

# ANALYSE DES PRODUITS VOLATILS ÉMIS PAR LES POMMES

par **Nicole PAILLARD**

*Laboratoire de Physiologie végétale appliquée, Sorbonne  
et Station du Froid de Bellevue C. N. R. S.*

L'étude chimique des produits organiques volatils émis par les pommes pose deux problèmes : la *capture* de ces produits (qui sont émis en très faible quantité) et l'*analyse* proprement dite.

De nombreux travaux ont été publiés, donnant une analyse plus ou moins détaillée de l'arôme de pomme. Les auteurs ont résolu de façons très différentes le problème de la capture, mais aucune de ces méthodes n'est entièrement satisfaisante. La distillation est une technique particulière car elle vise à séparer les produits volatils odorants contenus dans le fruit et non les produits volatils dégagés. Elle a été mise au point par POWER et CHESNUT (11), puis adaptée par MILLEVILLE et ESKEW (9) en vue de la production industrielle d'essence de pomme. Les autres techniques tendent au contraire à capturer les produits volatils émis par les fruits. L'absorption par un réactif a été employée par WALLS (17) qui utilise l'acide sulfurique activé ou non par le sulfate d'argent. HUELIN (6) choisit une solution concentrée de métabisulfite de potassium, contenue dans un serpentín et refroidie par de la glace. Le piégeage à froid décrit par MEIGH (8), permet de recueillir les produits volatils purs, mais cette opération est gênée par le dépôt simultané d'une grande quantité de glace. L'adsorption sur du charbon actif a été utilisée d'abord par HENZE, BAKER et QUACKENBUSH (5) qui font suivre cette fixation d'une extraction à chaud par l'éther. Elle a été reprise par STRACKENBROCK (12) qui récupère les produits volatils par désorption.

Les problèmes concernant l'analyse du mélange odorant ont été transformés par l'apparition de la chromatographie en phase gazeuse. Les méthodes d'analyse décrites dans les travaux anciens comportaient la séparation du mélange en séries homologues par formation de dérivés : par exemple les aldéhydes et cétones étaient transformées en 2-4 dinitrophénylhydrazones, les alcools en 3-5 dinitrobenzoates, les acides en sels. Les esters étaient hydrolysés et l'analyse faite séparément pour les acides et les alcools constitutifs. La spectrophotométrie infra-rouge et la spectrographie de masse n'ont pas donné de résultats définitifs car les analyses ont été exécutées sur le mélange (15).

La chromatographie en phase gazeuse permet la séparation immédiate et l'analyse directe des mélanges odorants. Les travaux récents utilisant cette méthode révèlent dans l'arôme de pomme une part importante d'esters qui n'avaient pu être identifiés auparavant.

Les principaux résultats publiés sont réunis dans un tableau comparatif (tableau 1). Il faut remarquer que ces analyses ont été faites avec des variétés de pommes différentes ; elles ne sont donc pas absolument comparables.

Nos propres analyses ont porté sur les produits organiques volatils émis par les pommes de la variété 'Calville blanc'. La capture du mélange odorant a été effectuée par la méthode d'adsorption sur du charbon mise au point par STRACKENBROCK. Après désorption, le mélange recueilli est analysé par chromatographie en phase gazeuse. L'appareil utilisé est un chromatographe Shandon équipé d'un détecteur à ionisation de flamme. La technique a d'abord été vérifiée sur des mélanges de substances témoins, puis elle a été appliquée à l'analyse des produits volatils odorants émis par les pommes.

## I. MISE AU POINT DE LA MÉTHODE DE CAPTURE SUR CHARBON ACTIF

### Description de la méthode.

*Adsorption.* Les produits volatils sont entraînés par un courant d'air à travers une colonne remplie de charbon actif où ils sont adsorbés.

Différentes qualités de charbon ont été essayées : elles semblent donner des résultats identiques, au moins lorsqu'on se trouve loin de la saturation. On a retenu le charbon végétal activé en grains Prolabo. L'adsorbant doit être sous forme de grains pour ne pas provoquer une trop forte perte de charge dans la colonne. Des essais avec des substances témoins ont montré que le charbon actif peut adsorber une quantité de produits volatils égale à 10 % de son poids. D'après TURK et VAN DOREN (15), qui ont établi la courbe d'adsorption de quelques charbons actifs, ce taux atteint 23 % au moment de la saturation ; cependant, par mesure de sécurité, dans le cas de l'arôme de pomme, on a toujours employé une quantité de charbon telle que ce pourcentage ne dépasse pas 5 %,

car le rapport limite varie avec la nature des substances présentes. On a vérifié également que la présence de vapeur d'eau dans l'air qui traverse la colonne ne diminue pas le pouvoir adsorbant dans les limites indiquées.

Ainsi fixés, les produits organiques volatils peuvent être conservés pendant plusieurs mois avant leur analyse.

*Désorption.* L'adsorption diminue lorsque la pression décroît et lorsque la température s'élève ; on fera donc la désorption du charbon sous vide en chauffant.

Le charbon est d'abord séché par lyophilisation ; il adsorbe peu d'eau mais une quantité malgré tout suffisante pour gêner la récupération des produits volatils.

Pour effectuer la désorption, le charbon est chauffé sous vide, et les produits volatils qui se dégagent sont condensés à  $-80^{\circ}\text{C}$ . L'appareil est représenté schématiquement sur la figure 1.

