

CONSTITUTION LIPIDIQUE DE L'AVOCAT

par P. MAZLIAK*

CONSTITUTION LIPIDIQUE DE L'AVOCAT

P. MAZLIAK

Fruits, Sep. 1971, vol. 26, n° 9, p. 615-623.

RESUME - L'avocat peut contenir des lipides, jusqu'à 20 p. cent de son poids frais, avec une très grande hétérogénéité de composition en acides gras de différentes natures, dont la répartition varie de plus pour les différentes régions anatomiques du fruit. Une autre variation s'ajoute au cours du développement physiologique, mais, en fin de celui-ci, bien que l'huile soit surtout composée de triglycérides contenant de l'acide oléique en grande quantité, l'ensemble moléculaire constitue un composé tout à fait spécifique de l'avocat.

Cet exposé a un caractère très peu appliqué. Il se trouve que l'avocat, ces dernières années, est devenu un objet d'étude pour les physiologistes et pour les biochimistes et ce sont ces travaux de recherche tout à fait fondamentale qui sont résumés ici avec l'espoir que les chercheurs industriels pourront en tirer des indications utiles.

Le fruit de l'avocatier contient beaucoup de matière grasse. Dans une étude qui date déjà de 1951, Roger SCHWOB a montré que l'huile contenue dans la pulpe du fruit pouvait représenter de 50 à 70 p. cent du poids de la matière sèche, 20 p. cent du poids de la matière fraîche, ce qui est énorme pour des fruits.

Parmi les denrées exploitées industriellement, il n'y a que deux fruits largement connus qui présentent une telle teneur en lipides : l'avocat et l'olive. Au tableau 1, qui rappelle les résultats de SCHWOB, on peut constater

que la teneur en lipides de la pulpe de l'avocat change d'une variété à l'autre. Pour chacune, les teneurs en lipides sont exprimées par rapport au poids de la matière sèche ou par rapport au poids de la matière fraîche. Les variétés ont été classées par ordre de teneur croissante en eau. Au fur et à mesure que cette teneur croît, la teneur en lipides diminuera. Les variétés les plus riches ont 70 p. cent environ du poids de la matière sèche et près de 20 p. cent du poids de la matière fraîche sous forme de lipides. On retrouve la même proportionnalité inverse entre la teneur en eau et la teneur en huile au cours du développement de l'avocat. Les études précises qui viennent d'être faites en Californie par le Professeur APPLEMAN à ce sujet sont résumées dans les figures 1 et 2. Il a suivi le développement de l'avocat au cours de sa croissance, puis de sa maturation. La figure 1 montre l'augmentation assez faible du poids de la graine et surtout l'augmentation du poids du fruit au cours du temps, et la figure 2 indique qu'au cours des mois où se produit cette augmentation, deux phénomènes simultanés se produisent :

- une diminution considérable de la teneur en eau de la pulpe qui passe de près de 90 p. cent

* Conférence faite à la Journée d'Information sur l'huile d'avocat (17.11.70) par le Directeur du Laboratoire de Physiologie végétale appliquée (Physiologie cellulaire) 12, rue Cuvier, Paris 5e.

TABLEAU I - Relation entre la teneur en eau et la richesse en lipides des péricarpes d'avocat de diverses variétés (d'après SCHWOB, 1951).

Variétés	Teneur en eau % du poids de matière fraîche	Teneur en lipides	
		% du poids de matière fraîche	% du poids de matière sèche
Wagner	72,47	18,77	67,46
Lula	73,89	13,60	53,30
Taylor	76,89	12,81	53,38
Eagle Rock	78,06	12,18	55,12
Winslowson	78,08	13,02	58,31
Linda	78,74	12,32	58,66
Collinson	79,44	11,55	53,80
Waldin	82,37	6,34	35,37
Schmidt	82,55	7,21	39,97
Trapp	83,53	5,91	35,61
Simmondo	83,88	6,63	37,12
Pollock	85,05	4,77	31,39

