

LES LIPIDES DE L'AVOCAT

(*Persea Americana*, var. *Fuerte*)

(*A suivre.*)

par **P. MAZLIAK**

Laboratoire de Physiologie végétale appliquée, Sorbonne.

I. Composition en acides gras des diverses parties du fruit

Nous avons entrepris une série de recherches sur les lipides des fruits (1, 2), à l'aide des techniques d'analyse très sensibles, aujourd'hui disponibles, notamment de la chromatographie en phase gazeuse. Nous étudions dans cet article les lipides de l'avocat, plus précisément la composition en acides gras des diverses catégories de graisses présentes dans le péricarpe et la graine.

Historique.

Contrairement aux fruits précédemment étudiés (pomme, banane), dont la teneur en lipides est très faible, l'avocat est très riche en matières grasses. Dans une mise au point datant de 1951, R. SCHWOB (3) indique que l'huile constitue, dans la pulpe du fruit, 50 à 75 % de l'extrait sec, selon les variétés, et 4 à 20 % du poids de matière fraîche. L'auteur montre aussi que, dans les diverses variétés, la teneur en graisses de la pulpe est d'autant plus élevée que la teneur en eau y est plus faible. Les graines d'avocat contenant, en moyenne, 40,56 % d'eau, ne renferment que 0,99 % de matières grasses. Ces données sont en bon accord avec celles indiquées par ECKEY en 1954 (4).

Les acides gras de l'huile contenue dans la pulpe de variétés américaines, turques ou asiatiques ont été étudiés par distillation fractionnée des esters méthyliques (4, 5). Les acides ainsi identifiés ont été rassemblés dans le tableau n° 1 : on constate que quatre acides seulement représentent plus de 95 % de la masse des acides totaux : il s'agit des acides *palmitique* et *palmitoléique* en C_{16} et des acides *oléique* et *linoléique* en C_{18} .

Avant nos propres recherches, la composition en acides gras des lipides de l'écorce ou de l'amande n'avait pas été étudiée ; les lipides totaux de la pulpe n'avaient pas été séparés en lipides neutres (glycérides), phospholipides, et cires.

TABLEAU N° 1.

Acides gras identifiés dans les lipides totaux de la pulpe d'avocat.

ACIDES GRAS IDENTIFIÉS	ABRÉVIATION USUELLE	POURCENTAGE DES ACIDES GRAS TOTAUX ¹
<i>Acides saturés :</i>		
caprique.....	C_{10}	0 à 0,1
laurique.....	C_{12}	0 à 0,2
myristique.....	C_{14}	0,1 à 2,1
palmitique.....	C_{16}	7,2 à 25
stéarique.....	C_{18}	0,6 à 1,3
<i>Acides insaturés :</i>		
palmitoléique.....	$C_{16}^{1''}$	0 à 8,3
oléique.....	$C_{18}^{1''}$	42 à 81
linoléique.....	$C_{18}^{2''}$	6 à 18,5
linoléinique.....	$C_{18}^{3''}$	traces
éicosénoïque.....	C_{20}''	(0 à 2,6 % dans les variétés argentines)

(1) Les pourcentages les plus importants sont en caractères gras.

Au point de vue physiologique, DAVENPORT et ELLIS (6) ont montré, en 1959, que l'accroissement de la teneur en triglycérides du péricarpe, au cours du développement du fruit, s'accompagnait d'une chute de la teneur en eau. Les acides *saturés* et *polyinsaturés* sont synthétisés dans les premiers

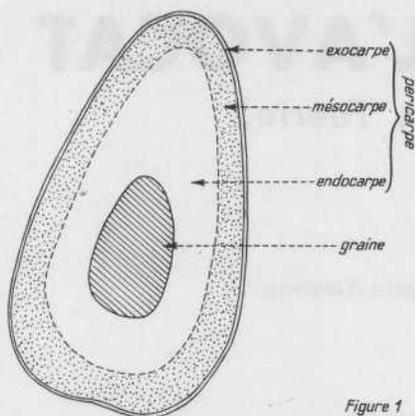


Figure 1

FIG. 1. — Coupe longitudinale d'un avocat, montrant les diverses régions anatomiques étudiées.

stades de la croissance uniquement ; l'acide oléique est synthétisé pendant une période beaucoup plus longue (quatre à cinq mois). VOGEL (7) indique qu'il n'y a aucune relation entre la teneur en huile et l'époque de maturité, ni entre la richesse en huile et la valeur organoleptique du fruit.

STUMPF (8) enfin, a étudié récemment l'incorporation de l'acétyl-CoA et du malonyl-CoA dans les lipides de particules cytoplasmiques du mésocarpe d'avocat. L'auteur note une incorporation importante de ^{14}C -malonate dans les acides stéarique et palmitique et de ^{14}C -acétate dans les acides palmitique, stéarique, oléique et un acide à longue chaîne, polaire, de nature inconnue.

Extraction et analyse des lipides.

Nous avons étudié les lipides d'avocats de la variété *Fuerte*, en provenance d'une plantation commerciale d'Israël. Cette variété est décrite par A. COMELLI dans un article de *Fruits* datant de 1961 (9). Les fruits ont été récoltés le 17-1-1964 et transportés au froid (+ 5° C). Le 29-1-64 les fruits sont arrivés au Laboratoire de Biologie végétale du C. N. R. S., à Bellevue, et ont été entreposés à + 12° C. Dès le lendemain, on a procédé à la mise sous sachets de plastique des fruits, selon la technique inventée par MARCELLIN (10). Diverses atmosphères gazeuses ont été réalisées dans les sachets grâce à des perforations en nombre variable. La maturation s'est déroulée pendant dix jours à + 12° C. L'extraction des lipides a commencé le 10-2-64.

