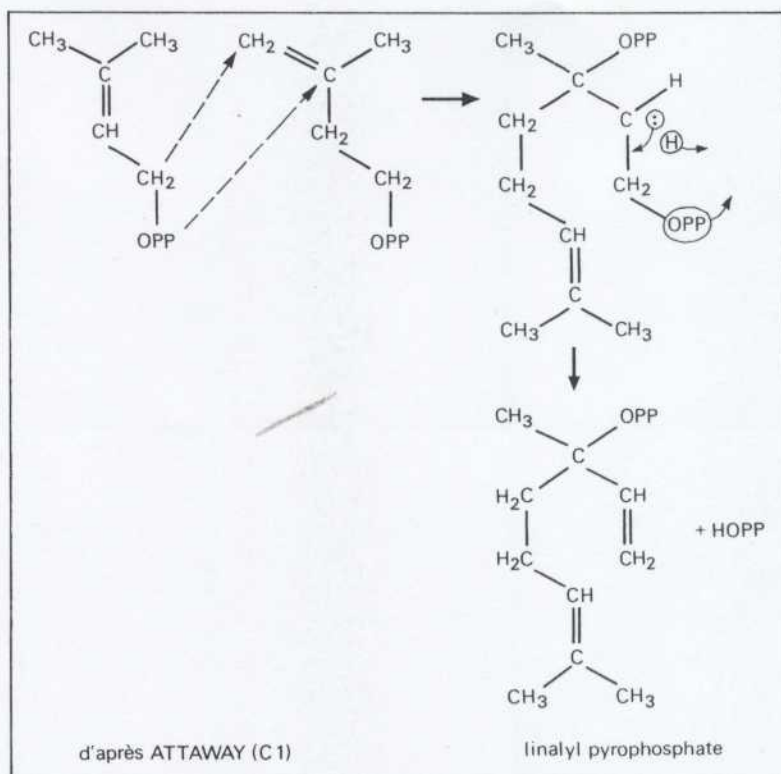


TABLEAU 2 - Synthèse de l'Isopentenyl pyrophosphate (C 7).





Cette dernière réaction est provoquée par l'alkylation de la double liaison de l'IPP par le groupe allylique hautement réactif du DMAP. Le géranyl pyrophosphate possédant aussi un groupement allylique peut réagir avec une autre molécule d'IPP pour donner le farnesyl pyrophosphate.

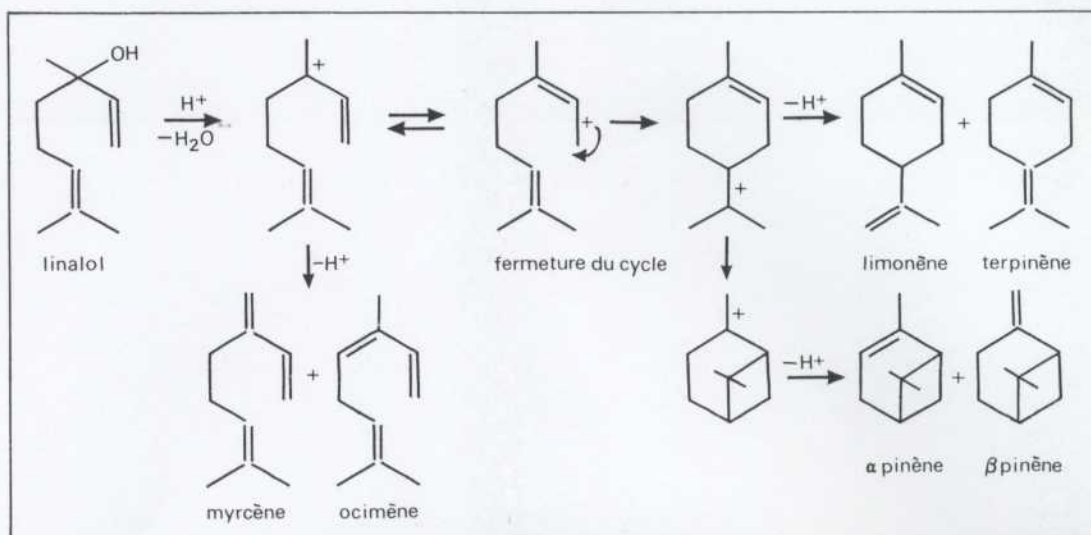
ATTAWAY et col. (C 1), considérant que le linalol est le constituant le premier formé dans les tissus des agrumes et non pas le géraniol, ont émis l'hypothèse d'une autre voie d'addition de DMAP et de IPP.

