

# Mesures au poromètre de la résistance à la diffusion gazeuse de l'avocat avant et après cueillette

par B. AUBERT

*Institut français de Recherches fruitières Outre-Mer*

## MESURES AU POROMETRE DE LA RESISTANCE A LA DIFFUSION GAZEUSE DE L'AVOCAT AVANT ET APRES CUEILLETTE

par B. AUBERT (IFAC)

*Fruits*, oct. 1970, vol. 25, n° 10, p. 717-723.

RESUME - Chez l'avocat, les transferts de gaz entre le fruit et l'atmosphère ambiante dépendent principalement de deux résistances placées en série : l'épiderme et une assise de sclérenchyme qui lui est sous-jacente. Différents degrés de porosité de l'épicarpe ont été observés sur quatre variétés d'avocat: 'Booth 7', 'Booth 8', 'Lula' et 'Hickson' avant et après cueillette.

En région tropicale, les vergers d'avocataires se composent le plus souvent de variétés antillaises, d'hybrides d'antillais et de mexicain ou d'antillais et de guatémaltèque. Ces trois lignées se différencient entre autre par l'épaisseur de l'épicarpe, et à ce niveau par la couche de sclérenchyme plus particulièrement.

Les variétés mexicaines possèdent une peau fine et souple d'environ 0,8 mm d'épaisseur et ayant la consistance du papier. Chez les antillaises, la même épaisseur varie de 1,5 à 3 mm et la ressemblance est assez proche de celle du cuir. Enfin, l'épaisseur (3 à 6 mm) et la rigidité deviennent maximums chez les variétés guatémaltèques.

Parmi les baies, l'avocat est un des rares fruits à présenter une assise régulière de cellules scléreuses en bordure de l'épiderme. La

plupart du temps, ces cellules sont disposées en groupes denses (comme dans la poire ou le coing), isolées (bibacé), en amas (nèfle) ou pratiquement absentes (pomme).

La présence d'un sclérenchyme réparti uniformément à la périphérie du fruit est susceptible de faire écran aux échanges gazeux qui ont lieu entre le mésocarpe et l'atmosphère ambiante. Il en sera de même d'un épiderme cutinisé, à cette différence près qu'ici, les lenticelles et autres discontinuités épidermiques permettent le transfert des gaz par diffusion.

L'étude qui suit se propose de montrer sur quelques variétés d'avocat, l'influence conjuguée de l'épiderme et du sclérenchyme qui lui est voisin, sur la résistance à la diffusion gazeuse mesurée à la surface du fruit.

## MATÉRIEL ET MÉTHODE

Quatre variétés tardives cultivées au Cameroun et faisant l'objet d'un commerce d'exportation ont été retenues pour cette étude : les caractéristiques de l'épicarpe de ces variétés sont données dans le tableau 1. Pour chacune d'elles, un lot de six fruits indemnes de toute altération mécanique ou fongique était sélectionné et cueilli pour moitié 15 jours avant la date de la récolte et pour une autre moitié au stade "maturité-exportation". Le stade habituel de récolte était laissé à l'appréciation de cueilleurs entraînés.

Les fruits après cueillette étaient entreposés dans des caissettes en carton ajourées à une

température moyenne de 23°C, et une humidité relative de 85 - 90 p. cent.

Chaque 24 heures, ils étaient pesés séparément et leur résistance à la diffusion gazeuse mesurée dans la zone équatoriale à l'aide d'un poromètre à diffusion de type Van Bavel (\*). D'autres mesures porométriques ont eu lieu au verger, sur des fruits de 8, 16 et 24 semaines.

Le rapport  $\frac{\text{surface}}{\text{volume}}$ , le pourcentage de perte en eau entre la cueillette et la maturité, et la densité lenticellaire des surfaces mesurées au poromètre, ont été comparés aux valeurs de la résistance à la diffusion gazeuse.

TABLEAU 1

Caractéristiques de l'épicarpe de quatre variétés d'avocatiers : pour la répartition des différents tissus de l'épiderme, voir le graphique 2.