Nous distinguons plusieurs régions anatomiques dans le fruit (fig. 1). La graine au centre est entourée par le *péricarpe*. Ce dernier est subdivisé en trois régions que nous définirons de la manière suivante :

1) l'*exocarpe* formant la fine écorce vert foncé qui entoure complètement le fruit, et que l'on peut aisément séparer de la pulpe ;

2) le *mésocarpe*, vert, formant la partie externe de la pulpe ;

3) l'*endocarpe*, jaunâtre, formant la partie interne de la pulpe, au contact de l'amande.

L'extraction des lipides est faite selon la technique de JAMES (11). Le matériel végétal est broyé au mortier, avec de la neige carbonique, dans un mélange de méthanol-chloroforme (dans les proportions 1 : 2, en volumes). Les amandes ont été râpées avant d'être extraites. Les exocarpes ont été broyés avec de la neige carbonique et un peu de sable de Fontainebleau. Le broyat est extrait à la température ordinaire pendant plusieurs semaines par un excès de méthanol-chloroforme ; le solvant a été renouvelé deux fois.

Après filtration sur Büchner, les liquides d'extraction sont mélangés à un dixième de leur volume d'eau distillée. Deux phases se séparent alors : la phase hydro-alcoolique supérieure ; la phase chloroformique, contenant les lipides en solution, inférieure.

Le chloroforme, desséché sur sulfate de sodium anhydre, est évaporé, sous vide, à 35-40° C, en évaporateur rotatif. Le résidu constitue les *lipides totaux*. Une partie de ces lipides est saponifiée directement. Le reste est repris par de l'acétone et entreposé à 0° C, pendant au moins quinze jours ; ce temps permet la recristallisation des *phospholipides* ou des *cires cuticulaires* dans l'acétone ; les *glycérides*, et autres *lipides neutres* restent en solution dans l'acétone.

Chaque type de graisse est saponifié par la potasse alcoolique selon les techniques habituelles. Les *acides gras*, méthylés, sont analysés par chromatographie en phase gazeuse, dans les conditions expérimentales indiquées plus loin.

Composition en acides gras des diverses parties du fruit.

Les acides gras méthylés des lipides totaux de chaque région ont été analysés par chromatographie en phase gazeuse, sur deux phases stationnaires : un polyester polaire (butane-diol-succinate ou diéthylène-glycol-succinate) et une graisse apolaire (Apiezon ou Silicone).

L'identification des esters méthyliques est faite en comparant, sur les deux types de phases, les volumes de rétention relatifs des corps inconnus

aux volumes de rétention relatifs (V_R') de corps purs témoins. La relation linéaire liant les logarithmes des volumes de rétention au nombre d'atomes de carbone contenus dans les esters d'acides gras homologues nous a également servi pour les identifications (loi de James et Martin).

1) Acides gras des lipides totaux du péricarpe :

Les trois régions du péricarpe renferment dans leurs lipides totaux les mêmes acides gras, à peu près dans les mêmes proportions.

Le tableau n° 2 présente, à titre d'exemple, les résultats de l'analyse des acides gras des lipides totaux de l'endocarpe. Deux chromatogrammes de ces acides sont représentés dans les figures 2

et 3. Dix-huit acides sont ainsi séparés mais les quatre acides principaux : *oléique*, *palmitique*, *linoléique* et *palmitoléique* forment plus de 99 % de la masse des acides totaux. Les résultats fournis par la chromatographie en phase gazeuse sont donc en parfait accord avec les données antérieures.

TABLEAU II
ACIDES GRAS DES LIPIDES TOTAUX DE L'ENDOCARPE

Acides identifiés	p. cent des acides totaux	Chromatographie en phase gazeuse			
		sur Butane-diol-succinate à 230°C		sur Apiezon L, à 230°C	
		log V_R' mesuré sur le chromatogramme	log V_R' du témoin pur	log V_R' mesuré sur le chromatogramme	log V_R' du témoin pur
(ac. énanthique ?)	traces	2,89	2,89	-	-
ac. caprylique	traces	2,95	2,95	2,76	2,76
?	traces	1,08	-	1,98	-
?	traces	1,17	-	1,07	-
ac. caprique	traces	1,27	1,25	1,10	1,09
ac. laurique	traces	1,48	1,51	1,37	1,39
?	traces	1,57	-	1,19	-
?	traces	1,64	-	1,28	-
ac. myristique	traces	1,77	1,75	1,70	1,70
(ac. myristoléique ?)	traces	1,81	1,81	-	-
?	traces	1,84	-	-	-
ac. palmitique	18,25	0	0	0	0
ac. palmitoléique	7,3	0,05	0,04	1,96	1,96
ac. stéarique	traces	0,24	0,24	0,31	0,31
ac. oléique	64,4	0,29	0,29	-	-
ac. linoléique	10,1	0,35	0,35	0,26	0,26
ac. linoléinique	traces	0,44	0,44	-	-