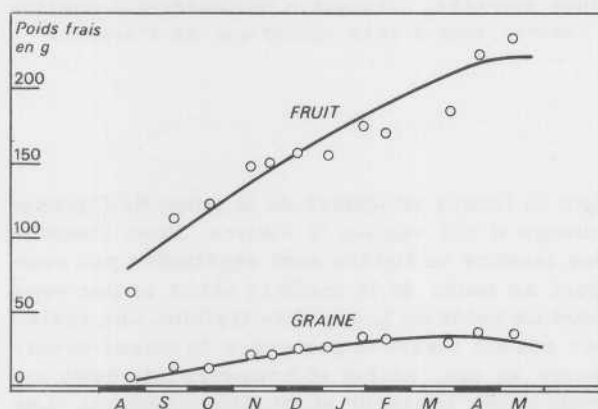


FIGURE 1 • Changement saisonnier du poids du fruit ou de la graine de l'avocat, variété Fuerte, (d'après David Appleman).

dans les très jeunes fruits à environ 60 p. cent en fin de croissance et de maturation, donc 30 p. cent de diminution de teneur en eau. Cette diminution est concomittante d'une augmentation de la teneur en huile au cours du temps.

- une augmentation de la teneur en huile. Nous passons de pratiquement pas d'huile au début jusqu'à 20 p. cent de la matière fraîche. Par rapport au poids de la matière sèche, nous passons de 20 p. cent d'huile au début jusqu'à des teneurs élevées de l'ordre de 70 p. cent. Ceci est tout à fait remarquable, parce que d'habitude, lorsqu'un fruit se développe, c'est la teneur en eau qui augmente et non pas la teneur en huile.

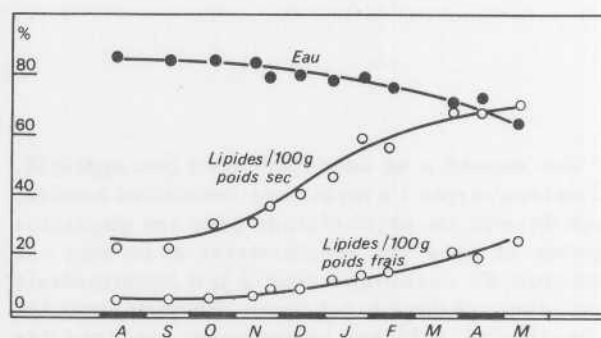


FIGURE 2 • Changement saisonnier dans la teneur en eau ou en lipides du fruit, (d'après D. Appleman).

Dans les cellules du fruit, c'est au milieu des vacuoles aqueuses, selon les cytologistes, que se déposent les premières gouttelettes de lipides, puis elles grossissent au cours du développement et on assiste à ce phénomène: l'huile chassant l'eau hors des cellules.

La composition en lipides des tissus de l'avocat n'est pas du tout homogène. La figure 3 vous montre une coupe anatomique du fruit. On y distingue habituellement trois régions: l'exocarpe est la fine écorce vert foncé que l'on peut détacher du fruit; le mésocarpe est la couche verte périphérique de la pulpe; pour les physiologistes c'est la partie la plus intéressante

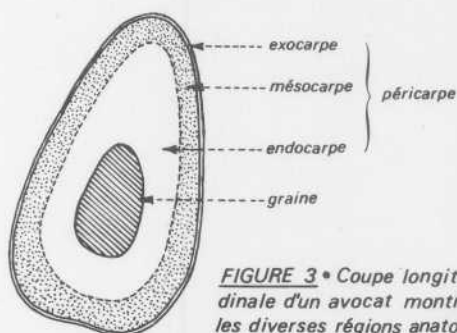


FIGURE 3 • Coupe longitudinale d'un avocat montrant les diverses régions anatomiques étudiées.

parce que les cellules y sont encore très vivantes, très actives au point de vue du métabolisme. Vient ensuite l'endocarpe qui forme la partie principale de la pulpe, mais qui, pour les physiologistes, est un petit peu moins intéressante parce que le tissu est déjà en état sénescence. Enfin au centre, la graine ou amande qui peut être protégée par une coque dure.

Si l'on considère la composition en acide gras de ces différentes régions anatomiques, il est évident qu'il y a d'emblée une hétérogénéité très grande; c'est ce qui est illustré d'un point de vue qualitatif sur la figure 4. Voici une série de chromatogrammes des acides gras contenus dans les différentes régions du fruit qui montre de fortes différences. En (a) un chromatogramme des acides gras de l'exocarpe, recouvert naturellement des cires contenant des acides gras à très longues chaînes, si bien que sur le chromatogramme apparaissent des pics correspondant à des condensations de 24-26 atomes de carbone, ce qui est très long. En (d) un chromatogramme des acides gras contenus dans l'amande. Ce chromatogramme en phase gazeuse révèle que l'acide majeur est un acide à 18 atomes de carbone et 2 doubles liaisons : l'acide linoléique di-insaturé comme