Au lieu de l'alkylation et de la perte du pyrophosphate, ils supposent que le carbone 5 et le pyrophosphate s'addi-

tionnent de part et d'autre de la double liaison de l'IPP et que cette réaction est suivie par l'élimination du pyrophosphate de l'IPP.

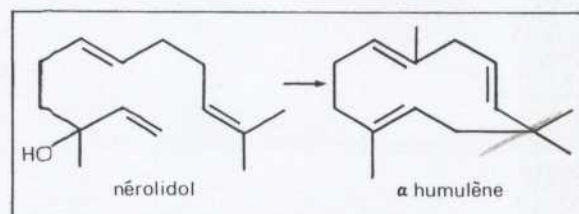
Par la suite, le schéma suivant est proposé pour la formation de différents terpènes présents dans les huiles essentielles de Citrus.

Cependant, GEORGE-NASCIMENTO et CORI (C 6) ont montré, à partir de carbones marqués et d'enzymes extraits des tissus de flavedo d'orange, que l'on pouvait obtenir du limonène à partir de néryl ou de géranyl pyrophosphate et de l' α pinène à partir de néryl pyrophosphate.



Les chercheurs n'ont pas observé d'inter-conversion entre le nérolol et le géraniol.

BOELENS et SINDREU (C 4) dans l'étude comparative des huiles essentielles de zeste de feuilles et de fleur de la bigarade de Séville reprennent l'hypothèse de la formation du limonène à partir du linalyl pyrophosphate. Ils ajoutent que le nérolidol pourrait être aussi à l'origine de la formation de divers sesquiterpénoïdes : α -humulène, caryophyllène, germacrène D, sélénène et valencène.



Les huiles essentielles des agrumes s'accumulent tout au long de la vie du fruit, de la feuille ou du pétale dans des poches appelées glandes à essence. Ces poches sont entourées par les cellules sécrétrices qui isolent les tissus voisins du contenu de la poche. On peut s'interroger sur la finalité de cette sécrétion puisque les constituants des huiles essentielles ne semblent pas exercer un rôle quelconque dans le métabolisme de la plante. Ce sont des métabolites secondaires. Citons, cependant, une remarque de CHAPOT qui a observé une orange amère dépourvue de glandes à essence et qui était tout particulièrement attaquée par des insectes et des champignons.

La séparation des constituants de l'huile essentielle dans ces poches paraît irréversible comme si cette mise à l'écart permettait de protéger les tissus voisins d'un contact sans doute nocif. Des essais de culture *in vitro* de tissus de l'écorce externe de citron (E 8) ont montré que des cellules de parenchyme banal sont capables de synthétiser une essence indépendamment de toute formation de poche sécrétrice. Mais cette capacité n'est pas durable et se perd très vite au deuxième repiquage. L'essence produite par les tissus développés *in vitro* a une composition différente de celle qui est produite en milieu naturel. Elle ne contient que des monoterpènes. Enfin, en incorporant au milieu de culture un glucose marqué au ^{13}C , on observe que la biosynthèse des terpènes produits s'opère à partir des réserves du péricarpe et non du glucose marqué introduit dans le milieu (E 5). Une remarque semblable a été faite par LOOMIS travaillant sur la menthe : des feuilles mûres, en contact avec CO_2 marqué, ne synthétisent pas «de novo» des terpènes marqués. Cependant, la quantité de monoterpènes continue à croître. Donc, on doit admettre que les monoterpènes se forment à partir de substances accumulées dans la cellule sécrétrice.

La biosynthèse des terpènes, induite par des réactions enzymatiques, elles-mêmes soumises au programme génétique de la plante, est influencée par divers facteurs internes et externes :

L'âge des tissus.