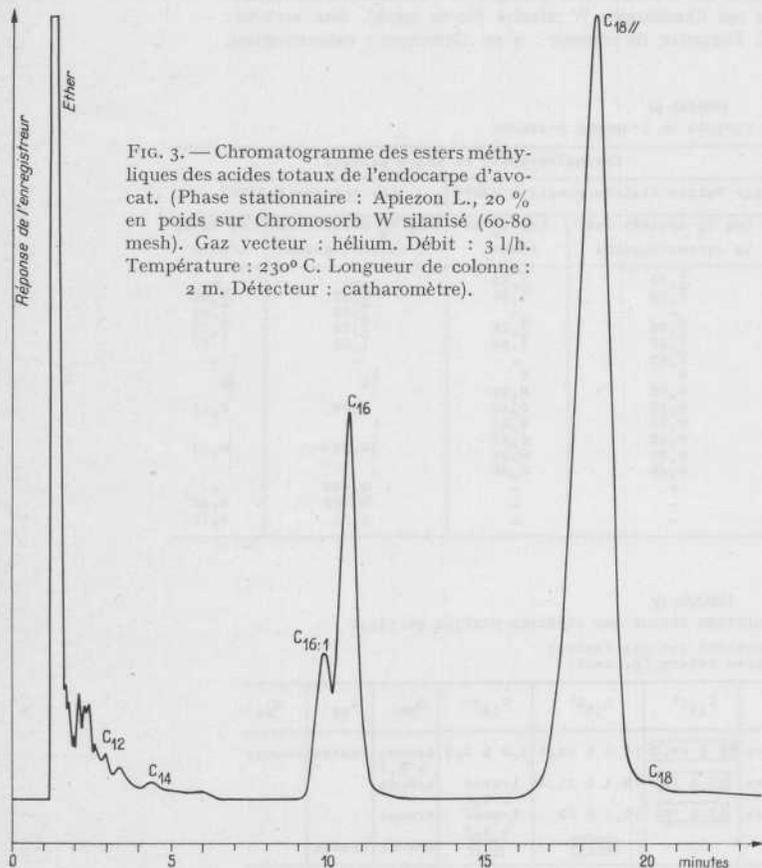


FIG. 3. — Chromatogramme des esters méthyliques des acides totaux de l'endocarpe d'avocat. (Phase stationnaire : Apiezon L, 20 % en poids sur Chromosorb W silanisé (60-80 mesh). Gaz vecteur : hélium. Débit : 3 l/h. Température : 230° C. Longueur de colonne : 2 m. Détecteur : catharomètre).

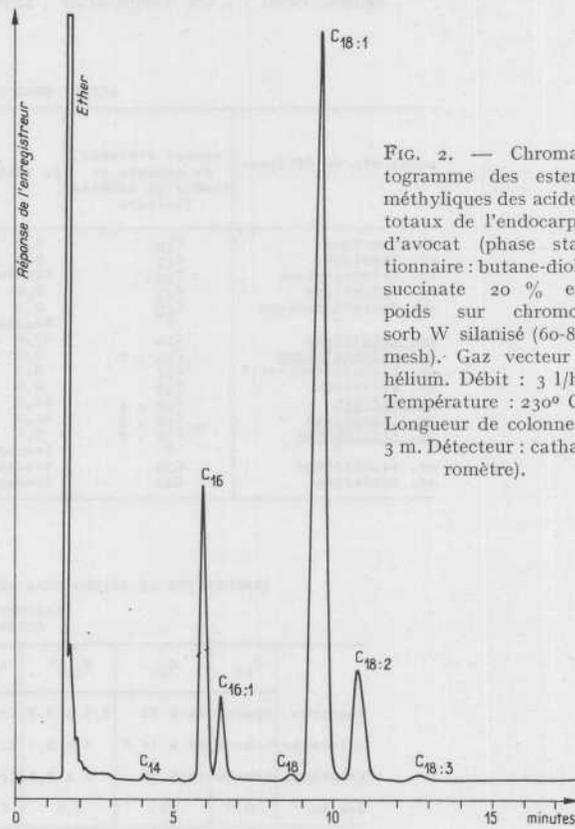


FIG. 2. — Chromatogramme des esters méthyliques des acides totaux de l'endocarpe d'avocat (phase stationnaire : butane-diol-succinate 20 % en poids sur Chromosorb W silanisé (60-80 mesh). Gaz vecteur : hélium. Débit : 3 l/h. Température : 230° C. Longueur de colonne : 3 m. Détecteur : catharomètre).

2. Acides gras des lipides totaux de la graine.

L'étude de ces acides par chromatographie en phase gazeuse a été faite comme précédemment sur deux phases, polaire et apolaire. Un chromatogramme typique est présenté à la figure 4. Le tableau n° 3 rassemble les résultats. Le pourcentage élevé d'acide linoléique (41,5 %) est caractéristique des lipides de l'amande.

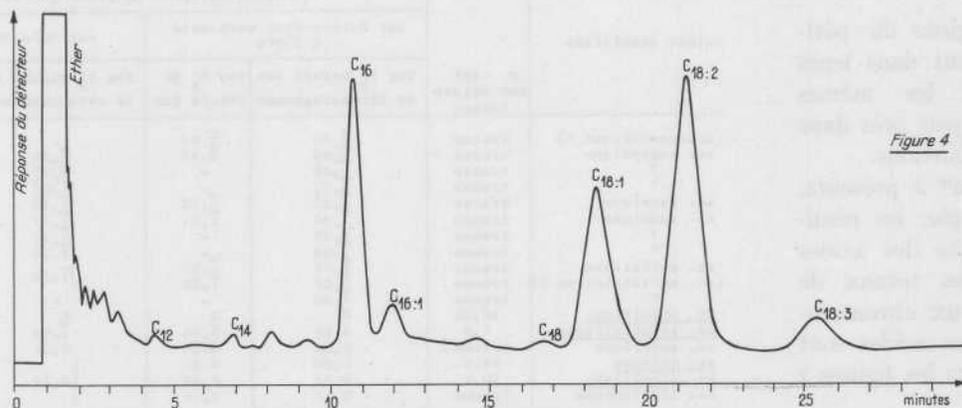


FIG. 4. — Chromatogramme des esters métyliques des acides totaux de la graine d'avocat. (Phase stationnaire : butano-diol-succinate, 20 % en poids sur Chromosorb W silanisé (60-80 mesh). Gaz vecteur : hélium. Débit : 3 l/h. Température : 220° C. Longueur de colonne : 3 m. Détecteur : catharomètre).