Variété	Origine	Groupe floral	Zone observée	Epaisseur du parenchyme chlorophyllien $\mu$	Epaisseur du sclérenchyme $\mu$	Epaisseur totale de l'épicarpe $\mu$
Lula	G x M	A	pédonculaire	600	420	1.020
			équatoriale	480	800	1.280
			basale	720	1.200	1.920
Booth 8	G x WI	B	pédonculaire	360	1.260	1.620
			équatoriale	300	1.350	1.650
			basale	200	1.350	1.550
Booth 7	G x WI	B	pédonculaire	600	1.320	1.920
			équatoriale	420	1.380	1.800
			basale	600	1.200	1.800
Hickson	G	B	pédonculaire	960	1.200	2.160
			équatoriale	840	1.500	2.340
			basale	900	1.800	2.700

G = Guatémaltèque, M = Mexicain WI = Antillais (West Indies).

## RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

Sur les avocats en fin de croissance, il existe un gradient important de résistance à la diffusion gazeuse entre la zone pédonculaire et la base du fruit. Lorsque la peau est relativement uniforme (cas de 'Booth 7' et de 'Hickson' la résistance diminue régulièrement en fonction

(\*) - Cet appareil permet de mesurer au niveau de l'épiderme, la résistance à la diffusion de vapeur sur une surface circulaire de 3cm<sup>2</sup>. Pour connaître la résistance à la diffusion du gaz carbonique, il faut utiliser le coefficient de diffusion de ce gaz et admettre que le CO<sub>2</sub> emprunte les mêmes voies que la vapeur d'eau. Il en est de même pour l'oxygène et les autres gaz du métabolisme.

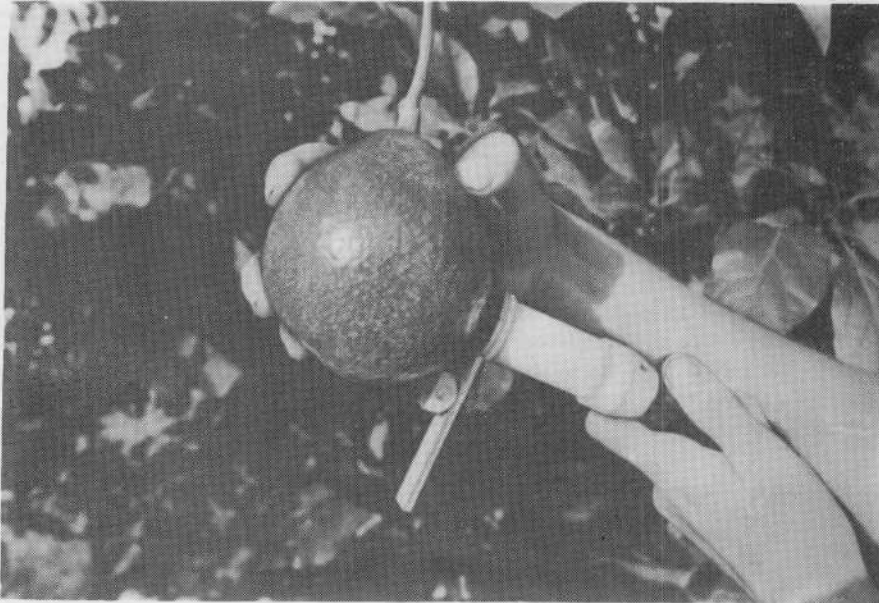


Photo 1 - Mesure pomométrique sur fruit de 4 mois. Remarquer l'épiderme brillant ponctué de lenticelles.