c'est d'habitude le cas dans les graines (quelques auteurs suisses ont même signalé la présence dans l'amande d'acides gras ramifiés). Les chromatogrammes de l'exocarpe sont différents de ceux de l'amande, qui sont eux-mêmes différents des chromatogrammes b et c correspondant aux acides gras présents dans le mésocarpe. Il est immédiatement évident sur deux systèmes chromatographiques (b-c) différents que l'acide majeur de l'endocarpe ou du mésocarpe est l'acide oléique à 18 atomes de carbone et une double liaison. Donc il y a une hétérogénéité de la composition en acides gras qui est liée à la structure anatomique du fruit. Cette hétérogénéité concerne les acides majeurs. Elle s'accroît encore beaucoup si l'on considère les acides mineurs, tels par exemple les acides ramifiés qui seraient spécialement abondants dans la graine. Toutefois, lorsque le fruit est mûr, l'huile de réserve du mésocarpe est tellement abondante dans le péricarpe que l'on tend vers une homogénéisation, une uniformisation de composition en acides gras parce que cette huile envahit toutes les régions anatomiques et ceci est indiqué quantitativement au tableau 2. Voilà un très bref résumé de la composition en acides gras des différentes parties anatomiques distinguées tout à l'heure, c'est-à-dire l'exocarpe, le mésocarpe, l'endocarpe et la graine. Dans les 3 parties du péricarpe, l'acide dominant est toujours l'acide oléique formant des pourcentages énormes (aux environs de 70 p. cent). Les acides à l'état de traces se répartissent différemment, mais par exemple dans l'exocarpe : les acides à très longues chaînes des cires se forment finalement qu'un pourcentage très peu important parce que tout est envahi par cette huile du mésocarpe. Cependant, la graine présente toujours une composition en acides gras tout à fait différente de l'huile du mésocarpe. C'est toujours l'acide linoléique qui domine.

TABLEAU 2 - Composition en acides gras des lipides totaux des diverses parties du fruit. Analyses portant sur dix fruits. Acides gras totaux (p. cent).

	C14	C16	C16 ^{1''}	C18	C18 ^{1''}	C18 ^{2''}	C18 ^{3''}	C20	C22	C24
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
Mésocarpe	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	