TABLEAU III
ACIDES GRAS DES LIPIDES DE L'AMANDE D'AVOCAT

acide mis en évidence	nombre d'atomes de carbone et nombre de doubles liaisons	p. cent	Chromatographie en phase gazeuse			
			sur Butane-Diol-Succinate à 230°C		sur Apiezon à 275°C	
			Log V_R' mesurés sur le chromatogramme	Log V_R' du témoin	Log V_R' mesurés sur le chromatogramme	Log V_R' du témoin
ac. caprique	C ₁₀	0,4	1,29	1,35	-	-
ac. laurique	C ₁₂	0,3	1,56	1,56	1,50	1,51
ac. tridécanoïque	C ₁₃	traces	-	-	1,63	1,63
ac. myristique	C ₁₄	0,8	1,79	1,78	1,75	1,75
ac. pentadécanoïque	C ₁₅	0,4	1,87	1,88	1,85	1,87
?	C ₁₅	traces	1,93	-	-	-
ac. palmitique	C ₁₆	22,0	0	0	-	0
ac. palmitoléique	C ₁₆ : 1	3,2	0,05	0,05	0	0
ac. heptadécanoïque ?	C ₁₇	0,4	0,15	0,10	0,09	0,11
ac. stéarique	C ₁₈	0,6	0,21	0,21	-	-
ac. oléique	C ₁₈ : 1	25,0	0,25	0,25	0,22	0,23
ac. linoléique	C ₁₈ : 2	41,5	0,32	0,32	-	-
ac. linoléénique	C ₁₈ : 3	5,1	0,40	0,40	-	-
?	C ₁₈	traces	-	-	0,445	-
ac. arachidique	C ₂₀	traces	-	-	0,483	0,48
ac. béhénique	C ₂₂	traces	-	-	0,71	0,72

TABLEAU IV
COMPOSITION EN ACIDES GRAS DES LIPIDES TOTAUX DES DIVERSES PARTIES DU FRUIT
(Analyses portant sur dix fruits)
Acides gras totaux (p. cent)

	C ₁₄	C ₁₆	C ₁₆ ¹	C ₁₈	C ₁₈ ¹	C ₁₈ ²	C ₁₈ ³	C ₂₀	C ₂₂	C ₂₄
Exocarpe	traces	12 à 22	2,5 à 5,5	traces	59 à 69,5	11,6 à 14,5	1,2 à 2,3	traces à 0,3	traces	traces
Mesocarpe	traces	13 à 16,7	3 à 5,1	traces	67 à 72	10,4 à 11,3	traces à 1,5	traces		
Endocarpe	traces	13 à 20	5 à 7,3	traces	62 à 70	10,1 à 12	traces à 1,2	traces		
Graine	0,8	22	3,2	0,6	25	41,5	5,1	traces	traces	

3. Comparaison des compositions en acides gras totaux des diverses parties du fruit.

Le tableau n° 4 permet la comparaison entre les compositions en acides gras des diverses parties du fruit. On note que le péricarpe a une composition à peu près identique dans ses trois parties : l'acide oléique y est partout l'acide le plus abondant. On remarque que l'acide stéarique n'est présent qu'à

l'état de traces dans le fruit. L'avocat est remarquable pour la quantité importante d'acide palmitoléique qu'il contient ; au contraire du cas précédent, l'acide saturé de même longueur de chaîne (l'acide palmitique) est abondant dans le fruit.

L'exocarpe renferme des traces d'acides gras à longue chaîne, constituants habituels des cires.

La composition en acides gras des lipides de la graine est assez différente de celle du péricarpe, comme cela semble bien être la règle chez de nombreux fruits (5, 1). L'acide le plus abondant est ici l'acide linoléique et l'acide linoléique représente encore plus de 5 % des acides gras totaux. Comme dans la pomme et de nombreux autres fruits, les lipides de la graine sont plus riches en acides polyinsaturés que les lipides du péricarpe.

Étude des diverses catégories de lipides du péricarpe.

Les précipitations dans l'acétone nous ont permis de recueillir et d'analyser les cires de l'exocarpe et les phospholipides du mésocarpe et de l'endocarpe. Ces catégories de lipides représentent une masse très faible comparée au reste des lipides neutres solubles dans l'acétone : par exemple, 8,6 g des lipides totaux du mésocarpe de deux fruits fournissent, après recristallisation dans l'acétone à 0° C, seulement 75 mg de phospholipides précipitant en petits amas globuleux. 8 g des lipides totaux de l'exocarpe de deux fruits fournissent seulement 140 mg de cires solides précipitant sous forme de paillettes blanches. La composition en acides gras de ces frac-

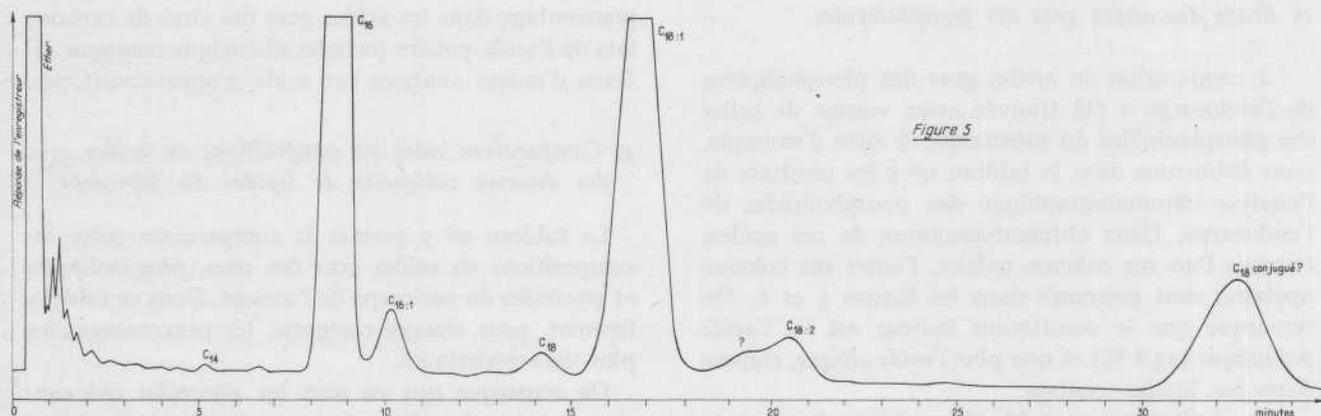


Figure 5

FIG. 5. — Chromatogramme des esters méthyliques des acides gras des phospholipides de l'endocarpe d'avocat. (Phase stationnaire : diéthylène-glycol-succinate, 15 % en poids sur Chromosorb W (80-100 mesh). Gaz vecteur : azote. Débit : 3 l/h. Température : 190° C. Longueur de colonne : 3 m. Détecteur : ionisation de flamme).