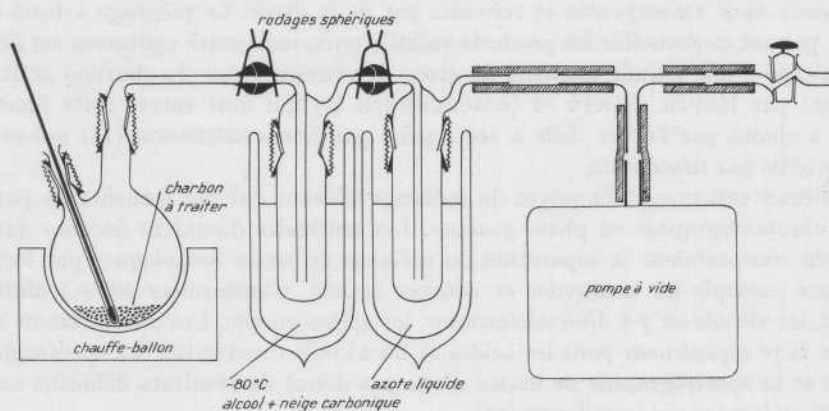


FIG. 1. — Désorption du charbon sous vide.

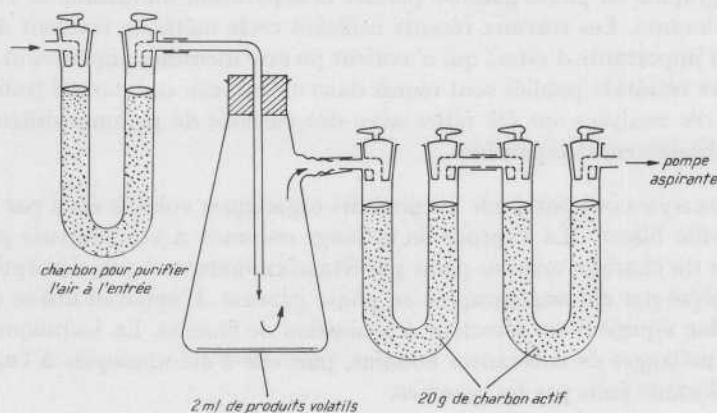


FIG. 2. — Adsorption d'un mélange de produits volatils témoins.

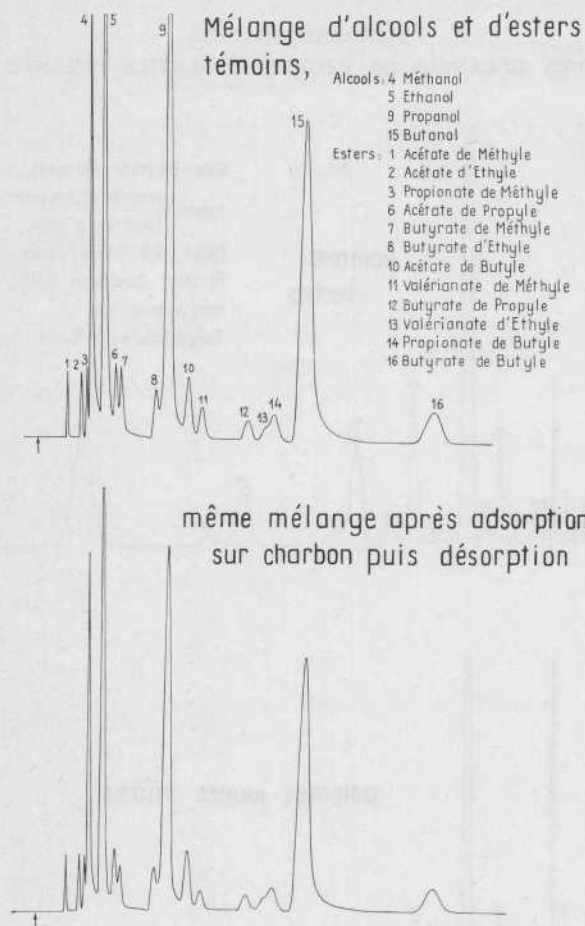


Fig. 3. — Variation de la technique d'adsorption de produits volatils sur du charbon actif.

## II. ANALYSE DES PRODUITS VOLATILS ÉMIS PAR LES POMMES ' CALVILLE '

L'expérience décrite a été réalisée avec 60 pommes (soit 8,540 kg) récoltées au mois d'octobre et conservées jusqu'en décembre dans une chambre froide à + 4° C. les fruits sont verts au début de l'expérience. Ils sont placés dans une enceinte étanche (grand dessiccateur) parcourue par un courant d'air. Sur ce circuit sont interposés plusieurs tubes absorbants; le premier, placé en amont, purifie l'air; deux autres, à la sortie, contiennent chacun 20 g de charbon et recueillent les produits volatils émis (fig. 4).

Ce dispositif est monté dans une chambre à température constante (15° C).

Les tubes de charbon sont changés toutes les semaines pendant trois semaines.

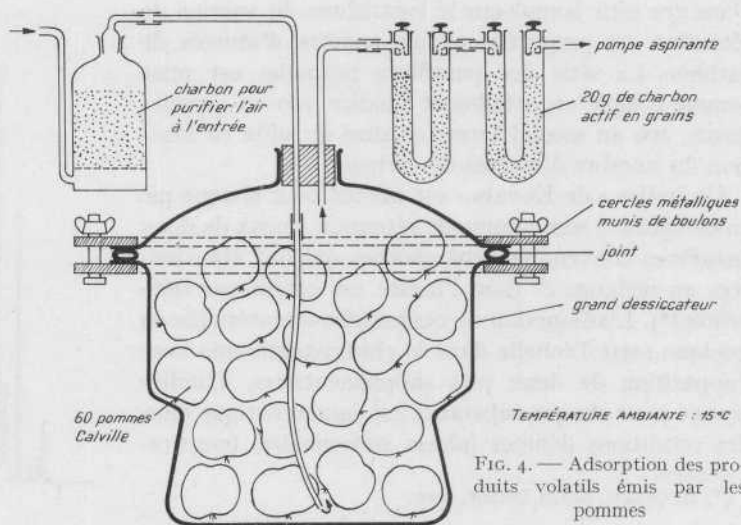


Fig. 4. — Adsorption des produits volatils émis par les pommes

Lorsque le vide limite est atteint ( $10^{-3}$  mm de mercure), on chauffe lentement le charbon avec un chauffe-ballon de telle manière que la température s'élève progressivement jusqu'à 250° C. Les produits volatils qui se dégagent se condensent dans le premier piège. Ils sont recueillis avec de la neige carbonique et conservés à - 40° C dans un flacon hermétiquement bouché. L'analyse par chromatographie en phase gazeuse est faite dans les délais les plus courts.

