

# L'AROME DE LA BANANE

par P. DUPAIGNE

*Institut français de Recherches fruitières Outre-Mer*

## L'AROME DE LA BANANE

P. DUPAIGNE (IFAC)

*Fruits*, Apr. 1970, vol.25, n°4, p. 281-291.

RESUME - La composition des matières volatiles constituant l'arôme de la banane a été longtemps mal connue. Les premiers travaux utilisant la chromatographie gazeuse se sont appliqués d'abord à l'étude d'autres fruits, comme la fraise, la pomme ou l'orange ; l'IFAC avait cependant décelé environ 70 composants volatils dans la banane, dès 1964. Ce n'est que tout dernièrement (de 1967 à 1969) que des études systématiques ont identifié un plus grand nombre de corps, sur 300 décelés au total ; mais les méthodes complexes utilisées pour la séparation et l'identification peuvent entraîner des modifications, des apparitions et des destructions des corps

Le parfum de la banane est très caractéristique et facilement identifié par n'importe quel consommateur ; on ne peut pas en dire autant de certains fruits, soit parce qu'ils restent peu connus du public (spécialement les fruits tropicaux rarement commercialisés), soit parce que leur arôme dépend largement de la variété du fruit et de son état ; ainsi, certains raisins hybrides rappellent des parfums aussi divers que celui de la framboise ou de l'oignon.

Pourquoi le parfum de la banane n'est-il pas plus largement prisé lorsqu'il est utilisé en alimentation pour les crèmes glacées, gaufrettes, confiseries ? La raison la plus vraisemblable est que les fabricants ont abusé de l'arôme synthétique de banane, facile à obtenir par des mélanges de composants existant ou n'existant pas dans l'arôme réel du fruit : il est devenu extrêmement usuel (aussi bien dans des produits pharmaceutiques que dans les colles de bureau et les vernis à ongles), de sorte que l'essor des arômes naturels ou renforcés finement en a été retardé.

volatils. L'arôme véritable n'est pas uniquement la somme des composés volatils ; il est d'ailleurs essentiellement variable selon les conditions écologiques, les variétés et la maturité.

C'est pourquoi toute énumération des constituants repérés doit être accompagnée d'une évaluation subjective de l'odeur et de son intensité. Les corps possédant l'odeur caractéristique du fruit sont rares, et le mélange de corps purs dans des proportions rappelant celles de l'arôme naturel n'a jamais pu reconstituer un produit identique ; cependant l'intérêt des travaux approfondis de ce genre est, outre la connaissance pure, d'améliorer la qualité des mélanges artificiels et surtout de permettre l'obtention d'extraits aromatiques, purs ou renforcés, ayant une grande finesse et conservant une bonne stabilité.

La deuxième raison est sans doute que l'étude approfondie du véritable arôme n'a pas vraiment été entreprise, ou tout au moins publiée, en raison de cette facilité d'obtenir un produit "rappelant bien" la banane.

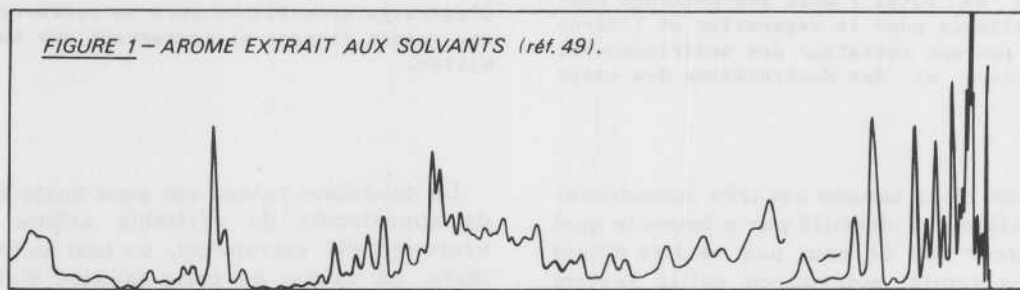
Il existe des formules nombreuses qui permettent de fabriquer un "arôme banane" (2, 4, 11) ; elles sont fort utilisées pour les produits alimentaires pour lesquels la réglementation ne s'y oppose pas. BENEZET (5) a proposé une liste de produits très divers, tels que le musc, le mimosa, les essences de citron, camomille et girofle, ajoutés à d'autres produits de synthèse, dont évidemment l'acétate d'amyle. Par contre, MERORY (40) dans son ouvrage, se contente d'ajouter à cet ester un poids presque égal d'acétaldéhyde et d'autres esters et alcools : butyrate et valérate d'amyle, caproate d'éthyle, propionate de benzyle, vanilline, héliotropine, coumarine et linalol ; quelques uns de ces corps ont effectivement été retrouvés dans l'arôme naturel. D'ailleurs, comme nous allons le voir, la composition de cet

arôme est loin d'être élucidée, et la recombinaison d'une odeur de fruit par l'adjonction quantitative des corps purs donnés par l'analyse est encore, pour le moment, presque impossible et d'ailleurs trop onéreuse.

La banane est encore un fruit qui, bien que sa production commerciale dépasse toutes les autres, est mal connu, du point de vue de ses composés volatils. Par exemple, on a déjà identifié beaucoup plus de corps dans l'arôme du café, de fraise, de framboise, de pomme ou de poire ; une revue qui date déjà de plus de trois ans (44) a énuméré les composés : 95 dans le cassis, 105 dans le raisin, 110 dans l'orange, 143 dans la fraise : elle n'en donne que 37 pour la banane. Or ceci ne représente qu'une fraction de ce qui existe vraiment et que l'on peut constater sur les chromatogrammes. Bien entendu, certains pics fournis par la chromatographie gazeuse correspondent en fait à des artefacts et n'entrent pas véritablement dans la composition de l'arôme du fruit ; d'autres proviennent de contaminations extérieures : par exemple HUET a montré que l'air du labora-

toire où l'on a épluché des oranges était assez riche en huile essentielle pour qu'on la retrouve par chromatographie dans la composition des matières volatiles de produits qui, a priori, n'en contiennent pas.