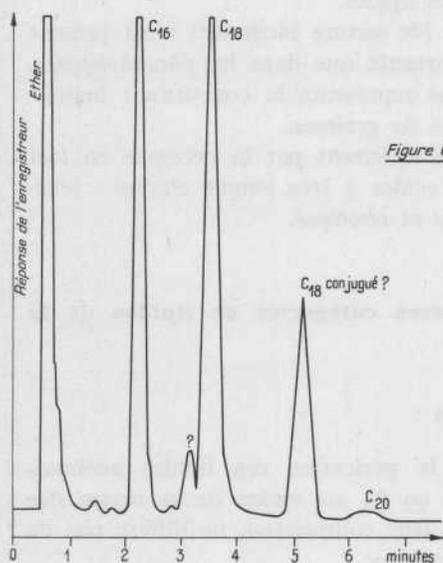


Figure 6

FIG. 6. — Chromatogramme des esters méthyliques des acides gras des phospholipides de l'endocarpe d'avocat. (Phase stationnaire : silicone D. C. 550, 20 % sur Célite (60-80 mesh). Gaz vecteur : azote. Débit : 3 l/h. Température : 245° C. Longueur de colonne : 3 m. Détecteur : ionisation de flamme).

TABLEAU V
ANALYSE DES ACIDES GRAS DES PHOSPHOLIPIDES DE L'ENDOCARPE DE L'AVOCAT

Acides gras identifiés	p. cent	Chromatographie en phase gazeuse			
		sur Polyester, à 190°C		sur Silicone, à 245°C	
		Log V _R mesuré sur le chromatogramme	log V _R du témoin pur	Log V _R mesuré sur le chromatogramme	Log V _R du témoin pur
acide caprique	traces	1,33	1,32	1,70	1,70
acide laurique	traces	1,55	1,55	0	0
ac. tridécanoïque ?	traces	1,63	1,65	-	-
ac. myristique	traces	1,77	1,77	0,26	0,26
ac. pentadécanoïque ?	traces	1,88	1,88	0,38	0,38
ac. palmitique	43,8	0	0	0,51	0,51
ac. palmitoléique	3,1	0,08	0,08		
ac. hexadécadiénoïque	traces	0,18	0,18	0,75	0,78
ac. stéarique	1,3	0,23	0,23		
ac. oléique	34,0	0,31	0,30		
ac. linoléique	3,1	0,40	0,40	0,94	-
ac. linoléique	traces	0,52	0,52		
C18 conjugué ?	14,7	0,60	-	1,03	1,03
ac. arachidique ou eicosénoïque	traces	-	-	-	-

tions a néanmoins pu être déterminée grâce à la chromatographie en phase gazeuse avec détection par ionisation de flamme.

1. *Étude des acides gras des glycérides.*

Les glycérides et autres lipides neutres solubles dans l'acétone, forment dans les trois régions du péricarpe plus de 99,9 % de la masse des lipides totaux, extraits par le méthanol-chloroforme. Cela explique que la composition en acides gras de cette catégorie de lipides ait été trouvée, après analyse, pratiquement identique à la composition des lipides totaux.

2) *Étude des acides gras des phospholipides.*

La composition en acides gras des phospholipides de l'endocarpe a été trouvée assez voisine de celles des phospholipides du mésocarpe. A titre d'exemple, nous donnerons dans le tableau n° 5 les résultats de l'analyse chromatographique des phospholipides de l'endocarpe. Deux chromatogrammes de ces acides, obtenus l'un sur colonne polaire, l'autre sur colonne apolaire, sont présentés dans les figures 5 et 6. On remarque que le constituant majeur est ici l'*acide palmitique* (43,8 %) et non plus l'*acide oléique*, comme dans les lipides neutres.

Un résultat remarquable de cette analyse est la mise en évidence d'un acide à longue chaîne, de nature inconnue présent en proportion importante (14,7 % dans l'endocarpe ; 18,15 % dans le mésocarpe) dans les phospholipides de certains avocats ayant mûri sous sachets de plastique. Ce corps pourrait être l'acide polaire inconnu synthétisé dans les mitochondries d'avocat à partir d'acétyl-CoA, et découvert par STUMPF en 1961. Cet acide inconnu présente les caractéristiques chromatographiques suivantes : la longueur de chaîne équivalente qu'on peut lui attribuer sur Silicone D. C. 550 est celle d'un C₁₉ ; sur butane-diol-succinate « la longueur de chaîne équivalente » de cet acide inconnu est C_{20,5}. Ces résultats suggèrent pour ce corps une structure d'*acide octadécadiénoïque conjugué*, si l'on se réfère aux données chromatographiques de MIWA (12).

La composition en acide gras des phospholipides est variable. Les pourcentages de chaque acide varient beaucoup ; ces variations sont sans doute fonction des conditions de maturation des fruits.

3. *Étude des acides gras des cires.*

Après saponification des cires, les acides gras méthylés ont été étudiés à haute température sur deux colonnes polaire et apolaire. Deux chromatogrammes typiques sont présentés dans les figures 7 et 8 et les résultats de l'analyse sont regroupés dans le tableau n° 6.