### Contrôle de la validité de la méthode d'extraction.

Un mélange de produits connus est placé dans une enceinte étanche parcourue par un courant d'air; à la sortie, deux colonnes de charbon recueillent les vapeurs entraînées (fig. 2).

Le charbon est ensuite lyophilisé puis chauffé sous vide pour effectuer la désorption. Le mélange restitué par le charbon et le mélange original sont tous deux analysés par chromatographie.

Les chromatogrammes obtenus étant superposables (fig. 3), les deux mélanges sont qualitativement et quantitativement semblables; les substances choisies n'ont donc pas été transformées. Le rendement de l'opération, c'est-à-dire le rapport du poids de mélange volatil récupéré au poids de mélange volatil évaporé, calculé à la suite de plusieurs expériences a donné des chiffres de l'ordre de 0,7. Nous nous employons à accroître ce rendement, mais nous avons pensé qu'il était déjà suffisamment élevé pour entreprendre des analyses.

Après désorption des deux tubes d'un même lot, le mélange odorant est recueilli à basse température. Il se présente sous forme d'une huile incolore ou jaunâtre à odeur de pomme, qui produit sur le papier une tache disparaissant peu à peu par évaporation.

Le premier lot a donné 0,74 g de produits volatils, le second 0,33 g et le troisième 0,31 g, soit au total 1,38 g de mélange, produits par 8,540 kg de pommes en trois semaines. On peut donc estimer la production moyenne de substances volatiles dans nos conditions expérimentales à 7,7 mg par kilo de fruits et par jour.

### Chromatographie des trois mélanges.

Les mélanges odorants recueillis sont analysés par chromatographie en phase gazeuse sur une colonne de 4 mètres remplie de Fire Brick 60/80 mesh imprégné de 20 % de Carbowax 1500. Le gaz vecteur est un mélange de 75 % d'hydrogène et de 25 % d'azote. La température de la colonne est maintenue à 64° C. La quantité de mélange introduite dans l'appareil est relativement faible : environ 5  $\mu$ . On a obtenu dans ces conditions les trois chromatogrammes de la figure 5.

Ces chromatogrammes montrent un certain nombre de grands pics, auxquels nous nous intéresserons plus particulièrement ici et de nombreux petits pics qui correspondent à des traces de substances (moins de 1 % du mélange).

### Calcul des « indices de Kovats ».

La détermination des substances correspondant aux différents pics a été obtenue à l'aide de leur indice de rétention calculé selon la méthode de Kovats (1-2). Dans une série homologue le logarithme du volume de rétention est proportionnel au nombre d'atomes de carbone. La série des paraffines normales est prise comme échelle en attribuant l'indice 100 au premier terme, 200 au second terme et ainsi de suite en fonction du nombre d'atomes de carbone.

Un indice « de Kovats » est calculé pour chaque pic en comparant son volume de rétention à ceux de deux paraffines convenablement choisies qui ont été ajoutées au mélange et dont l'indice est connu par définition (\*). L'adjonction de ces paraffines matérialise en quelque sorte l'échelle dans le chromatogramme avec l'apparition de deux pics supplémentaires. L'indice trouvé pour chaque substance est caractéristique dans des conditions définies (phase stationnaire, tempéra-

(\*) Ici Octane, 800 et Décane, 1000.