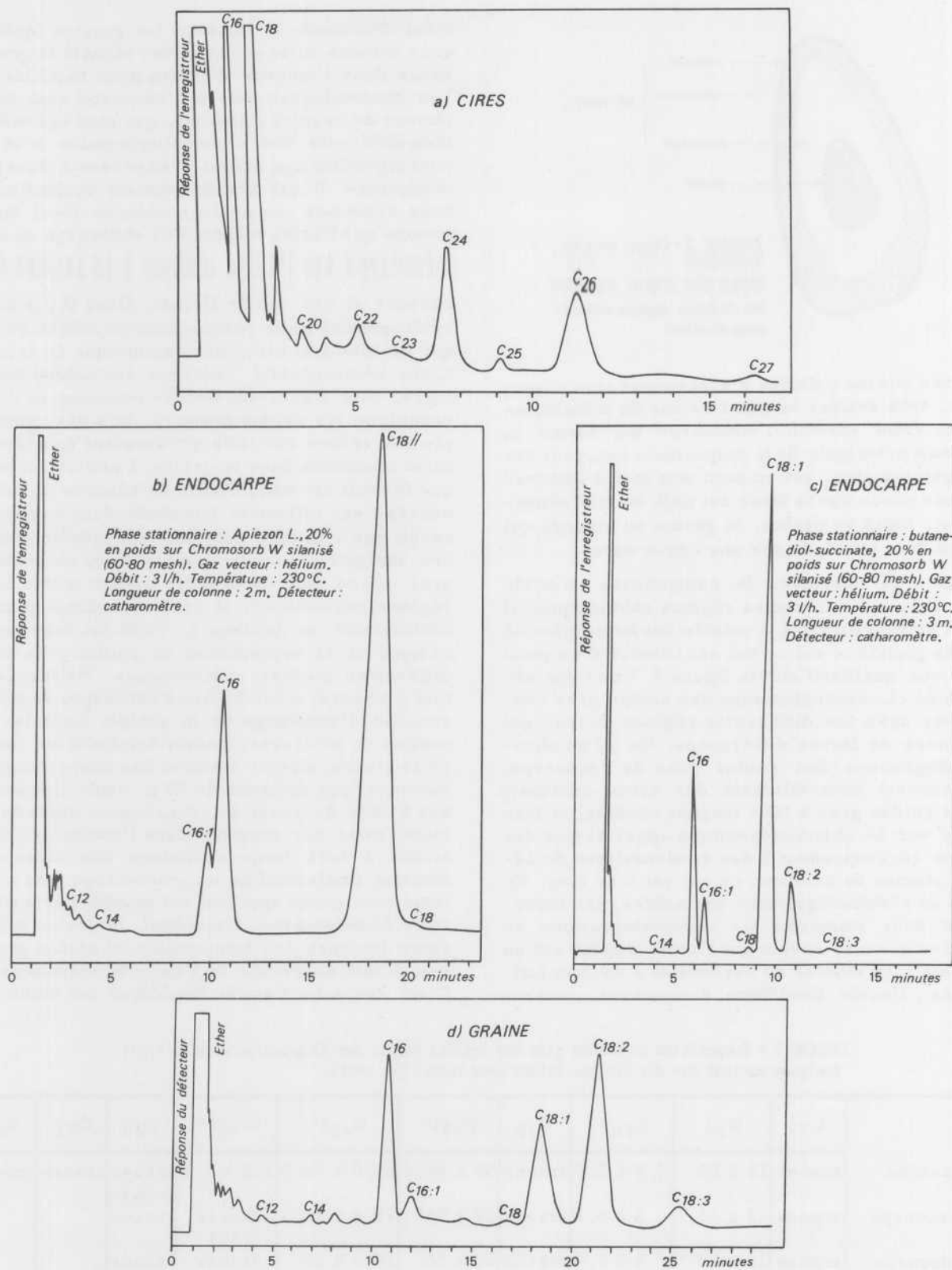


FIGURE 4 • Chromatogramme des esters méthyliques des acides totaux des différentes régions anatomiques de l'avocat.

Donc première hétérogénéité de composition due à la structure anatomique du fruit.

Il s'y superpose une autre hétérogénéité de composition en lipides, qui tient à la composition moléculaire différente de ceux-ci dans l'extrait lipidique total de chaque région. Les catégories moléculaires de lipides sont très nombreuses dans l'avocat et viennent d'être étudiées avec un grand luxe de détails par un chercheur japonais KIKUTA, qui a travaillé essentiellement en Californie et qui, pour séparer les différentes catégories moléculaires de lipides a employé des chromatographies sur colonne de silice avec un peu de solvants de polarité croissante et pour faciliter la détection des composés-traces, l'utilisation d'isotopes radio-actifs comme le carbone 14, permettant de marquer les composés lipidiques, les faisant apparaître et permettant de les détecter en très faible quantité. La figure 5 donne le résultat d'une analyse de KIKUTA concernant les catégories moléculaires présentes dans l'huile du mésocarpe. La détection est donc faite par