On note la présence abondante dans cette fraction d'acides gras à très longue chaîne moléculaire, caractéristique des cires (notamment des acides *béhénique*, en C₂₂, *lignocérique*, en C₂₁ et *cérotique*, en C₂₆) et un pourcentage important d'*acide oléique* (33 %).

La fraction des cires peut être contaminée par des phospholipides éventuellement présents dans l'exocarpe et qui recristallisent aussi dans l'acétone à 0° C. Ceci explique sans doute la présence en faible pourcentage dans les acides gras des cires de certains lots de l'acide polaire (octadécadiénoïque conjugué ?). Dans d'autres analyses cet acide n'apparaissait pas.

4. *Comparaison entre les compositions en acides gras des diverses catégories de lipides du péricarpe.*

Le tableau n° 7 permet la comparaison entre les compositions en acides gras des *cires*, *phospholipides* et *glycérides* du péricarpe de l'avocat. Dans ce tableau figurent, pour chaque catégorie, les pourcentages les plus caractéristiques.

On remarque que ce sont les *glycérides* qui contiennent le plus fort pourcentage d'acides mono-insaturés : *oléique* et *palmitoléique*. L'*acide linoléique* représente également une fraction importante des acides gras de ces lipides.

L'*acide polaire* (de nature inconnue) n'est présent en quantité importante que dans les *phospholipides*. L'*acide palmitique* représente le constituant majeur de cette catégorie de graisses.

Les *cires* se caractérisent par la présence en fort pourcentage des acides à très longue chaîne : *béhénique*, *lignocérique* et *cérotique*.

Étude des diverses catégories de lipides de la graine.

1. *Lipides neutres :*

Comme dans le péricarpe, ces lipides acétono-solubles forment 99 % au moins de la masse des lipides totaux et leur composition ne diffère pas de celle des lipides totaux.

TABLEAU VI
COMPOSITION EN ACIDES GRAS DES CIRES D'AVOCAT

Acides gras	p. cent	Chromatographie en phase gazeuse			
		sur Silicone 710, à 300°C		sur Butane-Diol-Succinate à 220°C	
		Log V _R ⁱ mesuré sur les chromatogrammes	Log V _R ⁱ du témoin pur	Log V _R ⁱ mesuré sur les chromatogrammes	Log V _R ⁱ du témoin pur
ac. laurique	traces	-	-	1,52	1,52
ac. tridécannique	traces	-	-	1,59	1,61
ac. myristique	0,2	1,74	1,76	1,79	1,77
ac. myristoléique	0,1			1,85	1,85
ac. palmitique	11,0	0	0	0	0
ac. palmitoléique	2,1			0,05	0,05
ac. stéarique	1,25	0,22	0,22	0,23	0,23
ac. oléique	33			0,28	0,28
ac. linoléique	6	0,42	0,42	0,42	0,43
ac. linoléinique	0,8			0,42	0,43
ac. octadécadiénoïque conjugué ?	2,9	0,36	-	0,51	-
ac. arachidique	0,9	0,47	0,44	0,44	0,46
ac. hénicosanoïque	0,4	0,56	0,54	-	-
ac. béhénique	3	0,66	0,66	-	-
ac. tricosanoïque	0,5	0,76	0,76	-	-
ac. lignocérique	15,5	0,86	0,86	-	-
ac. pentacosanoïque	0,7	0,94	0,96	-	-
ac. cérotique	20,8	1,05	1,06	-	-
ac. heptacosanoïque	traces	1,20	1,16	-	-

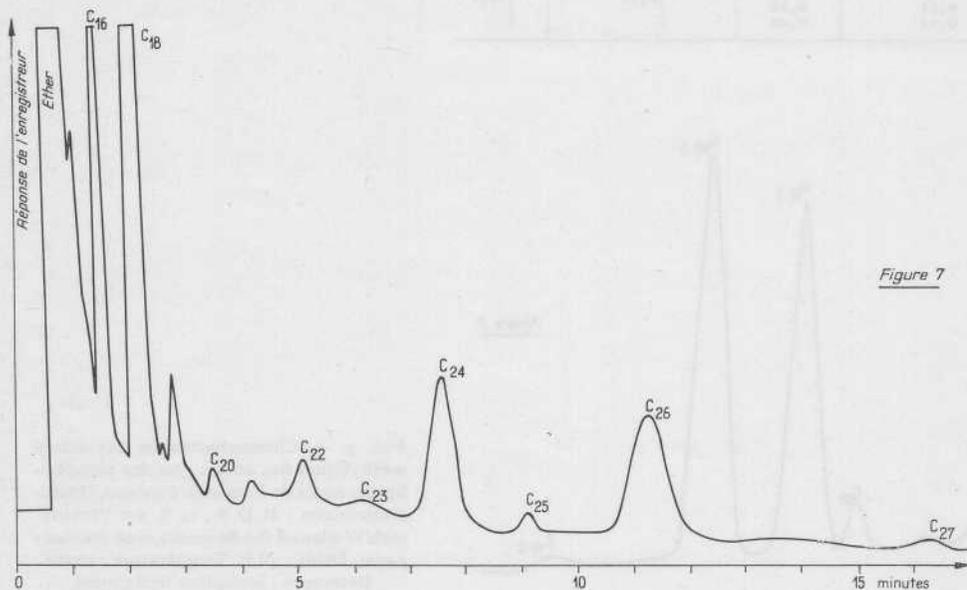


Figure 7

Fig. 7. — Chromatogramme des esters méthyliques des acides gras des cires d'avocat. (Phase stationnaire : silicone 710, 10 % sur Chromosorb W silanisé (60-80 mesh). Gaz vecteur : azote. Débit : 3 l/h. Température : 300° C. Longueur de colonne : 3 m. Détecteur : ionisation de flamme).