Sil'on se base sur le nombre de pics fournis par un système moderne de chromatographie gazeuse, il dépasse 300 pour la fraise ; pour la banane, ce chiffre n'est pas encore atteint ; sans doute la complexité de l'arôme de la fraise est supérieure à celle de la banane ; mais on doit remarquer aussi que les travaux modernes sur la banane sont encore peu nombreux. On peut le déplorer, certes, mais on peut aussi en déduire que les chercheurs futurs disposeront de toute l'expérience des recherches précédentes sur les arômes volatils. L'IFAC a pu fournir des résultats préliminaires dès 1964 (49), montrant déjà l'existence de 65 à 70 pics (fig. 1) et confirmant certaines acquisitions antérieures de chercheurs étrangers ; sans malheureusement poursuivre l'identification de ces corps, l'étude a pu démontrer l'importance du système de prélèvement.



## ÉTUDES ANCIENNES SUR LA COMPOSITION DE L'ARÔME

Les quelques articles généraux sur l'arôme des fruits (17, 21, 30, 37, 58) et les principaux ouvrages qui font autorité pour la culture et l'utilisation de ce fruit (KERVEGANT, VON LOESECKE, CHAMPION, SIMMONDS) n'apportent en général que peu d'informations sur les premières recherches dans ce domaine ; nous avons en vain cherché en botanique et en pharmacie d'autres indications sur "l'huile essentielle" ou le distillat de la pulpe.

Il est donc possible que la première identi-

fication de l'arôme date de 1905, lorsque ROTHENBACH et EBERLEIN (48) y découvrirent l'acétate d'amyle, accompagné de l'isovalérianate d'amyle et sans doute d'acétate d'éthyle ; encore l'identification était-elle simplement basée sur l'odeur des esters et de leurs produits de saponification. En 1912, KLEBER (31) n'a identifié que l'acétate d'amyle, mais par voie chimique ; en 1935, KERVEGANT (29) le cite dans son ouvrage, ajoutant que la banane même produit aussi des acides

volatils : acétique, formique et surtout valérianique. Les propres recherches de VON LOESECKE (32) sont rapportées, sans commentaire, en 1950 : les corps les plus abondants seraient l'acétate et le butyrate d'amyle, puis l'acétaldéhyde et enfin les alcools méthylique et éthylique. CERIGHELLI (12) dans son

ouvrage, les cite simplement en mentionnant actaldéhyde à la place d'acétaldéhyde, ce qui est sans doute une faute d'impression. Mentionnons en passant, que des différences sensibles peuvent se constater d'un auteur à l'autre, même lorsque les sources d'information sont les mêmes ; nous avons pu le vérifier en dressant le tableau ci-après (tableau 1).

TABLEAU I

Compositions trouvées pour les matières volatiles de la banane, par différents auteurs, jusqu'en 1967.

|                           |                       |
|---------------------------|-----------------------|
| Alcools : Méthanol        | Esters : Acétate de : |
| Ethanol                   | Méthyle               |
| Propanol 1                | Ethyle                |
| Propanol 2                | 1-Butyle              |
| Butanol 1                 | 2-Méthyl-Propyle      |
| 2-Méthylpropanol          | 2-Pentyle             |
| Pentanol 1                | 3-Méthyl-butyle       |
| Pentanol 2                | 1-Hexyle              |
| 3-Méthylbutanol           | Propionates de :      |
| Hexanol 1                 | 1-Propyle             |
| Hexanol 2                 | 2-Pentyle             |
| 2-3-Butylèneglycol        | Butyrates de :        |
| Acides : Acétique         | Ethyle                |
| Formique                  | Butyle                |
| Butyrique                 | 1-Butyle              |
| Carbonylés : Acétaldéhyde | 2-Méthyl-Propyle      |
| Pentanal 1                | 1-Pentyle             |
| Trans-Hexen-2-ol          | 2-Pentyle             |
| Butanone 2                | 3-Méthyl-Butyle       |
| 3-Hydroxy-2-Butanone      | Aromatiques :         |
| Méthyl-Butanone           | Eugénol               |
| Méthyl-Hexanone           | Méthyl-Eugénol        |
| Acétoïne                  | Elémicine             |

La recherche détaillée des constituants classiques (comme glucides et acides organiques, acides aminés, etc.) auxquels est liée la valeur nutritive a montré que les fruits mûrs contenaient du 2-3-Butylène-Glycol et de l'Acétyl-Méthyl-Carbinol (SERINI, 50), de l'acide acétique et de l'acide formique (WOLF, 64) ; de même qu'il est connu depuis longtemps que les bananes dégagent, dans les mûrisseries, de l'éthylène et des quantités notables de CO<sub>2</sub> : mais ces corps n'entrent pas, à proprement parler, dans la composition de l'arôme, bien qu'ils puissent être décelés dans les matières volatiles.

Ensuite, il faut attendre 1961 pour trouver

des résultats détaillés de l'analyse, par voie chimique conventionnelle d'une dizaine de constituants de fruits et de purée des variétés Gros Michel et Lacatan, publiés par HULTIN et PROCTOR, du MIT (23, 24, 25). Pour la première fois, on peut constater que l'acétate d'amyle n'est pas prédominant ; par contre, les composés carbonylés (Hexanal, Pentanone, Octanone) sont abondants : l'analyse quantitative dépend évidemment des conditions de maturité et de conservation des fruits. Un quatrième composé carbonylé n'avait pu être identifié, mais G. DUVERNEUIL (18) a pensé qu'il pouvait s'apparenter à un ester par une action semblable sur le développement de la couleur

jaune de la peau, l'isovalérianate d'isoamyle. Pour le moment, les résultats de l'analyse

moderne ne semblent pas avoir retrouvé cet ester (\*).