### CHROMATOGRAPHIE DES MÉLANGES DE PRODUITS VOLATILS OBTENUS

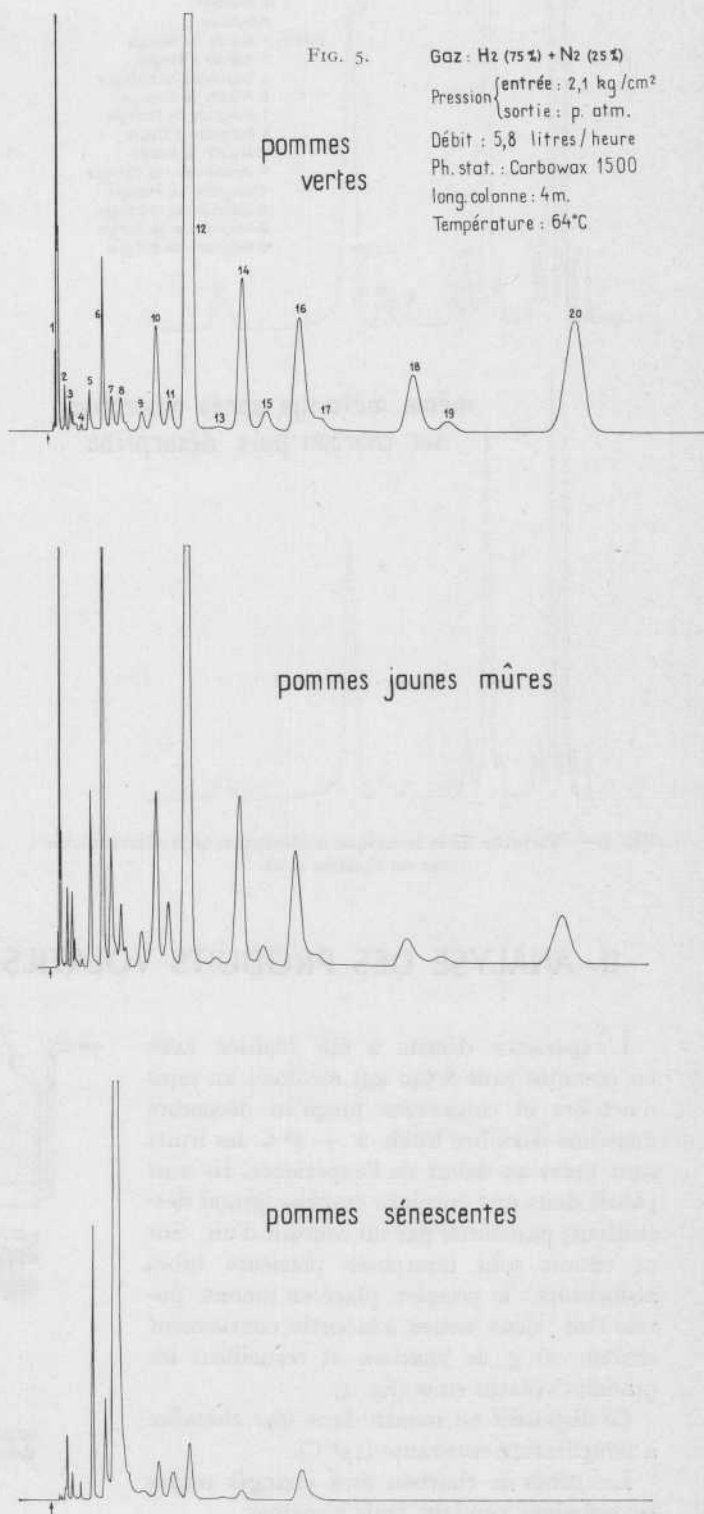


TABLEAU I  
Composition de l'émission organique volatile des pommes.

	1922	1950	1951 1952	1953	1956	1961	1964	1964	1965
	POWER CHESNUT	WHITE	THOMPSON HUELIN	HENZE BACKER QUACKENBUSH	MEIGH	STRACKEN- BROCK	NISHI- MURA HIROSE	I.R.S.I.A. LECRENIER	PAILLARD
Technique	distillation	distillation fractionnée	adsorption dans réactif	adsorption charbon extraction	piegeage à froid	adsorption charbon désorption	essence de pomme	atmosphère surmontant jus de pomme	adsorption charbon desorption
Variétés de pommes	Ben-Davis Golden-Beauty Springdales	Mc-Intosh Stayman- Winesap	Granny- Smith	atmosphère chambre de stockage de pommes	Laxton- Superb Edward VII Cox's- orange pippin	Golden delicious Boskoop Cox orange Ontario etc ...	Kogyoku	Golden delicious Cox orange Jonathan etc ..	Calville
<b>Aldéhydes et cétones :</b>									
Formaldéhyde			++	++	+		+		+
Acétaldéhyde	++	++	++	++	+		+		+
Propionaldéhyde									
Butylaldéhyde					+		+		
Caproaldéhyde		+							+
Hexanal									
Nonylaldéhyde									+
Hexènal									
Isobutanol					+				
Acétone		+	+	++	++	+			+
Méthyl-Ethylcétone					+				
Furfurol	++	+							
<b>Alcools :</b>									
Methanol	+.+	+.+	+.+	+.+	+			+	+.+
Ethanol	+.+	+++.	+.+	+.+	+.+	..	+.+	+.+	+++.
Propanol		+	+.+	+	+	+	+	+	+.+
Butanol		+.+	+.+	+.+	+.+	+++...	+++.	+++.	+++...
Alc. amylique	+.+		+.+	+.+	+.+	..	+.+	..	..
Alc. hexylique		++	+.+	+.+	+.+	+	+.+	..	..
Iso propanol		+.+		..	+.+				+.+
Iso Butanol		+			+.+				+.+
Alc. Isoamylique					+.+				
<b>Esters :</b>									
Acétate de méthyle								+	
Acétate d'éthyle		+						++	++
Propionate d'éthyle		+						+	+
Butyrate d'éthyle		+							+
Valérianate d'éthyle							++		
Caproate d'éthyle		+					++	+	+
Acétate de propyle								+	+
Butyrate de propyle								+	+
Valérianate de propyle									+
Acétate de butyle						++++	+++	++++	++++
Propionate de butyle									+
Butyrate de butyle						+++			+
Caproate de butyle						+			+
Acétate d'amyle						+	+		+
Butyrate d'amyle						+			+
Acétate d'hexyle						+++	+		
Propionate d'hexyle						+			
Acétate d'isoamyle						+++			
<b>Acides :</b>									
Acide formique	..	..	+.+	+.+	..			..	..
acétique	..	..	+.+	+.+	..	....	..	....	....
propionique	..	..	..	..	..	..	..	..	..
butyrique	..	..	..	..	..	..	..	..	..
valériannique	..	..	..	..	..	..	..	..	..
caproïque	..	..	..	..	..	..	..	..	..
caprylique	..	..	..	..	..	..	..	..	..
isovaléririque	..	..	..	..	..	..	..	..	..
benzoïque							+		

Remarque : + présence de la substance à l'état libre ; . à l'état estérifié (acide ou alcool)  
la répétition du signe + ou . est le signe de l'abondance du produit.

TABLEAU II  
Détermination des pics d'après leur indice.

n° pic	indice pic inconnu	indice des témoins	constituants
1	655	650	Acétaldéhyde ?
4	845	850	Acétone ?
5	890	885-895	Acétate d'Ethyle
6	940		
7	954	950-955	Ethanol
8	984	978-984	Propionate d'Ethyle
9	1020	1015-1020	Acétate de Propyle
10	1040	1038-1045	Acétate d'Isobutyle
11	1060	1055-1062	Butyrate d'Ethyle
12	1080	1075-1082	Propanol
13	1102	1095-1102	Acétate de Butyle
14	1130	1098-1105	Aldéhyde Hexylique
15	1150	1126-1135	Iso-butanol
16	1168	1140-1150	Butyrate de Propyle
17	1180	1145-1153	Valérianate d'Ethyle
18	1224	1162-1170	Propionate de Butyle
19	1236	1175-1182	Butanol
20	1270	1220-1230	Acétate d'Amyle
		1230-1240	Butyrate de Butyle
		1268-1274	Valérianate de Propyle
			Acétate d'Hexyle