Dans l'hémisphère Nord, le fruit se développe de juin à décembre - mars. ATTAWAY (C 1) a montré que, au tout début de la véraison, l'huile essentielle des petits fruits

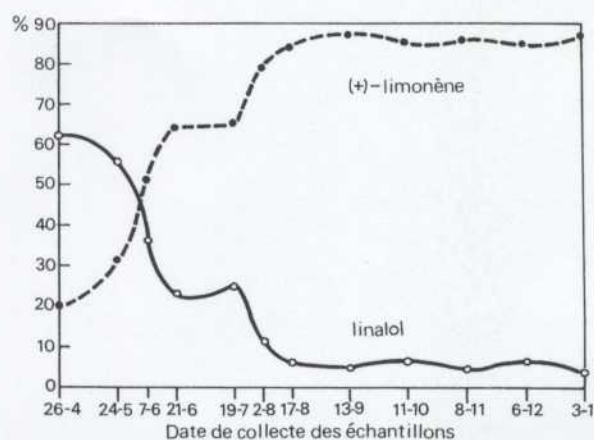


Figure 2 - Pourcentage relatif de (+)-limonène et de linalol dans l'huile essentielle d'écorce de tangerine pendant la saison 1965-1966. (C 1).

d'oranger contient principalement du linalol puis, à mesure que le fruit se développe, la proportion de linalol diminue au profit du limonène. L'huile essentielle de l'orange mûre contient 95 p. 100 de limonène et seulement quelques traces de linalol (figure 2).

Nous avons observé une évolution semblable pour la clémentine. Pour la bergamote, le départ est identique avec une évolution différente puisque l'huile essentielle du fruit mûr contient encore 20 p. 100 de linalol à côté de 35 p. 100 d'acétate de linalyle et de 30 p. 100 de limonène. (Ces chiffres sont donnés à titre indicatif et peuvent varier dans certaines limites).

Le climat.