## ÉTUDES PLUS RÉCENTES

Ces techniques dites modernes ont, depuis les années 60, bouleversé nos connaissances et multiplié les résultats dans une mesure difficilement imaginable aux époques où l'analyse devait disposer avant tout de quantités importantes de produit purifié.

La chromatographie gazeuse a tout d'abord permis de distinguer un grand nombre de constituants dans un arôme complexe, puis elle s'est adjoint d'autres techniques instrumentales permettant d'identifier les corps à la sortie de l'appareil (spectrographie et spectrométrie, résonance magnétique nucléaire, etc.).

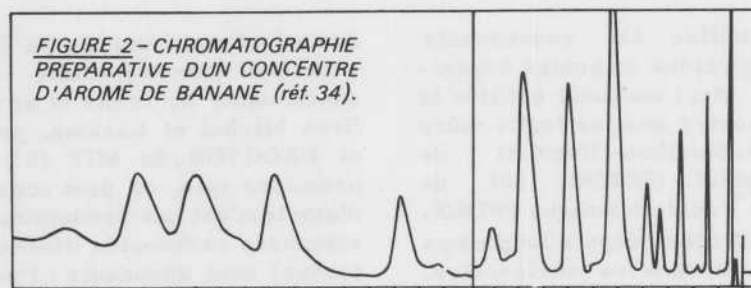
L'emploi de ces techniques nouvelles ne va pas sans difficultés, ainsi d'ailleurs que nous l'avions souligné en 1965, car elles peuvent faire intervenir des causes d'erreur et des interférences (49).

La première annonce officielle de résultats fournie par la chromatographie gazeuse a d'ailleurs précédé d'un mois la publication du travail analytique de HULTIN et PROCTOR; elle a été faite au cours d'un congrès annuel à Chicago, par une autre équipe de chercheurs du MIT; WICK, ISSENBERG et GOLDLITH (59); quelques composés ont été séparés par

chromatographie préparative et identifiés soit par spectrographie I.R., soit par le temps de rétention ou la comparaison avec des corps purs (fig. 2). Les publications de cette équipe se sont succédées jusqu'en 1966, apportant chaque année des compléments au travail (26, 27, 59 à 62); nous en avons eu connaissance lors du 1er Congrès international de la Science de l'Alimentation à Londres, en 1962 (26).

Une quinzaine de composés ont été identifiés avec certitude; plusieurs correspondent avec ce qui avait été trouvé précédemment, d'autres apparaissent pour la première fois, comme les hexanols et l'isovalérianate d'amyle; enfin on trouve trois composés à noyau aromatique assez abondants: Eugénol, Méthyléugénol et Elémicine (fig. 4).

Mais il nous faut revenir à cette période des premiers résultats fournis par chromatographie gazeuse; en effet, un groupe différent, (Alice MAC CARTY, J.K. PALMER, H. WYMAN, C. SHAW, E.E. ANDERSON - 33, 34, 35) travaillant également au Massachusetts, mais dans des Sociétés privées (United Fruit Co, Food and Flavor Lab.) a présenté également au Congrès de Londres (33) un travail fort intéres-



(\*) - La liste provisoire de 77 esters contenus dans les produits volatils extraits de la banane par TRESSL (56) mentionne un 3-Méthylbutyrate de 2 Méthylpropyle.

sant sur la banane, orienté vers un but plus pratique: quelle est l'évolution des principaux composants de l'arôme, en fonction de la maturation et parmi les corps séparés, quels sont

ceux qui semblent présenter au mieux le caractère distinctif de l'arôme de banane ? La différence des compositions s'est révélée également dans la variété, la Valéry étant plus éthérée que la Gros Michel (fig. 3). Le nombre total des composants identifiés, mais pas toujours sur les mêmes échantillons, atteint la vingtaine ; certains comme l'isobutanol, l'hexanol, l'acétate de butyle, n'avaient pas été signalés. Notons en passant que les principaux auteurs des deux groupes du Massachusetts se sont retrouvés pour présenter un travail en commun sur la banane en 1965 (61).

Depuis 1966, nous avons relevé quelques revues générales citant certains résultats qui semblent acquis (13, 14, 44, 53) et quelques travaux expérimentaux apportant une contribution à nos connaissances, encore bien incomplètes, sur la formation de l'arôme à partir de précurseurs, les enzymes, en somme la biochimie de la banane. Au fond, toutes les connaissances et toutes les techniques sont liées ;

une étude de 1968 (3) sur la biochimie et la valeur alimentaire de la banane, permet de faire le point (de nos ignorances ...), alors qu'un article récent (41) prouve que la chromatographie gazeuse n'est pas la seule technique de séparation des arômes : les matières volatiles de la banane peuvent être avec succès analysées par chromatographie liquide, avec solvants légers à basse température, sur plaques de silicagel. C'est pourquoi une recherche sur les arômes de la banane, même si elle est orientée vers un but limité (définition de l'état de maturité ou différences variétales ou écologiques), doit tenir compte de tout ce qui a été acquis précédemment, par exemple dans la composition des acides organiques, des acides aminés, ou dans l'évolution de l'atmosphère des mûrisseries. Remarquons en passant que les gaz émis par la banane pendant sa maturation (en particulier CO<sub>2</sub> et éthylène) ne sont pas comptés parmi les produits aromatiques des fruits.