la radio-activité induite artificiellement à l'aide des précurseurs radio-actifs. Chacun des pics correspond à une catégorie moléculaire différente : dans l'huile ordinaire du mésocarpe de l'avocat, KIKUTA a trouvé des hydrocarbures, des triglycérides, des acides gras libres, des diglycérides (deux sortes d'isomères : 1-3 diglycérides, 1-2 diglycérides), des mono-glycérides. Il a trouvé un pic, en plus sur d'autres chromatogrammes, qui correspond à des glyco-lipides, puis toute une série de phospholipides, l'acide phosphatidique, le phosphatidyl-glycérol, la phosphatidyl-éthanolamine, le phosphatidylinositol et la phosphatidylcholine. L'importance des pics ici traduit l'importance de leur radio-activité qui n'a rien à voir avec l'importance quantitative. Sur une base quantitative, il est sûr que le pic de triglycérides écraserait tous ces pics de phospholipides qui n'apparaîtraient qu'à l'état de traces, mais grâce à la radioactivité ces phospholipides apparaissent sur les chromatogrammes. Il se trouve que chacune de ces catégories moléculaires se caractérise par une composition en acides gras différente de la voisine, si bien qu'une deuxième hétérogénéité se superpose à celle due à l'anatomie signalée tout à l'heure. Le tableau 3 résume la composition moléculaire de toutes les catégories d'acides gras. Il y a des cires qui se caractérisent par leur richesse en acides gras à très longues chaînes, C₂₀ - C₂₂ - C₂₄ - C₂₆ - C₂₈. Il y a essentiellement des triglycérides, mais aussi des diglycérides, des monoglycérides. Tout ce qui est glycérides dans l'huile du mésocarpe d'avocat est caractérisé par une richesse, dans le fruit mûr, en acide oléique (C₁₈ - 1 double liaison). Il y a des glycolipides qui se caractérisent par une composition en acides gras tout à fait différente ; ce sont des acides à deux doubles liaisons (c'est le linoléique) qui dominant et qui forment des pourcentages aussi élevés que 76 p. cent des acides totaux. Il y a enfin des phospholipides dont la composition moléculaire obéit, semble-t-il, à une règle moins générale que celles des autres catégories. Il n'y a pas un acide franchement majeur, mais ce qui est remarquable, c'est que dans certains phospholipides, par exemple la phosphatidyléthanolamine, l'acide oléique n'est plus du tout dominant. Ce sont les acides poly-insaturés à 2 et 3 doubles liaisons qui sont dominants, ce qui en fait une composition tout à fait différente des triglycérides majeurs dans la pulpe. Donc ce tableau illustre la très grande hétérogénéité de composition en acides gras

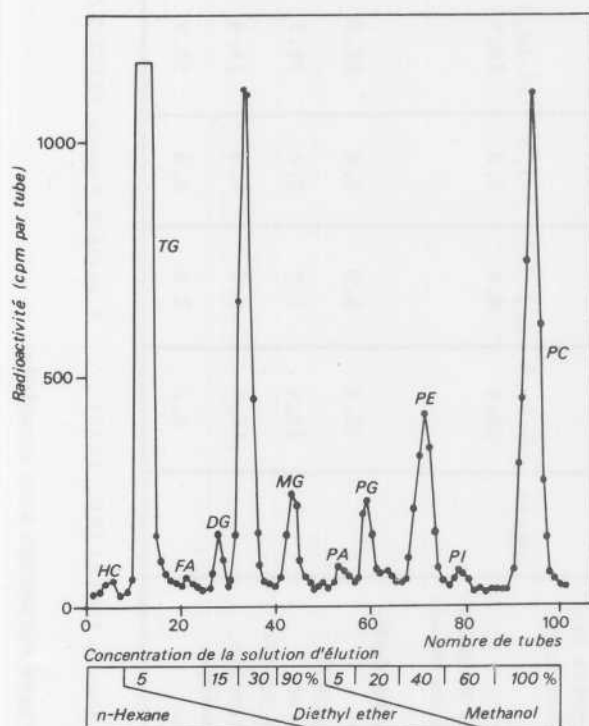


FIGURE 5 • Chromatographie sur colonne d'acide salicylique de l'extrait lipidique total de tranches d'avocat Hass incubées avec de l'acétate-1-¹⁴C pendant 120 mn. Les symboles utilisés sont : HC = Hydrocarbures, TG = Triglycerides, FA = Free fatty acids, DG = Diglycerides, MG = Monoglycerides, PA = Phosphatidic acid, PG = Phosphatidyl glycerol, PE = Phosphatidyl ethanolamine, PI = Phosphatidyl inositol, PC = Phosphatidyl choline.

TABLEAU 3 - Hétérogénéité de composition en acides gras des différents lipides du mésocarpe d'avocat.