TABLEAU III  
Composition de l'émission organique volatile des pommes (exprimée en %)

n° des pics	constituants	% ds mélange 1 1ère semaine	% ds mélange 2 2ème semaine	% ds mélange 3 3ème semaine
1	Acétaldéhyde	0,56	4,9	
2		0,32	0,59	
3		0,26	0,57	
5	Acétate d'Ethyle	0,58	2,03	5,4
6		2,54	6,5	2,72
7	Propionate d'Ethyle	0,62	2,75	77
8	Ethanol			
9	Acétate de Propyle	0,48	1	
10	Acétate d'Isobutyle	0,55	0,90	0,54
11	Butyrate d'Ethyle	4	5,3	1,85
12	Propanol	1	2,08	2,25
13	Acétate de Butyle	42,6	33,3	3,9
14	Iso-Butanol		2,5	
15	Aldéhyde Hexylique			
16	Butyrate de Propyle	9,6	10,2	0,98
17	Propionate de Butyle			
18	Valérianate d'Ethyle	1,05	1	
19	Butanol	10,2	10,1	4,9
20	Acétate d'Amyle	0,8	1,3	
	Butyrate de Butyle	0,3	3,3	
	Valérianate de Propyle	1,16	6,6	
	Acétate d'Hexyle	17,7	7,8	

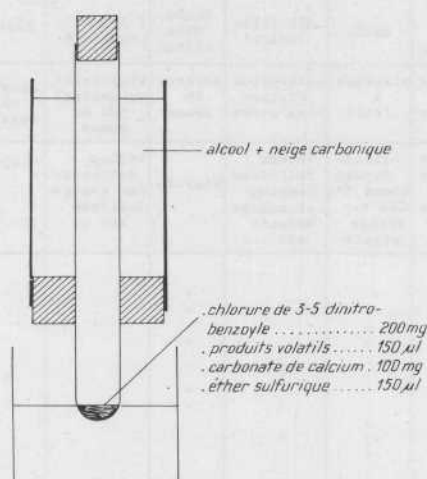


FIG. 6. — Précipitation des alcools sous forme de 3-5 dinitrobenzoates.

ture, débit...). Après avoir calculé de même l'indice « de Kovats » de toute une gamme de corps purs témoins, la détermination sera faite par comparaison des indices.

On a calculé ainsi les indices de tous les constituants du mélange et on les a comparés aux indices de substances pures témoins mesurés dans les mêmes conditions (Tableau 2).

#### Élimination des constituants ayant la même fonction chimique.

Une détermination complémentaire de certains pics a été faite par une technique différente.

On combine les constituants ayant une même fonction chimique avec un réactif caractéristique de cette fonction de manière à obtenir un dérivé non volatil. La réaction se traduit donc sur le chromatogramme par la disparition, ou la diminution (si la réaction n'est pas complète) des pics correspondant à la fonction considérée. On éliminera par exemple les alcools en faisant des 3-5 dinitrobenzoates, les aldéhydes et cétones en faisant des semicarbazones; les pics qui échapperont à ces deux réactions seront des esters, les acides n'étant pas détectables dans ces conditions d'analyse.

Pour éliminer les alcools par formation de 3-5 dinitrobenzoates on introduit au fond d'un tube à essai :

- 200 mg de chlorure de 3-5 dinitrobenzoyle,
- 150  $\mu$  l de produits volatils,
- 100 mg de carbonate de calcium,
- 150  $\mu$  l d'éther sulfurique comme solvant.

Le tube à essai est entouré à mi-hauteur d'un réfrigérant contenant un mélange d'alcool et de neige carbonique, mais la base du tube est plongée dans un bain-marie d'eau bouillante et portée à ébullition douce pendant 20 minutes (fig. 6). Le tube est ensuite refroidi et il y a formation d'un précipité. Le surnageant donne un chromatogramme qui montre la disparition de certains pics. Leur temps de rétention correspond exactement à ceux d'alcools et l'adjonction des témoins dans le mélange provoque la réapparition de ces pics aux mêmes emplacements (fig. 7).

Il a été vérifié à l'aide de mélanges de corps purs connus que cette réaction faisait disparaître uniquement les alcools et n'affectait aucun autre constituant.

Nous avons essayé d'éliminer de même les aldéhydes sous forme de semicarbazones. Le chromatogramme obtenu après la réaction n'a présenté aucune disparition de pic important; quant aux pics du début identifiés d'après leur indice de Kovats, leur diminution peut être seulement due à une évaporation. Il semble y avoir aussi une diminution du pic n° 12 identifié précédemment comme étant l'isobutanol; c'est peut-être un mélange non séparé d'isobutanol et d'aldéhyde hexylique (ces deux substances ont des indices de Kovats très proches: Aldéhyde hexylique 1096, Isobutanol 1104).

Sur la figure 8 sont indiqués les noms des substances déterminées.

#### Recherches des acides gras libres à courte chaîne.

La chromatographie est faite dans des conditions permettant l'analyse directe des premiers termes de la série normale des acides gras ( $C_1$  à  $C_6$ ). La phase stationnaire comprend 10 % d'acide stéarique dans de l'huile de silicone DC 550 imprégnant du chromosorb. La colonne a une longueur de 1,20 m et la température est de 100° C. Les chromatogrammes obtenus n'ont permis d'identifier aucun pic d'acide libre dans le mélange odorant.

#### Analyse quantitative.

La surface limitée par un pic est proportionnelle à la quantité de substance introduite. Les aires sont calculées par triangulation et la surface de chaque constituant est comparée à la somme des aires limitées par les pics; la fraction obtenue est exprimée en pourcentage. Les résultats de ces calculs sont groupés dans les tableaux 3 et 4.