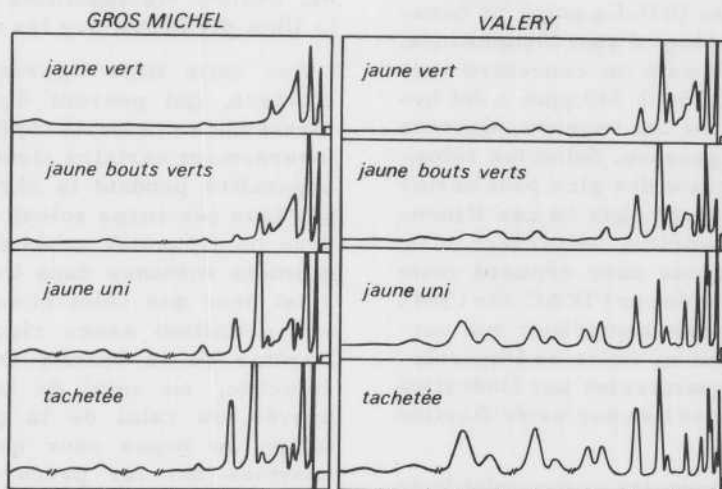


FIGURE 3—EVOLUTION DE L'AROMAGRAMME DE DEUX VARIETES DE BANANE EN FONCTION DE LA MATURATION (réf. 34).

## DERNIERS RÉSULTATS ACQUIS

Le travail de MURRAY et STANLEY (41), provenant d'Australie, a été suivi à la fin de l'année 1968 (42) par des résultats chiffrés de l'application de la méthode proposée, la séparation par chromatographie en couche mince sur silicagel, pour les alcools de la banane :

13 alcools ont été identifiés par spectrométrie de masse à partir de concentré débarrassé de son eau par relargage au sulfate d'ammonium (0,1 mg par kg de pulpe de banane Cavendish), mais sur les 10 qu'avaient découverts les auteurs antérieurs, seule la présence des alcools iso-

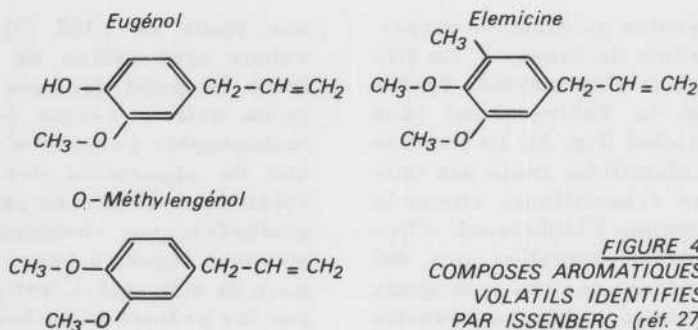


FIGURE 4  
COMPOSES AROMATIQUES  
VOLATILS IDENTIFIES  
PAR ISSENBERG (réf. 27)

butyliques et isoamyliques a été confirmée. Les cis et trans-4-Hexénols présents se retrouvent également dans les arômes de fruits différents, mais il n'est pas impossible que ce soient des artefacts ; par contre les 3 et 2 Hexénols manquent, sans doute détruits par l'hydrolyse.

Les résultats acquis, en particulier par l'équipe de WICK et ISSENBERG au MIT, viennent d'être complétés par l'identification d'une vingtaine d'alcools ou d'esters à l'aide d'un spectromètre de masse (63). La pulpe de banane mûre (Valéry) a été tout d'abord lyophilisée, afin d'éliminer l'eau ; puis un concentré aromatique représentant 150 à 340 ppm a été hydrolysé par la soude et les vapeurs séparées par chromatographie gazeuse. Selon les colonnes employées, le nombre des pics peut varier de 42 à plus de 200, mais dans ce cas l'identification par spectrométrie infrarouge n'est pas possible. Nous avons donc dépassé cette année les 70 pics annoncés par l'IFAC dès 1964 ; cependant les auteurs font remarquer que certains pics disparaissent au cours de l'hydrolyse, et que d'autres apparaissent par libération des alcools et des acides liés par estérification (fig. 5).

L'analyse systématique des corps volatils de la banane par une équipe allemande de l'Université de Karlsruhe de l'Institut de Chimie de Munich (R. TRESSL, F. DRAWERT, W. HEIMANN, R. EMBERGER) est en cours et un article récapitulatif vient d'être publié (55, 56). Il fait état des travaux antérieurs à 1966 et estime que sur 350 pics décelés par chromatographie gazeuse, 183 sont identifiés. Mais les composés volatils ne font pas automatiquement partie de l'arôme, car ils peuvent apparaître au cours des manipulations. L'extraction de pulpe de banane Gros Michel, parvenue à maturité après 10 jours d'entreposage à 15°, est effectuée par un broyage dans le méthanol,

puis une séparation au moyen d'un mélange pentane-chlorure de méthyle, et l'identification des corps séparés par chromatographie fait appel aux techniques évoluées ; en somme, ce sont des perfectionnements des procédés classiques de dosage des matières grasses, appliqués dès 1964 par M. GROSOIS et P. MAZLIAK à Bellevue (22) sur la banane réduite en poudre et épuisée à l'éther de pétrole ; 18 acides gras, à nombre pair d'atomes de carbone, avaient été identifiés : ils sont cités dans la liste présentée par les auteurs allemands.