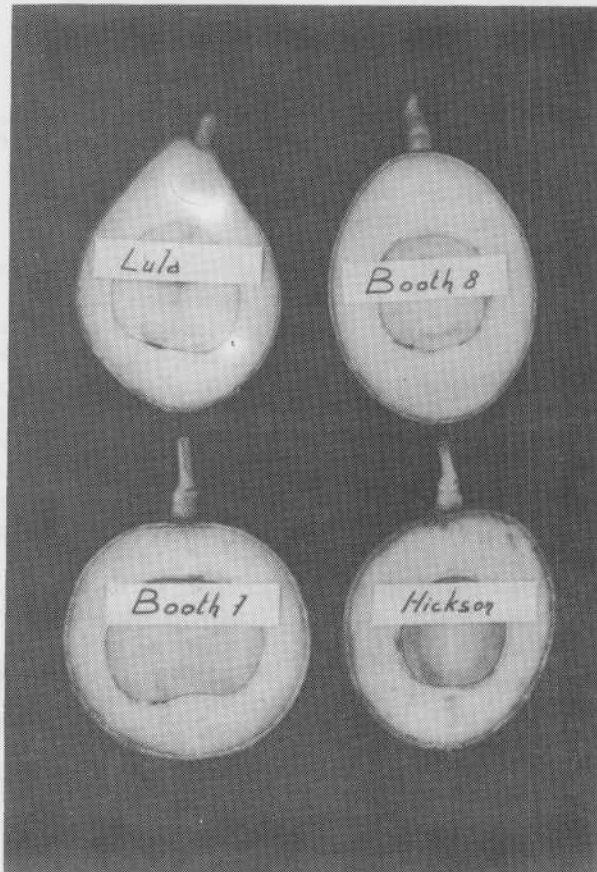


Photo 2 - Coupe longitudinale faisant apparaître les différences d'épaisseur de l'épicarpe.

du nombre de lenticelles. Ces dernières sont toujours plus nombreuses et plus petites à la base du fruit, principalement au voisinage de la cicatrice laissée par le stigmate. Cependant, l'effet de la densité lenticellaire peut être masqué par une différence sensible de l'épaisseur du péricarpe : c'est le cas par exemple pour la zone pédonculaire de 'Lula', et à un moindre degré pour la partie basale de 'Booth 8' (fig. 1). La relation précédente est alors inversée et la pente de la courbe devient positive. Pour 'Lula', les échanges gazeux sont plus importants vers le sommet du fruit malgré une distribution de lenticelles analogue à celle des autres variétés. L'épaisseur de sclérenchyme à ce niveau n'est en effet que de 1/2 mm (tableau 1).

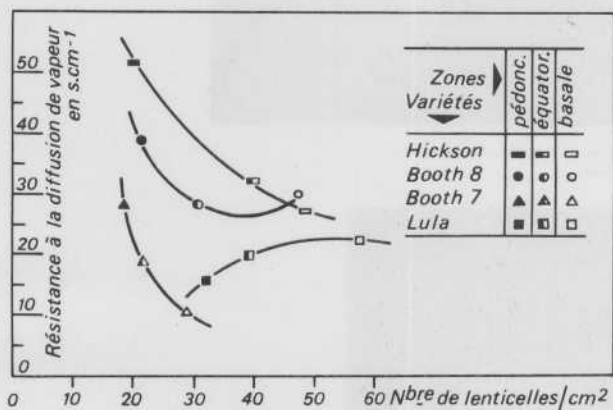


FIGURE 1 — GRADIENT D'INTENSITE DE LA RESISTANCE A LA DIFFUSION GAZEUSE DANS LES ZONES PEDONCULAIRE, EQUATORIALE ET BASALE DE QUATRE VARIETES D'AVOCAT, (moyenne de 6 lectures par point).

Tout se passe comme si le transfert des gaz était soumis à deux résistances placées en série : d'une part l'enveloppe épidermique proprement dite, d'autre part la coquille formée par le sclérenchyme sous-jacent. Au sein du mésocarpe oléifère (fig. 2), la porosité peut être considérée comparativement comme très grande par suite de la disposition assez lâche des tissus et de la proportion importante qu'occupent les espaces intercellulaires.

Les valeurs de la résistance à la diffusion gazeuse obtenues chaque 24 heures, sur les fruits après récolte, ont été groupées sur le tableau 2. Il n'existe pas de différences significatives au sein d'une même variété, entre les fruits considérés comme verts ou ceux estimés à point pour la récolte. Par contre, entre variétés provenant d'un même groupe, les différences sont significatives à 0,01 p. cent.