Produits volatils émis par les pommes  
Calville blanc,

Gaz : H<sub>2</sub> (75%) + N<sub>2</sub> (25%)  
 Pression { entrée : 2,1 kg/cm<sup>2</sup>  
 sortie : p. atm.  
 Débit : 3 litres/heure  
 Ph. stat. : Carbowax 1500  
 long. colonne : 4 m.  
 Température : 64°C

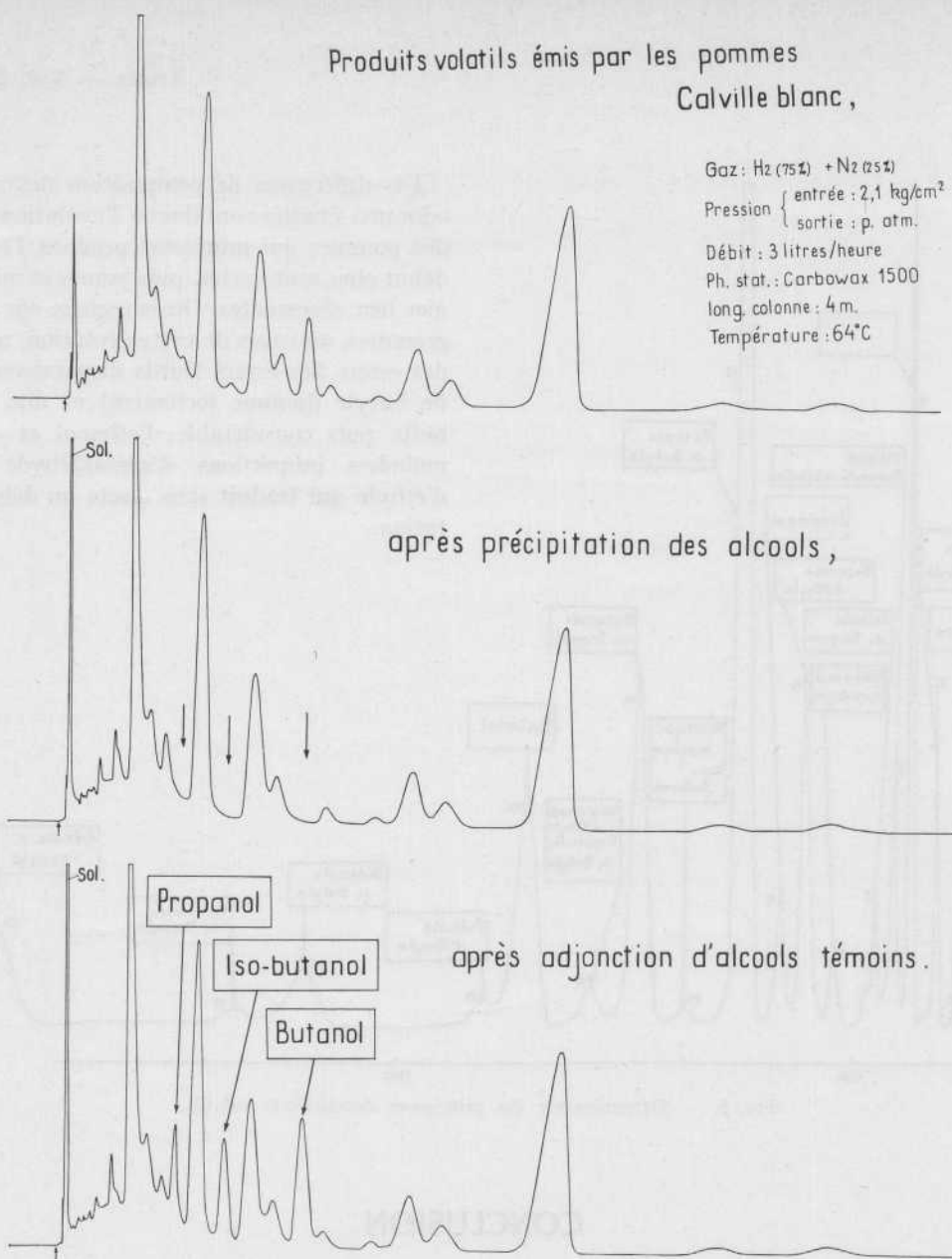


FIG. 7. — Élimination des alcools par précipitation sous forme de 3-5 dinitrobenzoates.

TABLEAU IV  
 Composition de l'émission organique volatile des pommes (exprimée en mg).

n° des pics	Constituants	ds mélange 1	ds mélange 2	ds mélange 3	dans l'ensemble des	
		1ère semaine	2ème semaine	3ème semaine	trois mélanges	
		pds total : 740 mg	pds total : 330 mg	pds total : 310 mg	pds en mg	en %
1	Acétaldéhyde ?	4,14	16,17		20,3	1,47
2		2,37	1,95		4,3	0,31
3		1,92	1,88		3,8	0,27
5	Acétate d'Ethyle	4,29	6,7	16,7	27,7	2
6		18,8	21,4	8,43	48,6	3,52
7	Ethanol	4,58	9,08		252,6	18,3
8	Propionate d'Ethyle	3,55	3,3	239	3,83	0,28
9	Acétate de Propyle	4,07	2,9		8,71	0,63
10	Acétate d'Isobutyle	29,6	17,5	1,67	52,8	3,77
11	Butyrate d'Ethyle	7,4	6,86	5,73	21,2	1,54
12	Propanol	310,8	109,8	6,96	432,7	31,3
13	Acétate de Butyle		8,25	12,1		0,6
14	Iso-Butanol	7,1	34,6		44,7	3,2
15	Aldéhyde Hexylique	7,44	3,3	3,04	10,7	0,78
16	Butyrate de Propyle	74,2	33,3		123,7	9
17	Propionate de Butyle	5,92	4,3	15,2	10,2	0,74
18	Valérianate d'Ethyle	46,6	10,55		57,15	4,15
19	Butanol	8,6	21,8		30,4	2,2
20	Acétate d'Hexyle	131	25,7		156,7	11,3