Sur cette liste figurent un grand nombre d'esters, qui peuvent également avoir pris naissance au cours des opérations d'extraction. Inversement certains alcools et acides peuvent apparaître pendant la chromatographie. Bien que tous ces corps soient volatils, il est hasardeux de présumer qu'ils se trouvent automatiquement contenus dans l'arôme des bananes : c'est donc que celui-ci ne possède pas encore une définition assez rigoureuse ; s'agit-il de l'arôme de la banane fraîche et mûre, non épluchée, ou celui de la pulpe fraîchement broyée, ou celui de la pulpe laissée quelque temps au repos pour que puissent agir les enzymes sur les précurseurs d'arômes, ou encore celui des vapeurs surchauffées par la chromatographie ? C'est pourquoi nous avons volontairement simplifié le tableau complémentaire n° 2.

D'autre part, comment s'arrêter dans la définition de l'arôme d'un fruit ? Les méthodes devenant de plus en plus fines, on retrouve dans les matières volatiles une liste impressionnante de corps qui est presque identique, qualitativement d'un fruit à l'autre (et même d'un aliment à l'autre) ; fournir une liste aussi complète que possible reviendrait à donner une nomenclature à peine simplifiée de corps chimiques classiques systématiquement. Par con-

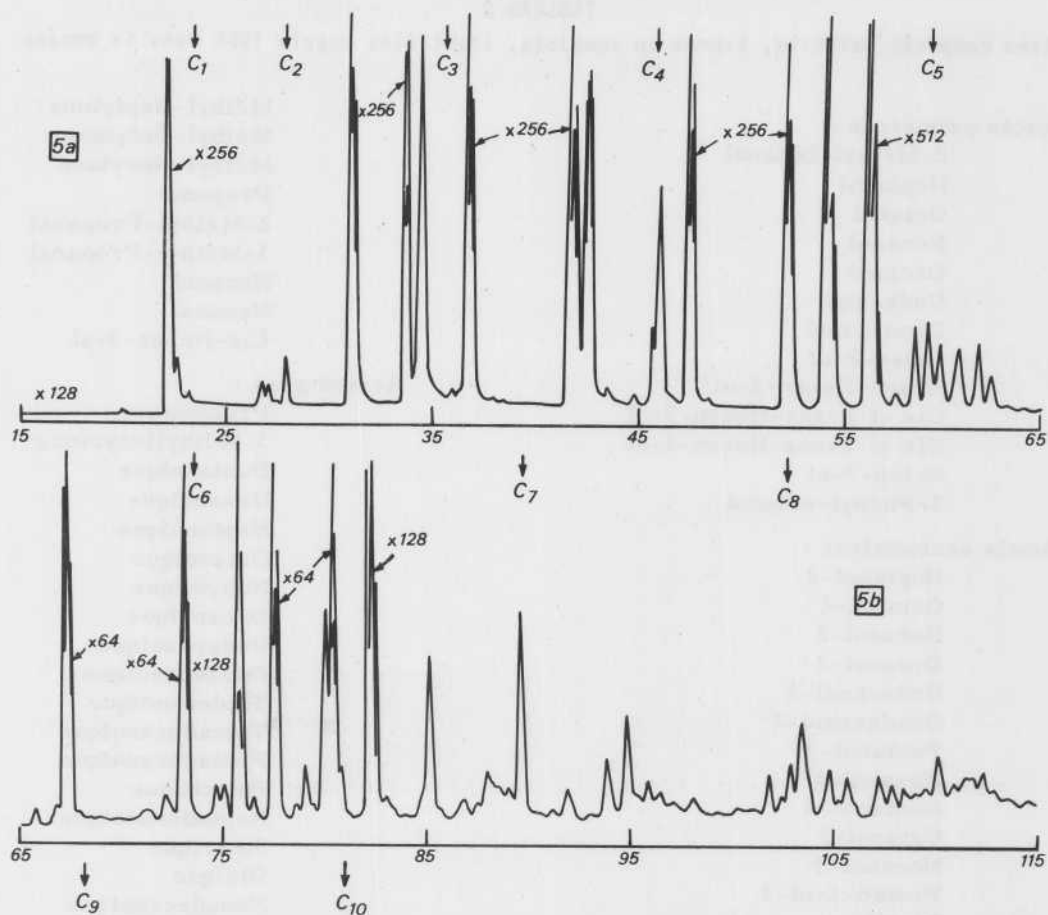


FIGURE 5 - CHROMATOGRAMME TOTAL D'UN CONCENTRE D'AROME DE BANANE (réf. 63)

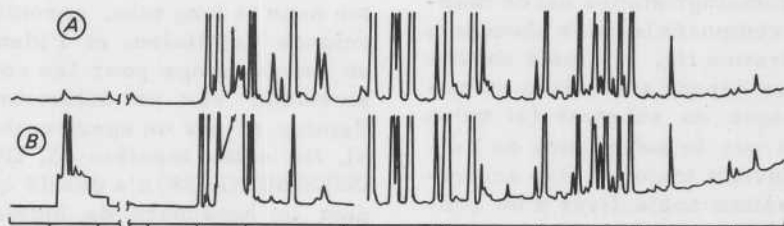
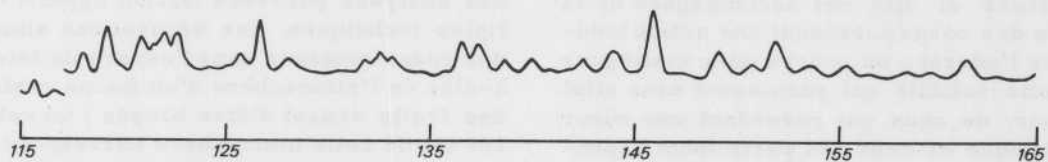


FIGURE 6 - (réf. 28). A - IONISATION DE FLAMME. B - SPECTROMETRIE DE MASSE.