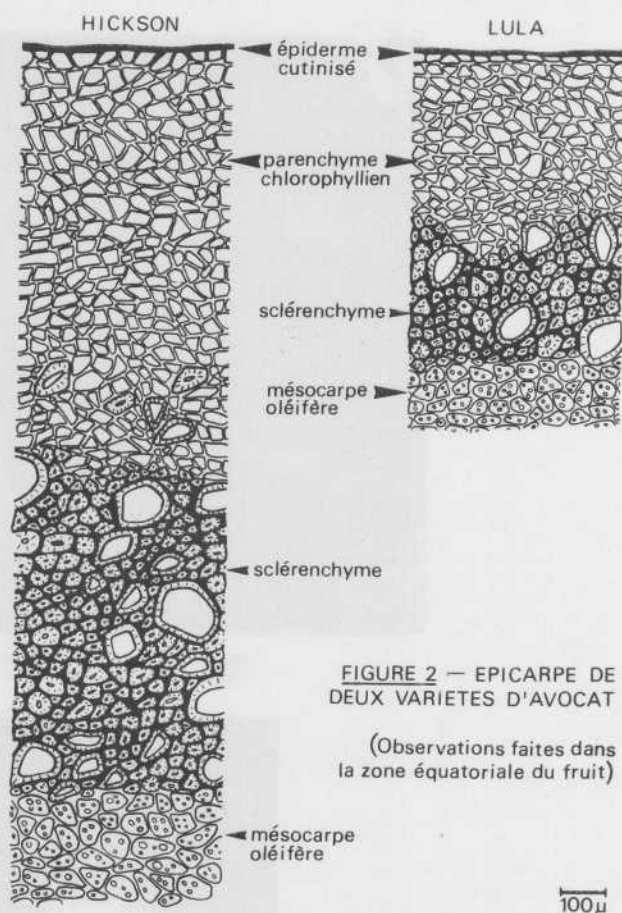


FIGURE 2 — EPICARPE DE DEUX VARIETES D'AVOCAT

(Observations faites dans la zone équatoriale du fruit)

Les mesures faites sur jeunes fruits de 6 à 8 semaines (fig. 3), ont donné des valeurs de résistance à la diffusion gazeuse proches de 5 s. cm<sup>-1</sup>, c'est-à-dire voisines de celles d'une feuille, cela quelque soit la variété. A ce stade de développement, on compte à la surface du fruit à peu près autant de stomates que de lenticelles. Avec la croissance, le volume du fruit augmente plus rapidement que sa surface et les stomates se transforment peu à peu en lenticelles probablement à la suite de distensions créées au niveau des cellules de garde. Il est fréquent alors de distinguer la trace de l'ancien stomate au centre du cratère lenticellaire. Dans le même temps la différenciation du sclérenchyme de l'épicarpe a lieu, si bien que 4 mois après la floraison, les jeunes fruits commencent à présenter des valeurs de résistance à la diffusion gazeuse caractéristiques de leur variété (fig. 3).

La perte de poids enregistrée entre le moment de la cueillette et le pic climactérique, est fonction des valeurs de la résistance à la

TABLEAU 2

Valeurs de la résistance à la diffusion gazeuse en s.cm<sup>-1</sup> mesurée chaque 24 heures dans la zone équatoriale de trois fruits (moyenne des trois mesures). La cueillette a eu lieu le 23/5/69 au soir.