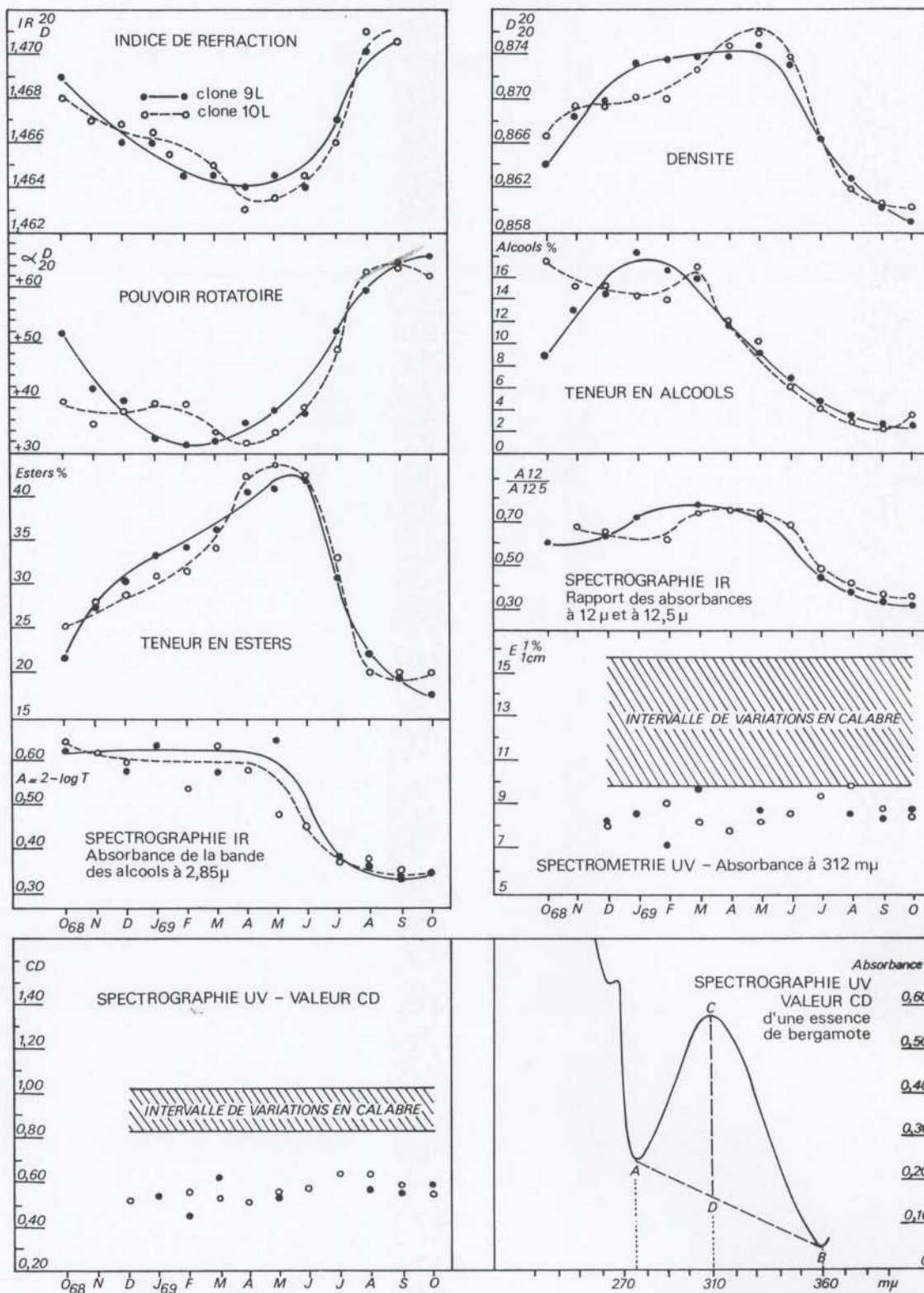
SCORA et TORRISI (C 11) ont montré que la composition de l'huile essentielle de feuilles de Citrus varie avec leur âge mais aussi avec le climat. Des variations quantitatives importantes ont été observées entre les compositions des huiles essentielles de feuilles d'oranger doux selon leur origine : Riverside en Californie à l'intérieur des terres ou Rancho Sespe sur la côte du Pacifique.

Notre expérience se rapporte à l'huile essentielle de bergamote au Mali - Bamako (C 8). Dans ce pays sahélien, on peut obtenir des fruits mûrs tout au long de l'année - que ce soit en saison sèche d'octobre à juin à condition d'irriguer, ou en saison des pluies de juin à septembre. Nous avons observé, sur plusieurs années consécutives, que la composition de l'huile essentielle des fruits mûrs (extraite à l'aiguille) variait régulièrement en fonction de la date de prélèvement : la teneur en alcools - linalol - croît régulièrement d'octobre (7 p. 100) à février (17 p. 100), puis décroît pendant l'hivernage. De même, la teneur en esters subit une variation régulière mais avec un maximum décalé vers la fin de la saison sèche - (40 p. 100 en juin - et un minimum à la fin de l'hivernage (20 p. 100 en septembre).

Nous avons également observé des variations importantes de la teneur en alcool de l'huile essentielle de bergamote au Maroc entre zone côtière (16 p. 100) et zone intérieure Marrakech (3 p. 100).

Comment s'effectue cette évolution de la composition des huiles essentielles d'agrumes ?

TABLEAU 3 - Evolution des critères analytiques de l'huile essentielle de bergamote en fonction de la date de récolte, au Mali (Bamako). (C 8).



On a pu croire avec CHARABOT que les glandes à essence sont le siège de réactions chimiques : hydrolyse, réduction, oxydation, estérification, induites par les conditions extérieures : sécheresse, éclaircissement, humidité, température, ou bien par le vieillissement des tissus.

NAVES (C 9), étudiant l'huile essentielle de feuilles de bigaradiers, a montré que l'acétate de linalyle ne provient

pas de l'estérification du linalol car l'acétate lévogyre devrait donner, par saponification, un linalol lévogyre (- 21,6°); or, le linalol qui l'accompagne est peu actif (- 1,44°).