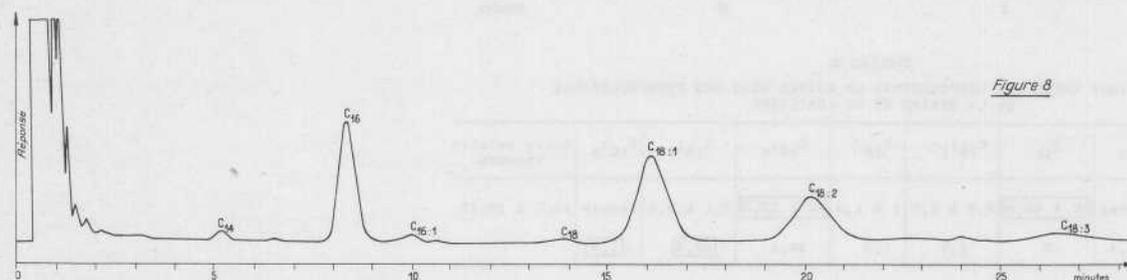


Figure 8

Fig. 8. — Chromatogramme des esters méthyliques des acides gras des cires d'avocat. (Phase stationnaire : D. E. G. S. 15 % sur Chromosorb W (80-100 mesh). Gaz vecteur : Azote. Débit 3 l/h. Température : 190° C. Longueur de colonne : 3 m. Détecteur : ionisation de flamme).

TABLEAU VII
COMPARAISON ENTRE LES COMPOSITIONS EN ACIDES GRAS DES DIVERSES CATEGORIES DE LIPIDES DU PERICARPE D'AVOCAT

	p. cent acides gras totaux *											
	acide myrique	acide palmitique	acide palmitoléique	acide stéarique	acide oléique	acide linoléique	acide linoléinique	acide polaire inconnu	acide arachidique	acide béhénique	acide lignocérique	acide cérotique
CIRES	0,2	11,0	2,1	1,3	33	6	0,8	(2,9)	[1]	[3]	[15,5]	[20,8]
PHOSPHOLIPIDES	traces	[20 à 43,8]	2,3 à 3,1	1,05 à 1,3	34 à 52,5	3,1 à 5,8	traces	[14,7 à 18,5]	traces	-	-	-
GLYCERIDES	traces	16,3 à 18,2	[4,1 à 7,3]	traces à 0,2	[64,4 à 68,1]	[10,1 à 12,1]	traces	-	-	-	-	-

* - les pourcentages remarquables ont été encadrés.

TABLEAU VIII
COMPOSITION EN ACIDES GRAS DES PHOSPHOLIPIDES DE L'AMANDE D'AVOCAT

acides gras identifiés	p. cent	Chromatographie en phase gazeuse			
		Sur Butane-Diol-Succinate à 220°C		sur Silicone 710, à 300°C	
		Log V_R^i mesuré sur les chromatogrammes	Log V_R^i du témoin pur	Log V_R^i mesuré sur les chromatogrammes	Log V_R^i du témoin pur
ac. caprique	0,8	$\bar{1},30$	$\bar{1},28$	-	-
ac. décénoïque ?	2,5	$\bar{1},36$	-	-	-
ac. hendecanoïque ?	2,5	$\bar{1},41$	$\bar{1},40$	-	-
ac. laurique	0,8	$\bar{1},52$	$\bar{1},52$	$\bar{1},64$	$\bar{1},60$
?	5	$\bar{1},70$	-	-	-
ac. myristique	6,4	$\bar{1},79$	$\bar{1},77$	} $\bar{1},78$	} $\bar{1},80$
ac. myristoléique	3,4	$\bar{1},85$	$\bar{1},85$		
?	4,2	$\bar{1},91$	-	-	-
(ac. isopalmitique ?)	3,3	$\bar{1},96$	-	-	-
ac. palmitique	13	0	0	} 0	} 0
ac. palmitoléique	2,9	0,04	0,05		
ac. hexadécadiénoïque?	traces	0,08	0,10	} 0,19	} 0,19
ac. stéarique	1,9	0,22	0,23		
ac. oléique	20,4	0,27	0,28	} 0,19	} 0,19
ac. linoléique	29,5	0,34	0,35		
ac. linoléiqué	1,5	0,44	0,43		

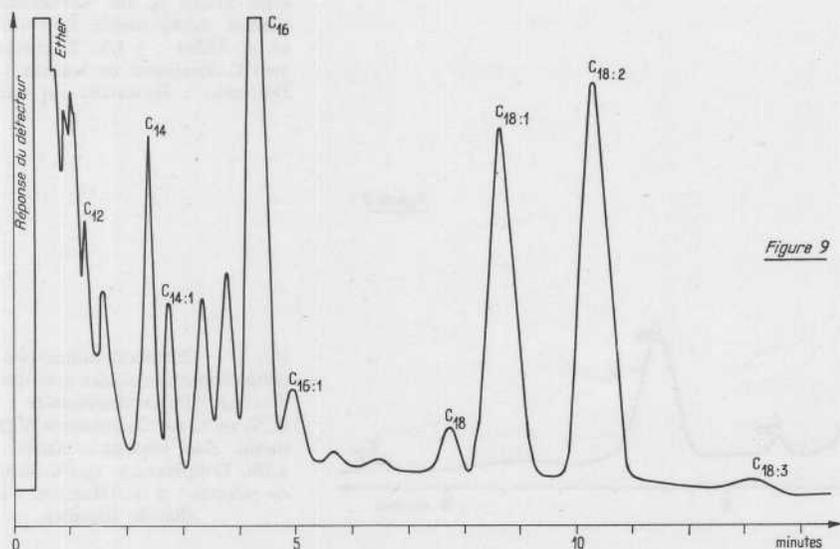


Figure 9

FIG. 9. — Chromatogramme des esters méthyliques des acides gras des phospholipides isolés de l'amande d'avocat. (Phase stationnaire : B. D. S., 15 % sur Chromosorb W silanisé (60-80 mesh). Gaz vecteur : azote. Débit : 3 l/h. Température : 220°C. Détecteur : ionisation de flamme).