Dates d'observation	Fruit vert				Fruit au stade normal de cueillette			
	Booth 7	Booth 8	Lula	Hickson	Booth 7	Booth 8	Lula	Hickson
24/5/1969	12,4	31,0	17,4	39,1	16,7	33,2	10,6	45,7
27/5	10,7	48,3	18,4	33,4	15,6	23,0	11,8	45,8
28/5	12,4	32,7	15,6	30,6	13,4	22,4	6,9	34,2
30/5	14,4	38,1	19,6	31,4	20,2	22,9	13,7	43,8
31/5	12,4	41,6	19,2	34,3	17,4	20,6	22,1	35,3
1/6	10,3	39,9	16,7	26,5	18,3	22,1	14,8	24,8
2/6	17,1	39,9	21,2	44,9	18,4	20,9	14,4	32,6
3/6	18,5	mûr	mûr	mûr	23,6	mûr	mûr	mûr
5/6	22,7	"	"	"	18,9	"	"	"
	m=14,5 ± 1,6	m=38,7 ± 2,9	m = 18,3 ± 0,9	m = 34,3 ± 3,1	m = 18,0 ± 1,1	m = 23,5 ± 2,2	m = 13,4 ± 2,4	m = 37,4 ± 4,1
	Dispersion	Nddl	Estimation de la variance	Rapport des variances	Dispersion	Nddl	Estimation de la variance	Rapport des variances
	$S_t^2 = 3.798$	29	$uf = \frac{S_f^2}{3} = 1047$	$\frac{uf}{ur} = 48$	$S_t^2 = 2.458$	29	$uf = \frac{S_f^2}{3} = 741$	$\frac{uf}{ur} = 83$
	$S_f^2 = 3.142$	3	$ur = \frac{S_r^2}{29} = 22$		$S_t^2 = 2225$	3		
	$S_r^2 = 656$	26			$S_r^2 = 233$	26	$ur = \frac{S_r^2}{26} = 8,9$	

Les valeurs de F. données par la table de Snedecor sont de 2,97 pour une probabilité de 95 p. cent et de 4,64 pour une probabilité de 99 p. cent.



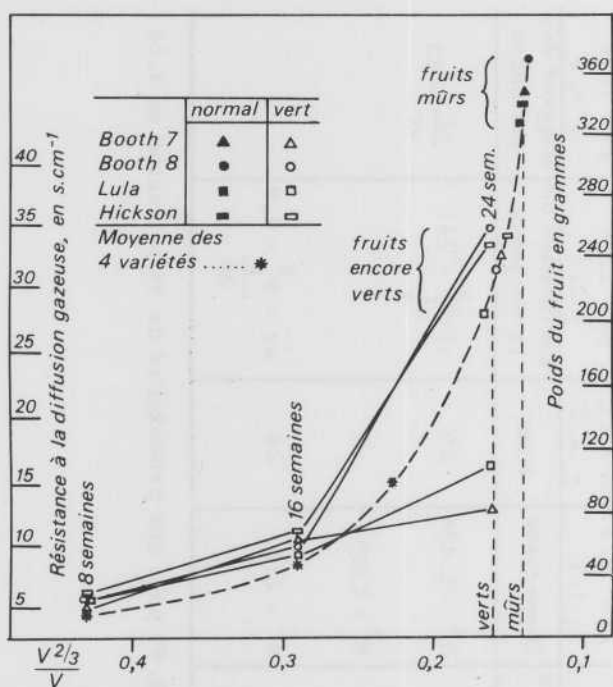


FIGURE 3 — COURBES DE L'EVOLUTION DU POIDS DU FRUIT (---) ET DE LA RESISTANCE A LA DIFFUSION GAZEUSE (—) DANS LA ZONE EQUATORIALE EN FONCTION DU RAPPORT  $\frac{SURFACE (V^2/3)}{VOLUME V}$ .

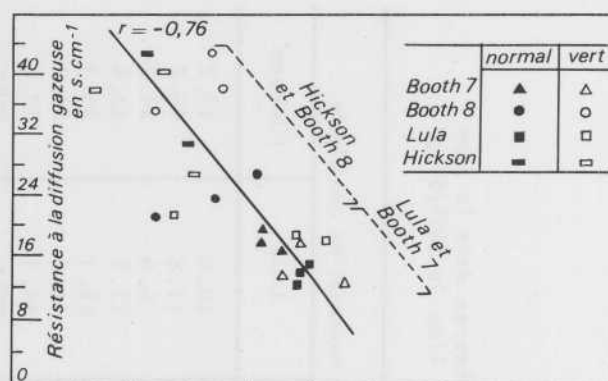


FIGURE 4 — RESISTANCE A LA DIFFUSION GAZEUSE DE QUATRE VARIETES D'AVOCAT, COMPAREE A LA PERTE DE POIDS ENTRE LA RECOLTE ET LA COMPLETE MATURITE. Les fruits ont été cueillis soit au stade habituel, soit 2 semaines avant ce stade.

diffusion comme on pourrait le voir sur la fig. 4. Ces deux données sont inversement proportionnelles, ce qui est conforme aux équations de diffusion.