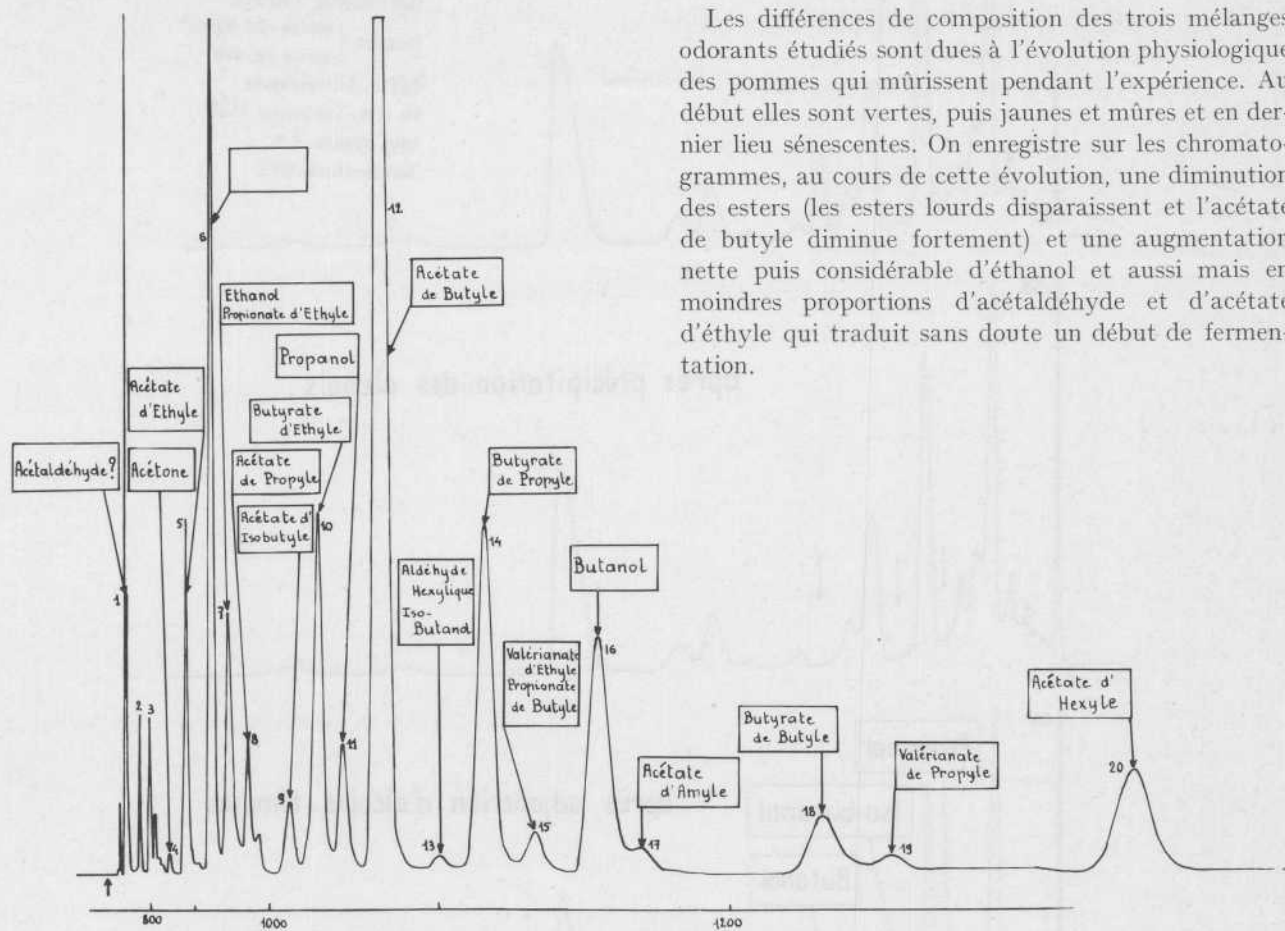


FIG. 8. — Détermination des principaux constituants volatils.

Les différences de composition des trois mélanges odorants étudiés sont dues à l'évolution physiologique des pommes qui mûrissent pendant l'expérience. Au début elles sont vertes, puis jaunes et mûres et en dernier lieu sénescentes. On enregistre sur les chromatogrammes, au cours de cette évolution, une diminution des esters (les esters lourds disparaissent et l'acétate de butyle diminue fortement) et une augmentation nette puis considérable d'éthanol et aussi mais en moindres proportions d'acétaldéhyde et d'acétate d'éthyle qui traduit sans doute un début de fermentation.

## CONCLUSION

La capture et la restitution des produits odorants par le charbon actif présentent des avantages pratiques mais ne sont pas sans défauts. L'adsorption des substances odorantes permet l'élimination de l'eau et la conservation des arômes pendant plusieurs mois. Cette technique simple peut être appliquée facilement, par exemple à l'analyse de l'atmosphère de chambres de stockage de fruits. Malheureusement, le rendement est inférieur à l'unité, et il n'est pas certain que toutes les substances présentes soient à l'abri d'altérations chimiques.

Ces premiers résultats ont permis de retrouver les substances précédemment décrites dans l'émission volatile des pommes d'autres variétés. Trois séries de constituants sont représentées : aldéhydes et cétones, alcools et esters.

La série des acides aliphatiques ne semble pas représentée à l'état libre dans le mélange odorant, mais seulement sous forme estérifiée.

La série caractérisée par la fonction carbonyle n'est représentée que par des pics assez mal identifiés ; ce sont des substances très volatiles qui apparaissent très tôt sur les chromatogrammes et leur détermination est difficile.

Les alcools déterminés confirment les résultats précédemment publiés : l'éthanol existe d'abord en faibles proportions mais augmente lorsqu'il y a fermentation ; le butanol forme ici 9 % de l'arôme de pomme et 34 % des alcools ; sa présence avait été reconnue par la majorité des auteurs.