On pense actuellement que les variations de la composition de l'huile essentielle proviennent d'une biosynthèse sélective capable de modifier à tout moment les rapports entre les divers constituants.

BIBLIOGRAPHIE

- C 1 - ATTAWAY (A.J.), PIERINGER (P.A.) and BARABAS (J.L.). 1967.
The origin of Citrus flavor components.
III.- A study of the percentage variations in peel and leaf oil terpenes during one season.
Phytochemistry, p. 25-32.
- C 2 - ATTAWAY (A.J.) and BUSLIG (S.B.). 1969.
The metabolism of linalool in Citrus plants.
Phytochemistry, vol. 8, 1671-1673.
- C 3 - BILLY (de F.) et PAUPARDIN (C.). 1971.
Sur l'évolution des huiles essentielles dans les tissus de péricarpe de citron (*Citrus limonia* OSBECK) cultivés *in vitro*.
C.R. Acad. Sci. Paris, Nov. T. 273, Ser. D. 1690-1693.
- C 4 - BOELEN (H.M.) and SINDREU (R.S.). 1986.
Essential oils from Seville bitter orange (*C. aurantium* L. ssp *amara* L.).
Proceedings of the 10th International Congress of Essential Oils, Fragrances and Flavors, Washington DC, USA, nov. 1986.
- C 5 - BRICOUT (J.) et PAUPARDIN (C.). 1974.
Sur la composition de l'huile essentielle de tissus de péricarpe de citron (*Citrus limonia* OSBECK) cultivés *in vitro*.
C.R. Acad. Sc. Paris, T 278, 719-722.
- C 6 - GEORGE-NASCIMENTO (C.) and CORI (O.). 1971.
Terpene biosynthesis from geranyl and neryl pyrophosphates by enzymes from orange flavedo.
Phytochemistry, p. 1802-1810.
- C 7 - HELLER (R.). 1969.
Biologie végétale.
II.- Nutrition et métabolisme.
Les lipoides : terpènes, stérols et caroténoïdes, p. 178-186.
- C 8 - HUET (R.). 1970.
Essai d'introduction d'une industrie de la bergamote au Mali.
Fruits, 25 (10), 709-715.
- C 9 - NAVES (Y.R.). 1966.
Qu'est-ce qu'une huile essentielle ?
Parf. Cosm., Sav., 9 (5).
- C 10 - PAUPARDIN (C.). 1976.
Sur la différenciation d'un tissu sécréteur et la formation d'huile essentielle par des tissus végétaux cultivés *in vitro*.
Actes du 101e Congrès national des Sociétés savantes, Lille, Sciences, fasc. 1, 619-628.
- C 11 - SCORA (W.) and TORRISI (S.). 1965.
Relation of taxonomic, climatic and tissue maturity factors to the essential oil.
Constituents in leaves and fruits in the Aurantioideae.
American Society for Horticultural Science, vol. 88.

à suivre

LOS ACEITES ESENCIALES DE LOS CITRICOS.

R. HUET.

Fruits, Jul.-Aug. 1991, vol. 46, n^o 4, p. 501-513.

RESUMEN - Los aceites esenciales se forman en la célula vegetal y se acumulan en los diversos órganos de la planta : pericarpio de los frutos, hojas, pétalos de flores de donde son extraídos por expresión en frío o por destilación. Estos pueden ser concentrados por destilación. Las diferencias de composición entre los extractos de diversas especies de cítricos : naranja dulce, naranja amarga, mandarina, pomelo, limón, lima, son más de orden cuantitativo que cualitativo. Se aislaron sin embargo algunos compuestos característicos.

Los aceites esenciales de los cítricos son el objeto de una explotación y de un comercio muy activo. Su composición fué normalizada para luchar contra los fraudes y las adulteraciones. Los mismos son utilizados como aromatizantes en las bebidas dulces o alcoholizadas, en pastelería y confitería. En los productos farmacéuticos, ellos sirven para disimular el gusto desagradable de los medicamentos. En perfumería, forman la base de numerosas composiciones, puras o más a menudo asociadas a moléculas sintéticas.