TABLEAU IX
COMPARAISON ENTRE LES COMPOSITIONS EN ACIDES GRAS DES PHOSPHOLIPIDES DE LA GRAINE ET DU PÉRICARPE.

	C ₁₄	C ₁₆	C ₁₆ :1	C ₁₈	C ₁₈ :1	C ₁₈ :2	C ₁₈ :3	Acide polaire inconnu
Phospholipides du péricarpe	traces	20 à 43,8	2,3 à 3,1	1 à 1,3	34 à 52,5	3,1 à 5,8	traces	14,7 à 16,15
Phospholipides de la graine	6,4	15	2,9	1,9	20,4	29,5	1,5	

2. Phospholipides :

La fractions de quelques milligrammes précipitant dans l'acétone à 0°C a été analysée. Les acides gras, méthylés, ont été séparés par chromatographie en phase gazeuse et les résultats ont été portés dans le tableau n° 8. Un chromatogramme typique est représenté à la figure 9. On note que l'acide gras le

plus abondant est l'acide *linoléique*. Les acides *palmitique* et *oléique* sont les deux acides qui présentent ensuite les plus forts pourcentages.

Il est intéressant de remarquer que les phospholipides de la graine n'ont pas la même composition en acides gras que les phospholipides du péricarpe (tableau n° 9). Ils en diffèrent surtout par une plus grande richesse en acide *linoléique*.

Conclusions.

Cette étude des acides gras des lipides de l'avocat nous a permis d'isoler et d'identifier dans le fruit une vingtaine d'acides gras, saturés et insaturés. Les acides les plus importants sont l'acide palmitique, l'acide palmitoléique, l'acide oléique et l'acide linoléique. Ces quatre acides forment en effet plus de 95 % de la masse des acides gras des *glycerides* du péricarpe.

Les *phospholipides* du péricarpe, étudiés pour la première fois, ont une composition en acides gras différente de celle des *glycérides* : ils sont plus riches en acide palmitique et renferment en proportion

importante un acide polaire de nature encore inconnue.

Les *cires cuticulaires* de l'exocarpe renferment les acides gras à très longue chaîne : béhénique, lignocérique et cérotique. Ces cires n'avaient jamais été étudiées jusqu'à présent.

Les *lipides de la graine*, également analysés pour la première fois, sont beaucoup plus riches en acide linoléique que les lipides du péricarpe : on trouve cet acide en fort pourcentage dans les *glycerides* et dans les *phospholipides*.

Remerciements. L'auteur tient à remercier M. DEULLIN, de l'I. F. A. C., qui lui a gracieusement fourni les avocats utilisés dans ces recherches.

(A suivre.)

BIBLIOGRAPHIE

- (1) MAZLIAK (P.) et POMMIER-MIARD (J.). — Les lipides de la pomme. *Fruits*, **18**, n° 4, p. 177-183 (1963) ;
- (2) GROUSBOIS (M.) et MAZLIAK (P.). — Les acides gras des lipides de la banane. *Fruits*, **19**, 2, p. 55-59 (1964).
- (3) SCHWOB (R.). — Composition chimique de l'avocat (*Persea americana* ou *P. gratissima*). *Fruits*, **6**, n° 5, p. 177-183 (1951).
- (4) ECKEY (E. W.). — *Vegetable fats and oils*. Reinhold Publishing Corp., New-York, (1954), 836 p.
- (5) HILDITCH (T. P.). — *The chemical constitution of natural fats*. Londres, Chapman et Hall ed. 664 p. (1956).
- (6) DAVENPORT (J. B.) et ELLIS (S. C.). — Chemical changes during growth and storage of the avocado fruit. *Aust. J. Biol. Sc.*, **12**, n° 4, p. 445-454 (1959).
- (7) VOGEL (R.). — Caractéristiques de quelques variétés d'avocats cultivés au Maroc. — *Fruits*, **13**, 11, p. 507-509 (1958).
- (8) STUMPF (P. K.). — Biosynthesis of lipids in higher plants. *Proc. Fifth. Int. Congr. Biochemistry* (Moscou 1961), vol. VII, p. 74-84, Pergamon Press (1963).
- (9) COMELLI (A.). — Avocats d'Israël. *Fruits*, **16**, n° 2, p. 57-60 (1961).
- (10) MARCELLIN (P.). — Effets comparés du rôle des Enduits liquides et des emballages de matière plastique dans la conservation des pommes et des poires. 16^e Congrès d'Horticulture, Bruxelles, 1962, p. 460.
- (11) JAMES (A. T.). — The biosynthesis of long-chain saturated and unsaturated fatty acids in isolated plant leaves. *Bioch. Biophys. Acta*, **70**, p. 9-19 (1963).
- (12) MIWA, T. K. — Identification of peaks in GLC. *Journ. amer. Oil Chem. Soc.*, **40**, p. 309-313 (1963).

RÉSUMÉ. — L'étude par chromatographie en phase gazeuse des acides gras des lipides présents dans le péricarpe et la graine de l'avocat permet de séparer une vingtaine d'acides, saturés et insaturés. Les plus importants sont l'acide palmitique, l'acide palmitoléique, l'acide oléique et l'acide linoléique. Ces quatre acides forment plus de 95 p. cent de la masse des acides totaux des *glycérides* du péricarpe.

Les *phospholipides* (acétono-insolubles à 0° C) du mésocarpe et de l'endocarpe sont plus riches en acide palmitique et renferment un acide polaire à longue chaîne non identifiée.

Les *cires* de l'exocarpe renferment les acides à très longue chaîne suivants : béhénique, lignocérique et cérotique.

Glycérides et *phospholipides* de la graine se caractérisent par leur richesse en acide linoléique.