Les esters forment la série la plus représentée dans l'arôme de pomme (près de 60 % des substances connues). HENZE, BAKER et QUACKENBUSH estimaient ce rapport à 68 % dans le cas des produits volatils émis par les pommes

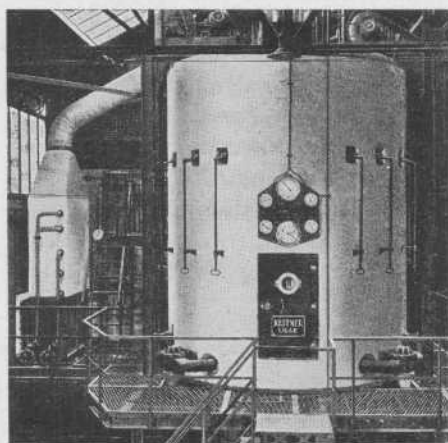


et seulement à 2 % des produits volatils contenus dans le jus de pommes. On remarque une part importante d'esters de l'acide acétique (70 % des esters) conformément aux travaux de MEIGH, et en particulier un grand pic d'acétate de butyle qui semble très fréquent dans l'arôme de pomme (chromatogrammes publiés par STRACKENBROCK). Il existe, à côté de ces constituants principaux de nombreuses substances correspondant à des petits pics que nous avons provisoirement négligés, mais qui montrent la complexité de l'émission volatile des pommes.

## BIBLIOGRAPHIE

- (1) CHOVIN P. — Trois aspects de la chromatographie en phase gazeuse. *Bull. Soc. chim. France*, 1961, p. 875-881.
- (2) ETTRE L. S. — The Kovats Retention Index System. *Anal. Chem.*, 36, n° 8, 1964, p. 31-41.
- (3) FIDLER J. C. — Studies of the physiologically active volatile organic compounds produced from fruits. I. The concentration of organic compounds occurring in gas store containing apples. *J. Hort. Sci.*, 24, 1948, p. 178-188.
- Studies of the physiologically active volatile organic compounds produced by apples. II. The rate of production of carbon dioxide and the volatile organic compounds by King-Edward VII apples in gas storage, and the effect of removal of the volatiles from the atmospheric of the store on the incidence of superficial scald. *J. Hort. Sci.*, 1950, p. 81-110.
- (4) GERHARDT F. — Rates of Emanation of Volatiles from Pears and Apples. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 61, 1954, p. 248-254.
- (5) HENZE R. E., BACKER C. E., QUACKENBUSH F. W. — The chemical composition of apple storage volatiles. I. Acids, Alcohols and Esters. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 61, 1953, p. 237-245. II. Carbonyl compounds in Apples Storage Volatiles. *J. Agric. Food Chem.*, 2, 1954, p. 1118-1120.
- (6) HUELIN F. E. — Volatile Products of apple. III. Identification of aldehydes and Ketones. *Aust. Jour. Sci. Res.*, 5 B, 1952, p. 328-334.
- (7) JAMES A. T. — *Qualitative and Quantitative Determination of the Fatty Acids by Gas-Liquid Chromatography Methods of Biochemical Analysis*. Vol. VIII.
- (8) MEIGH D. G. — Volatile compounds produced by apples. I. Aldehydes and Ketones. *J. Sci. Food Agric.*, 7, 1956, p. 396-410. Volatiles compounds produced by apples. II. Alcohols and Esters. *J. Sci. Food Agric.*, 8, 1957, p. 313-325.
- (9) MILLEVILLE H. P. and ESKEW R. K. — Recovery and Utilisation of Natural Apple Flavors. *Fruits Products J.*, 24, 1944 octobre, p. 48-51.
- (10) NISHIMURA K., HIROSE Y. — The aroma constituents of 'Kogyoku' apple. *Agr. Biol. Chem. (Tokyo)*, 28, 1964, p. 1-4.
- (11) POWER F. B., CHESNUT V. K. — The odorous constituents of apples. Emanation of Acetaldehyde from the ripe fruit. *J. Amer. Chem. Soc.*, 42, 1920, p. 1509-1526.
- (12) STRACKENBROCK K. H. — *Untersuchungen über Apfelaromen*. 1961, Doktorgrades dissertation Rheinischen Friedrich Wilhelms-Universität Bonn.
- (13) THOMPSON A. R. — Volatiles Products of Apples. I. Identification of Acids and Alcohols. *Aust. Jour. Sci. Res.*, B 4, 1951, p. 238-292.
- (14) THOMPSON A. R. and HUELIN F. E. — Volatile products of Apples. II. Production of volatile esters by Granny. Smith apples. *Aust. Jour. Sci. Res.*, B 4, 1951, p. 544-553.
- (15) TURCK A., VAN DOREN A. — Saturation of activated carbon used for air purification. *J. Agric. Food Chem.*, 1, n° 2, 1953, p. 145-151.
- (16) TURCK A., SMOCK R. M., TAYLOR T. I. — Mass and Infrared Spectra of Apple vapors. *Food Technol.*, 5, 1961, p. 58-63.
- (17) WALLS L. P. — The nature of volatils products from apples. *J. Pomol. Hort. Sci.*, 20, 1942, p. 59-67.
- (18) WHITE J. W. — Composition of a volatile fraction of apples. *J. Food Res.*, 15, 1950, p. 68-78.

**RÉSUMÉ.** — Après une introduction comparant les analyses d'arôme de pommes déjà obtenues par plusieurs chercheurs, l'auteur décrit une technique d'obtention des produits volatils de fruits par fixation sur du charbon actif, puis désorption de ce charbon sous vide. Application de cette technique à l'étude des produits odorants émis par les pommes "Calville". Analyse du mélange recueilli par chromatographie en phase gazeuse ; détermination des constituants par le calcul des "indices de Kovats" et précipitation des constituants possédant une même fonction chimique.



# — KESTNER —

7, rue de Toul, Lille (Nord)

Téléph. : 57-34-60 et la suite.

## ÉVAPORATEURS

pour jus de fruits avec récupération des arômes

## SÈCHEURS-ATOMISEURS

pour fabrication d'extraits solubles en poudre

Sécheur-Atomiseur