Lipides du péri-carpe	p. cent des acides gras totaux											
	14:0	16:0	16:1	18:0	18:1	18:2	18:3	20:0	22:0	24:0	26:0	Inconnu
Cires totales 1	0,2	11,0	2,1	1,3	33	6	0,8	1	3	15,5	20,8	2,9
Lipides totaux du mésocarpe 1	traces	13-16,7	3-5,1	traces	67-72	10,4-11,3	traces	traces				
Catégories dans le mésocarpe 2												
Triglycérides		25,4	7,0	0,5	54,3	12,3		0,5				
Acides gras libres		20,3	9,7	0,4	43,7	22,5	3,0					0,4
1-3 Diglycérides		15,0	9,0		45,0	28,0	3,0					
1-2 Diglycérides		18,4	3,9	0,7	64,8	12,2						
Monoglycérides		17,1	7,2	2,7	43,2	24,3	1,0	0,9				3,6
Glycolipides I		6,7	2,5	1,6	13,1	76,1						
Glycolipides II		3,8	2,2	1,2	12,8	74,1						
Phospholipides totaux du mésocarpe 1	traces	20-43,8	2,3-3,1	1-1,3	34-52,5	3,1-5,8	traces					14,7-18,5
2		16,9	4,4	3,3	20,5	36,1	9,8					9,0
Catégories de phospholipides du mésocarpe 3												
Acide phosphatidique		18,8	5,6	5,6	52,5	8,0	9,0	0,2				0,3
Phosphatidylglycérol		23,4	1,9	0,6	39,7	14,2	17,0	0,2				3,0
Phosphatidyléthanamine		16,8	3,7	1,0	24,4	30,5	22,8	0,4				0,4
Phosphatidylcholine		8,2	2,8	0,6	50,9	5,1	32,0	0,1				0,3

1 variété Fuerte (MAZLIAK, 1965)

2 variété Fuerte (KIKUTA, 1968)

3 variété Hass (KIKUTA, 1968).

les pourcentages maximum sont encadrés.

des différentes catégories moléculaires qui elles-mêmes se répartissent tout à fait différemment dans les différentes régions anatomiques du fruit, ce qui fait que l'ensemble est très hétérogène.

On peut penser que nombre des propriétés qualitatives de l'huile d'avocat, l'odeur, le goût, la viscosité, etc., sont liées à la présence de ces catégories moléculaires mineures ou bien de ces acides gras mineurs (parfois présents à l'état de traces), aux proportions relatives des différents types de catégories moléculaires ou différents types d'acides gras qui présentent une combinaison unique, spécifique de l'espèce *Persea americana*, c'est-à-dire l'avocatier.

Une dernière cause de variation dans la composition en lipides de l'avocat tient évidemment au stade de développement physiologique du fruit, comme l'ont montré KIKUTA et d'autres auteurs. Voici (figure 6) un rappel de l'évolution de la teneur en lipides au cours du développement de deux variétés d'avocats. Nous partons de teneurs en lipides très basses et puis cela augmente beaucoup au cours du développement du fruit : c'est particulièrement net dans la variété Fuerte ; c'est aussi net dans la variété Hass, bien que moins marqué. Cette augmentation de la teneur en lipides est parallèle à l'augmentation de poids de l'avocat et s'accompagne d'une diminution de la teneur en eau. Au cours de cette évolution, de cette augmentation de la teneur en lipides totaux, se produit une modification très importante de la composition en types moléculaires de lipides. Ceci est illustré sur la figure 7 : en abscisse les mois qui voient l'évolution, la croissance et la maturation du fruit de l'avocat, en ordonnée, les quantités de chacun des types moléculaires mis en évidence tout à l'heure. Les petits tirets noirs représentent la quantité d'hydrocarbures ; tout au long de la vie du fruit, il n'y en a que très peu dans l'avocat. A ma connaissance, ces hydrocarbures ont été encore mal analysés ; cependant on connaît quelques paraffines des cires qui sont donc en faible quantité tout au long de la vie du fruit, mais toujours présentes. Le bâton blanc ici représente les triglycérides. Il est immédiatement visible que ce sont les triglycérides qui augmentent, qui prennent une importance considérable dans les derniers mois de vie du fruit. Si l'on prend de l'huile du fruit jeune, la proportion des triglycérides, par rapport aux autres catégories moléculaires, n'est pas aussi écri-

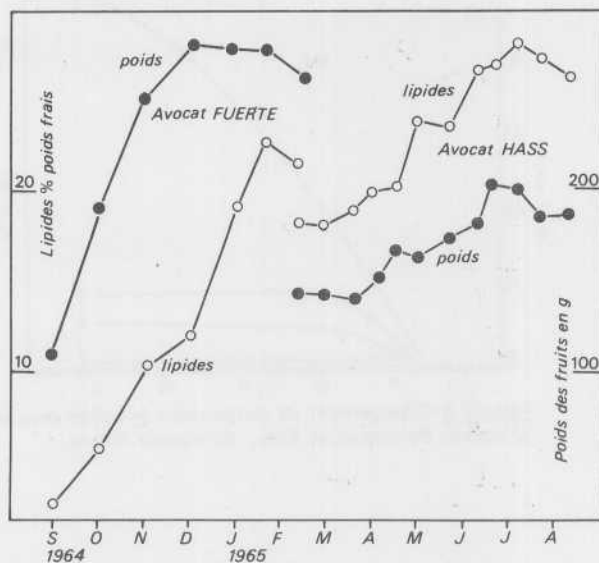


FIGURE 6 • Changements saisonniers dans les poids en lipides des avocats des variétés Hass et Fuerte.