TABLEAU 2

Autres composés volatils, libres ou combinés, identifiés depuis 1968 dans la banane

|                         |                      |
|-------------------------|----------------------|
| Alcools primaires :     | Méthyl-Heptylone     |
| 2-Méthyl-Butanol        | Méthyl-Octylone      |
| Heptanol                | Méthyl-Nonylone      |
| Octanol                 | Propanal             |
| Nonanol                 | 2-Méthyl-Propanal    |
| Decanol                 | 3-Méthyl-Propanal    |
| Undecanol               | Hexanal              |
| Duodecanol              | Nonanal              |
| Buten-2-ol              | Cis-Hexen-3-al       |
| Trans-Hexen-2-ol        |                      |
| Cis et Trans-Hexen-3-ol | Acides gras :        |
| Cis et Trans-Hexen-4-ol | Propionique          |
| Octen-3-ol              | 3-Méthylbutyrique    |
| 3-Phényl-ethanol        | Pentanoïque          |
|                         | Hexanoïque           |
| Alcools secondaires :   | Heptanoïque          |
| Heptanol-2              | Octanoïque           |
| Octanol-2               | Nonyloïque           |
| Nonanol-2               | Decanoïque           |
| Decanol-2               | Undecanoïque         |
| Undecanol-2             | Duodecanoïque        |
| Duodecanol-2            | Tridecanoïque        |
| Pentanol-3              | Tetradecanoïque      |
| Hexanol-3               | Pentadecanoïque      |
| Heptanol-3              | Palmitique           |
| Octanol-3               | Heptadecanoïque      |
| Nonanol-3               | Stéarique            |
| Penten-1-ol-3           | Oléique              |
| Linalol                 | Nonadecanoïque       |
| Carbonylés :            | Arachidique          |
| Méthyl-Butylone         | etc .                |
| Méthyl-Pentylone        |                      |
|                         | Esters : environ 80. |

tre l'analyse quantitative peut donner des indications utiles si elle est accompagnée de la recherche des corps possédant une action indéniable sur l'odorat : on pourra donc distinguer les produits volatils qui paraissent sans effet sur l'odeur, de ceux qui possèdent une odeur caractéristique et ceux qui participent cependant à l'arôme global.

L'intérêt des chromatogrammes est de montrer quels sont les composés les plus abondants (on en voit l'illustration fig. 5) ; mais comme l'intensité de l'odeur dépend aussi de la structure physico-chimique du substrat (et qu'on sait peu de choses sur le mécanisme de l'olfaction), l'analyse devrait toujours être accompagnée des impressions subjectives d'un connaisseur.

D'ailleurs les spécialistes du Massachussetts

s'efforcent de réaliser, en même temps que des analyses poussées faisant appel à de multiples techniques, des séparations simplifiées des corps contenus dans l'espace de tête, c'est-à-dire de l'atmosphère d'un flacon renfermant des fruits venant d'être broyés ; un volume de 100 ml de cette atmosphère correspond à celui d'une inspiration, lors d'un examen organoleptique ; la séparation des constituants s'effectue dans le long tube, enroulé en bobine, d'une colonne capillaire, et l'identification s'opère en même temps pour les corps élués successivement, par un détecteur à ionisation de flamme et par un spectromètre de masse (fig. 6). De cette manière G. QUAST (cité par P. ISSENBERG) (28) n'a décelé que 32 composants, dont le hexanoate de butyle, les (3-Méthyl-Propyl) et (3-Méthyl-Butyl)-3-Méthyl-Butyrate, et le 2-Méthyl-Propionate de Pentyle, qui



n'avaient pas été identifiés par les travaux précédents du MIT.

C'est pourquoi les auteurs des travaux les plus poussés préfèrent, sans doute par modestie, parler des compositions des matières volatiles que de la composition de l'arôme, soulignant implicitement qu'il est impossible de recomposer par voie synthétique un arôme naturel.

Soulignons néanmoins que cette conclusion ne doit pas être considérée comme négative : le travail considérable qui se réalise depuis peu dans ce domaine n'a pas uniquement pour

but la connaissance pure, sans application pratique ; au contraire, une connaissance de plus en plus fine des arômes naturels de fruits ne pourra que profiter à ceux qui proposent des extraits de fruits, qui soient de plus en plus stables, concentrés et non altérés par la technique de transformation, ainsi qu'aux utilisateurs de produits synthétiques qui, par leur mélange rappelleront au mieux l'arôme du fruit frais. Enfin, pour concilier les deux tendances, il reste une place pour le développement industriel du produit naturel, renforcé par quelques mélanges de synthèse lorsque la loi en permet l'utilisation.