Lorsque l'épaisseur de l'épicarpe est important, la perte de poids par rapport au poids initial n'est que de 6 à 7 p. cent contre 11 à 12 p. cent dans l'hypothèse inverse.

## CONCLUSION

L'avocat est un fruit climactérique. Le déclenchement de sa crise respiratoire se trouve sous la dépendance de multiples facteurs. Les plus immédiats sont des facteurs internes tels que des changements de perméabilité membranaire au niveau des cellules du mésocarpe et la synthèse d'éthylène (hormone de maturation). La vitesse de maturation dépend également de facteurs externes sur lesquels il est possible d'agir en partie : température, atmosphère d'entrepôt (CO<sub>2</sub>, oxygène ...) chacun d'eux intervenant à partir d'un seuil critique minimum.

Dans les conditions de l'expérimentation présente, il n'a pas été observé d'écart sensible dans le temps mis par les différentes variétés pour atteindre leur complète maturité malgré les différences significatives de porosité de l'épicarpe. Mais, il n'est pas dit que les fruits à peau épaisse du type 'Hickson' et 'Booth 8' répondent aussi bien que les autres à un traitement en atmosphère contrôlée. En

modifiant la composition de l'air, on cherche en effet à égaliser les concentrations en gaz de part et d'autre de l'épiderme, et ce traitement n'a des répercussions rapides sur la physiologie (ralentissement de la maturation par exemple) que dans l'hypothèse d'une faible résistance à la circulation des gaz au niveau de l'enveloppe du fruit.

Il serait intéressant de poursuivre les recherches dans ce sens. D'autant que les techniques nouvelles de mise en régime gazeux et de stabilisation des fruits se modernisent rapidement : une des plus récentes étant l'utilisation de brûleurs catalytiques générateurs d'azote ou consommateurs d'oxygène au sein de la chambre d'entrepôt. Un tel dispositif équipe déjà de nombreux bateaux assurant le transport hebdomadaire de fruits et légumes entre la Californie et Hawaii. Il est certain que la sélection future portera essentiellement sur les fruits qui répondent le mieux à de tels traitements.

## BIBLIOGRAPHIE

ULRICH (R.) - La vie des fruits  
ed. Masson, 1952, 365 p.

ULRICH (R.) et MARCELLIN (P.) - Traitements des fruits et des légumes après récolte à l'aide d'atmosphères spéciales.  
*Annales de la Nutrition et de l'Alimentation*, 1968, vol. 22, n° 6, p. 13-74.

MARCELLIN (P.) - Etude de la diffusion des gaz à travers les pores des organes végétaux. Cas d'un fruit massif, la pomme.  
Dans : Phénomènes de transport avec changement de phase dans les milieux poreux et

colloïdaux.

*Colloques internationaux du CNRS*, 1967.

SACHER (J.A.) - Relations between changes in membrane permeability and the climacteric in banana and avocado.  
*Nature*, n° 4841, vol.195, p. 577-578, 1962.

Pour les nouveaux procédés de stabilisation voir également :

DEWEY (D.H.) et PFLUG (I.J.) - Quarterly Bull. Michigan Agric. Exp. Station, 1963, 45, n° 3, p. 387-395.

JENSEN (P.W.) - Transac. Amer. Soc. Agric. Eng., 1966, 9, p. 449-454.





### ENREGISTREURS

température  
humidité  
pression de l'air

## BLET

INSTRUMENTS DE MESURE  
ET DE CONTRÔLE DE PRÉCISION  
75-PARIS (X°)  
132, faubourg St-Denis  
Tél. 206.44.16 (3 lignes gr.)  
TELEX: BLET PARIS N° 23.889  
BORDEAUX • LYON • STRASBOURG



Contre la moisissure des agrumes

# SUPER-PENTABOR N



S.A. BORAX FRANÇAIS, 8, rue de Lorraine, 78 - SAINT-GERMAIN-EN-LAYE