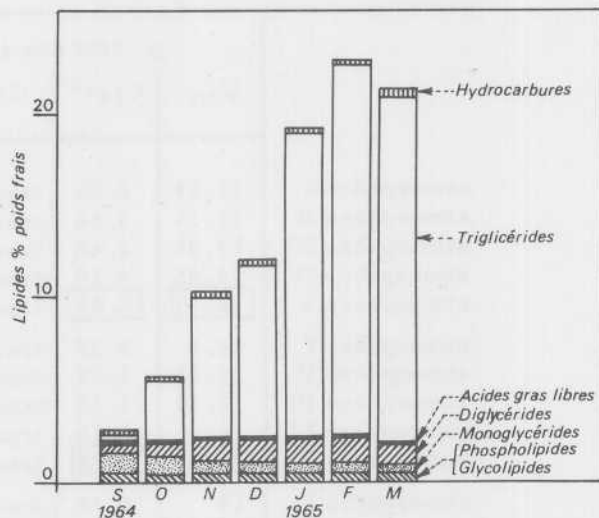


FIGURE 7 • Changements saisonniers dans les classes moléculaires constituant les lipides du mésocarpe de l'avocat.

sante que dans le fruit mûr. Viennent ensuite des acides gras libres, toujours présents en faible quantité, les diglycérides toujours présents et n'augmentent pas beaucoup, des monoglycérides et, enfin, tout en bas des phospholipides et des glycolipides. Donc deux huiles peuvent être radicalement différentes, même provenant du même arbre, par les proportions relatives entre les différentes catégories moléculaires (huile de septembre et huile de mars).

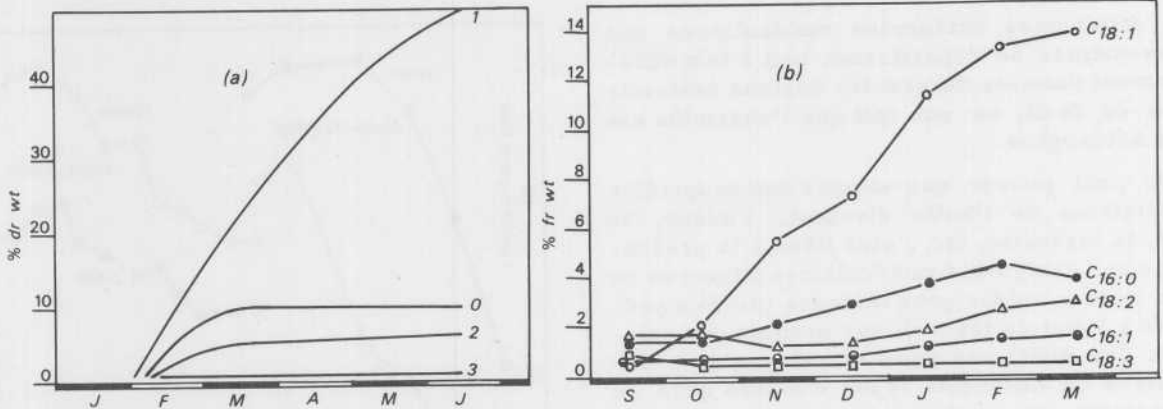


FIGURE 8 • Changement de composition en acides gras de l'huile d'avocat au cours du développement du fruit : (a) d'après Davenport et Ellis, (b) d'après Kikuta.