## BIBLIOGRAPHIE

- 1 - Anonyme.  
Chemical nose analyses odours.  
*Food*, Jun. 1959, vol. 28, n° 333, p. 231.
- 2 - Anonyme  
Enhanced fruit flavor.  
*Food Eng.*, Oct. 1966, 38, 10, 178-180.
- 3 - AGOT (A.)  
Biochimie, physiologie et valeur nutritive de la banane  
*Alim. Vie*, Jan. 1968, 56, 1, 27-41.
- 4 - BEDOUKIAN (P.Z.)  
Aromatic constituents of food flavors.  
*Perf. Ess. Oils Rec.*, Dec. 1950, 41, 12, 445.
- 5 - BENEZET (L.)  
Les principaux arômes de synthèse de l'alimentation. Les essences de fruits.  
*Parf. Mod.*, Jan. 1951, 43, 22, 61-78.
- 6 - BERTON (A.)  
Application des osmopiles.  
*Ind. Alim. Agr.*, Mai 1961, 78, 5, 521-526.
- 7 - BHAGAVAN (H.) et RAJAGOPALAN (R.)  
Amino-acid make up of Banana.  
*Current Sci.*, 1956, 25, 7, 223.
- 8 - BOTTINI (E.)  
Influenza delle condizioni sulla maturazione delle banane.  
*R. Staz. Chim. Agr. Torino*, 1932 A, 12, 221.
- 9 - BUCKLEY (E.H.)  
Methods for studying the biosynthesis of volatile compounds  
*Plant Phys. ang.* 1962, 37, suppl. 47 (825).
- 10 - BURG (S.P.) et BURG (E.A.)  
Ethylene action and the ripening of fruit  
*Science*, mai 1965, 148, 3674, p. 1190-1196.
- 11 - BURGER (A.M.)  
Methoden zur Herstellen von Aroma.  
*Riechst. Arom.*, Jun. 1962, 12, 6, 207-211.
- 12 - CERIGNELLI (R.)  
Cultures tropicales  
Baillière, Paris, 1955.
- 13 - CHIRIS (A.) (Sté)  
La banane et son parfum - I.  
*Ind. Agr. Alim.*, Feb. 1967, 95.
- 14 - CHIRIS (A.) (Sté)  
La banane et son parfum - II  
*Revue CCCB*, Mars 1967, 42, 3, 19.
- 15 - CHAMPION (J.)  
Le bananier  
Maisonneuve, Paris, 1963.
- 16 - DITZ (E.)  
Problèmes analytiques de l'industrie des arômes alimentaires.  
*J. Int. Arômes alim. STPF*, Paris, oct. 1965
- 17 - DUPAIGNE (P.)  
Les arômes de fruits et leur récupération.  
*Fruits*, Mars 1959, 14, 3, 127-141.
- 18 - DUVERNEUIL (G.)  
Action de l'isovalerianate d'isoamyle comme activateur de coloration des bananes.  
*I.F.A.C.*, R.A. 1962, doc. 64, 8 p.
- 19 - FIDLER (J.C.)  
Volatiles  
*Inst. Int. Froid*, Annexe 1962, 3, 41-43.
- 20 - FREEBAIRN (H.T.) et BUDDENHAGEN (I.W.)  
Ethylene production by *Pseudomonas solanacearum*  
*Nature*, Apr. 1964, 202, 4929, 313-314.
- 21 - GIERSCHNER (K.) et BAUMANN (G.)  
Aromastoffe in Früchten

- Riechst. u. Aromen.*, Mai 1968, 18, 5, 179-184  
Jun. 68, 18, 6, 220-223, mars 1968, 18, 3,  
p. 94-98.
- 22 - GROSBOIS (H.) et MAZLIAK (P.)  
Les acides gras des lipides de la banane  
*Fruits*, Feb. 1964, 19, 2, 55-60.
- 23 - HULTIN (H.O.) et PROCTOR (B.E.)  
Changes in some volatile constituents of  
the Banana during ripening, storage, and  
processing.  
*Food. Techn.*, 15, 440-444, Oct. 1961.
- 24 - HULTIN (H.O.) et PROCTOR (B.E.)  
Banana aroma precursors  
*Food Techn.*, Feb. 1962, 16, 2, 108-113.
- 25 - HULTIN (H.O.)  
Volatile ester equilibria in plant tissue  
*J. Food Sci.*, Sep. 1962, 27, 5, 426-429.
- 26 - ISSENBERG (P.), NURSTEN (H.E.) et WICK (E.L.)  
Investigations on the volatile constituents  
of the banana. III.  
*Abst. Paper 1st Int. Congr. Food Sci. Tech.*  
London 1962, p. 23.
- 27 - ISSENBERG (P.) et WICK (E.L.)  
Volatile components of banana, I, II.  
*J. Agr. Food Chem.*, Jan. 1963, 11, 1, 2-8.
- 28 - ISSENBERG (P.)  
Mass spectrometry for flavor research.  
*Food Techn.*, Nov. 1969, 23, 11, 103-110.
- 29 - KERVEGANT (D.)  
Le bananier et son exploitation.  
*SEGMC*, Paris 1935.
- 30 - KIRCHNER (J.G.)  
Chemistry of fruit and vegetable flavors.  
*Adv. in Food Res.*, 1949, 2, 259.
- 31 - KLEBER (C.)  
The occurrence of amylicetate in banana.  
*Am. Perf.*, 1912, 7, 235.
- 32 - VON LOESECKE (H.)  
Bananas.  
*Interscience*, NY, 1950, p. 107-108.
- 33 - Mc CARTHY (A.I.) et PALMER (J.K.)  
Production of volatile compounds by the  
banana fruit during ripening.  
*Rep. 1st Int. Cong. Food Sci.*, London,  
Sep. 1962.
- 34 - Mc CARTHY (A.I.), PALMER (J.K.), SHAW (C.  
P.) et ANDERSON (E.E.).  
Correlation of gas chromatographic data with  
flavor profiles of fresh banana fruit  
*J. Food Sci.*, Jul. 1963, 28, 4, 379-384.
- 35 - Mc CARTHY (A.I.), WYNAN (H.) et PALMER (J.  
K.)  
Gas chromatographic identification of banana  
fruit volatiles  
*J. Gas Chromat.*, 1964, Apr., 2, 4, 121-124.
- 36 - Mc CARTHY (H.A.) et ORR (M.C.)  
Phenylalanine and Tyrosine in fruits.  
*Am. Diet. Assn. J.*, Feb. 1968, 52, 2, 130-134.
- 37 - Mc GLUMPHY  
Fruit flavors  
*Food Techn.*, Sep. 1951, 5, 9, 353.
- 38 - MACKAY (D.A.), LANG (D.A.) et BERDICK (M.)  
Objective measurement of odor.  
*Anal. Chem.*, 1961, 33, 1365.
- 39 - MANEK (P.V.) et FRIPP (P.J.)  
Free aminoacids of the green Banana.  
*Biochem. J.*, Nov. 1963, 89, 2, 79.
- 40 - MERORY (J.)  
Food Flavorings  
*Avi. Pub. Co.*, Westport, Corn. 1960.
- 41 - MURRAY (K.E.) et STANLEY (G.)  
Class separation of flavour volatile by liquid  
chromatography on silicagel.  
*J. Chromat.*, 1968, 34, 2, 174-179.
- 42 - MURRAY (K.E.), PALMER (J.K.), WHITFIELD  
(F.), KENNETT (B.H.) et STANLEY (G.)  
Volatile alcohols in ripe bananas.  
*J. Food Sci.*, Nov. 1968, 33, 6, 632-634.
- 43 - NOLBERGA (B.)  
Metionina. cistina. lisina y triptofano in  
alimentos.  
*Arch. Latinoam. Nutr.*, 1967, 17, 2, 111-116.
- 44 - NURSTEN (H.E.) et WILLIAMS (A.A.)  
Fruit aromas. A survey of components identi-  
fied.  
*Chem. and Ind.*, Mars 1967, 22, 485-497.
- 45 - PALMER (J.K.)  
Organic acids in the banana  
*Plant Physiol.*, Aug. 1963, 38, 2, 30.
- 46 - PRIBELA (A.)  
Studium prchavych organickych iatok v plodock  
*Biologia CS.*, 1965, 20, 3, 173-180.
- 47 - RAZAKAMANANTSOA (S.)  
Action des différents produits volatiles émis  
par la banane au cours de sa maturation sur  
la croissance de *Gloeosporium musarum*.  
*Fruits*, Dec. 1966, 21, 11, 597-604.
- 48 - ROTHENBACH (F.) et EBERLEIN (L.)  
Über das Vorkommen von Estern in der Früchten  
der Bananen  
*D. Essigind.*, 1905, 9, 81.
- 49 - SCHWOB (R.) et DUPAIGNE (P.)  
L'arôme des fruits et légumes  
*Ann. Nutri. Alim.*, 1965, 19, 6, 481-536.
- 50 - SERINI (G.)  
Corrélation entre la teneur en 2-3-butylène-  
glycol et acétyl-méthyl-carbinol et le degré  
de maturité des fruits.  
*Ann. Sper. Agra.*, Rome, 1956, 10, 857.
- 51 - SIMMONDS (N.W.)  
Bananas.  
*Longmans*, Londres 1966.
- 52 - STEWART (F.C.) et HULME (A.C.)  
Physiological investigations on the banana