TABLEAU 4 - Composition en acides gras de péricarpes d'avocats ayant mûri dans différentes atmosphères (en sachets de plastique).

	p. cent des acides gras totaux *						
	C ₁₆	C ₁₆ ^{1''}	C ₁₈	C ₁₈ ^{1''}	C ₁₈ ^{2''}	C ₁₈ ^{3''}	
atmosphère I	12,83	2,69	traces	68,26	14,4	1,71	} exocarpes
atmosphère II	12,14	3,86	traces	69,49	13,41	0,96	
atmosphère III	13,87	4,46	traces	67,59	12,65	1,42	
atmosphère IV	13,85	4,10	traces	67,6	12,10	1,2	
atmosphère V	18,13	4,83	traces	63,6	12,03	0,78	
atmosphère I	14,1	3,35	traces	70,4	12	0,97	} mesocarpes
atmosphère II	14,16	4,24	traces	67,83	11,9	1,21	
atmosphère III	12,39	5,32	traces	69	11,63	0,59	
atmosphère IV	16,3	5,10	traces	68,1	10,4	traces	
atmosphère V	16,63	5,58	traces	66,03	10,56	0,27	
atmosphère I	15	5,98	traces	63,9	13,18	1,89	} endocarpes
atmosphère II	13,5	4,37	traces	69,46	11,14	0,95	
atmosphère III	16,45	4,25	traces	66,92	11,38	0,95	
atmosphère IV	18,25	7,3	traces	64,4	10,1	traces	
atmosphère V	20,41	6,74	traces	62,37	10,3	0,49	

atmosphères	I	II	III	IV	V
composition des atmosphères					
CO ₂ p. cent	4	5	6-7	7	5-6
O ₂ p. cent	16	16	15-16	13	1,5

* = les pourcentages maximum sont encadrés. Chaque analyse est la moyenne d'au moins trois mesures.

Si l'on s'attache aux acides gras maintenant, à leur évolution au cours du développement de l'avocat, les principaux résultats seront résumés par les deux graphiques de la figure 8. Ce sont les résultats obtenus il y a déjà une bonne quinzaine d'années par deux chercheurs australiens DAVENPORT et ELLIS, et ceux obtenus récemment par KIKUTA avec deux techniques différentes. A gauche, la détermination des quantités relatives d'acides gras a été faite par spectrophotométrie dans l'ultra-violet ; à droite, la détermination des quantités a été faite par chromatographie en phase gazeuse ; le rapprochement des deux types de graphique montre l'excellent accord entre les deux techniques. Au cours du développement du fruit, il est manifeste qu'une seule catégorie d'acides se développe énormément et tend à écraser toutes les autres, c'est l'acide oléique, présent en abondance dans les triglycérides. En fin de développement, on peut dire que l'huile d'avocat c'est d'abord des triglycérides contenant de l'acide oléique en grande quantité, mais c'est toujours un ensemble moléculaire très varié où sont présents, à l'état de trace, des hydrocarbures, des diglycérides, des phospholipides, etc.

Une dernière question concerne l'évolution possible de l'huile d'avocat après la cueillette lorsqu'on s'efforce de conserver quelques temps les fruits. Je n'ai à vous rapporter que des résultats obtenus par nous-même dans le laboratoire du Professeur ULRICH en liaison avec M. MARCELLIN. Un seul tableau (4) résumera tous les résultats. Des essais de conservation d'avocats, provenant d'Israël, ont été tentés sous enveloppes plastiques à une

température convenable de 12°C pendant quelques temps ; les enveloppes plastiques ont été perforées de trous en nombre variable de sorte que l'atmosphère intérieure des sachets était de moins en moins riche en oxygène et de plus en plus riche en gaz carbonique. Cinq atmosphères ont été utilisées. La n°1 est la plus riche en oxygène et relativement la plus pauvre en gaz carbonique et au fur et à mesure que l'on s'approche de l'atmosphère n° 5, le pourcentage d'oxygène diminue et la teneur en gaz carbonique augmente.

Dans ces conditions de conservation, on peut noter une très légère variation de la composition de l'huile en fonction de la teneur en oxygène de l'atmosphère ; sur le tableau sont encadrés les pourcentages maximum d'acides gras. Dans les différentes régions anatomiques du fruit, ce sont toujours les atmosphères de numéros faibles, c'est-à-dire très riches en oxygène, qui s'accompagnent d'une teneur en acides polyinsaturés : linoléique et linoléinique relativement un peu plus élevée que dans les atmosphères pauvres en oxygène ; mais la variation n'est pas très considérable.

En conclusion, je pense que l'huile d'avocat, à la maturité du fruit, reste bien un produit unique, donné par la chair même des cellules vivantes avec toute leur complexité biochimique, leur multiplicité de catégories moléculaires, leur multiplicité de proportions ; cette huile change et évolue au cours du développement et l'ensemble moléculaire forme un produit tout à fait caractéristique de l'espèce végétale considérée.