- plant  
*Ann. Bot. NS*, 1960, 24, 83-157.
- 53 - SWAINE (R.L.)  
Flavoring material up date  
*Ann. Perf.*, Feb. 1967, 82, 2, 33-45.
- 54 - Von SYDOW (E.)  
Evaluacion del odor y sabor de productos alimenticion  
*Inf. Cons.*, Sep. 1964, 12, 129, 354-359.
- 55 - TRESSL (R.), DRAWERT (F.), HEIMANN (W.) et EMBERGER (R.)  
Gaschromatographische Bestandaufnahme von Bananen Aromastoffen.  
*Z. Naturforsch.*, 1969, 24 B, 781-783.
- 56 - TRESSL (R.), DRAWERT (F.) et HEIMANN (W.)  
*Z. Lebensmittel Unt. u. Forsch.*, (sous presse).
- 57 - VENKATESMARA, THIRNMALA (R.S.)  
Banana peel wax.  
*Ind. J. Appl. Chem.*, 1965, 28, 6, 210-211.
- 58 - VERLENGIA (F.)  
Componentes volatiles de la banana  
*Bol. Centro Tr. Pesc. Tecn. Alim.*, 1965, 5, 5-17.
- 59 - WICK (E.L.), ISSENBERG (P.), FOLDBLITH (S.A.)  
An investigation of the volatile components of ripe banana  
Paper 22 A - 140 th Meeting ACS, Div. Agr. Food Chem., Chicago, 3-8 Septembre 1961.
- 60 - WICK (E.L.)  
Chemical and sensory aspects of the identification of the odor constituents of foods.  
*Food Techn.*, Mai 1965, 19, 5, 145-204.
- 61 - WICK (E.L.)  
Volatile banana components, a consideration of flavor and biochemistry  
149th Meeting Div. Agr. Food Chem., Detroit 4-9 April 1965.
- 62 - WICK (E.L.), Mc CARTHY (A.I.), MYERS (M.) MURRAY (E.), NURSTEN (H.) et ISSENBERG (P.)  
Flavor and Biochemistry of volatile banana components.  
*Adv. in Chem.*, n° 56, 241-250, 1966.
- 63 - WICK (E.L.), YAMANISHI (T.), KOBAYASHI (A.), VALENZUELA (S.) et ISSENBERG (P.)  
Volatile constituents of banana, var. Valery  
*J. Agr. Food Chem.*, Jul. 1969, 17, 4, 751-759.
- 64 - WOLF (J.)  
Organischen Säuren der Banane  
*Z. Leb. Unt. Forsch.*, 1958, 107, 124-131.
- 65 - WYMAN (H.) et PALMER (J.K.)  
Organic acids in the ripening Banana.  
*Plant Physiol.*, Jul. 1964, 39, 4, 630-633.
- 66 - ISSENBERG (P.), KOBAYASHI (A.) et MYSLIWIY (T.J.)  
Combined Gas chromatography - Mass spectrometry in flavor Research.  
*J. Agr. Food Chem.*, Nov. 1969, 17, 6, 1377-1386.

