

# Evolution de quelques caractères physico-chimiques de l'avocat après sa récolte.

J. MARCHAL \*

avec la collaboration de Y. BERTIN, H. HALLOUET et X. PERRIER

EVOLUTION DE QUELQUES CARACTERES PHYSICO-CHIMIQUES DE L'AVOCAT APRES SA RECOLTE.

J. MARCHAL

avec la collaboration de Y. BERTIN, H. HALLOUET et X. PERRIER

*Fruits*, Dec. 1983, vol. 38, n° 12, p. 821-826.

RESUME - Après cueillette, la crise climactérique d'avocats 'Lula' de Martinique, en fin de croissance, se caractérise, outre la variation typique de leurs échanges gazeux, par une variation symétrique de la conductance de leur pulpe, une diminution de leur teneur en mannoheptulose et une augmentation de celles en glucose, fructose, saccharose et en huile.

Le stockage en chambre froide bloque l'évolution de la conductance qui sera plus rapide après cette conservation.

La mesure de la conductance pourrait permettre la détermination de l'état des fruits pour une consommation au moment le plus favorable.

L'avocat, fruit climactérique, ne termine son évolution qu'après la cueillette. Ses qualités gustatives dépendent entre autres du stade de maturité auquel il aura été cueilli; un fruit est donc à maturité s'il évolue, après sa récolte, de façon à être agréable à déguster. Le déclenchement après cueillette de la crise climactérique s'accompagne du ramollissement de la pulpe qui la rend consommable. Il est important de pouvoir reconnaître le stade de maturité des fruits : or, seuls, quelques cultivars présentent sur l'arbre une modification d'aspect qui permet de déterminer ce stade ; c'est le cas, par exemple, de 'Collinson Red' dont la peau se colore en rouge.

\* - J. MARCHAL et X. PERRIER - IRFA - B.P. 5035

34032 MONTPELLIER CEDEX (France)

Y. BERTIN - IRFA - B.P. 180 - 97455 SAINT PIERRE CEDEX.  
(Réunion)

H. HALLOUET - IRFA Martinique - Station de Rivière Lézarde

Plusieurs critères ont été proposés (3, 5, 8, 17, 23), certains sont utilisés dans différents pays producteurs :

- la teneur en huile (13) mais elle est très variable avec les cultivars et d'un fruit à l'autre (28). Sa mesure n'est pas aisée ; toutefois, la détermination de la teneur en eau, beaucoup plus simple, permettrait de la calculer car la somme des taux d'huile et d'eau serait constante pour chaque cultivar (20, 26).

- la teneur en matière sèche (15, 19).

- les mensurations du fruit (10, 12). Mais un petit fruit peut être à un stade de maturité plus avancé qu'un fruit plus gros. Le taux d'accroissement journalier conviendrait mieux : il doit être nul à maturité (16).

- la couleur et la texture de la pulpe (27).
- la densité du fruit (11).
- la couleur de l'enveloppe de la graine (9).
- la teneur en sucres (1), en protéines (25).
- les tests de dégustation (18).
- le changement des caractéristiques optiques (réflectance et transmittance) (29) ou électriques (capacitance, impédance) (2).
- la réaction du fruit à des applications d'éthylène (30).

Aucun test physique ou chimique n'est pleinement satisfaisant (11) et la dégustation paraît être la plus fiable (14).

On s'est proposé d'étudier la variation et la variabilité de différents caractères physico-chimiques de fruits au moment de leur cueillette et pendant la phase climactérique. Les mesures ont été effectuées sur des avocats 'Lu-la' de Martinique dont la croissance, suivie par l'évolution de leur diamètre et leur longueur maxima, était pratiquement terminée.

#### CARACTERES MESURES

Après avoir mesuré les échanges respiratoires (6) on a analysé sur les mêmes fruits ou des fruits du même lot :

- l'évolution du poids du fruit après sa récolte ; les relations entre le poids du noyau et celui de la pulpe.
- la variation, dans le temps, de la conductance du fruit. La conductimétrie est une méthode de mesure électrochimique qui permet de suivre l'évolution de la concentration des électrolytes d'un milieu. Or, après la récolte, des réactions biochimiques modifient la structure et la composition des tissus de l'avocat et doivent donc provoquer une évolution de leur conductance (7).
- les teneurs en eau, huile, sucres et amidon de la pulpe et son acidité.

#### TECHNIQUES UTILISEES

##### Conductimétrie.

Le conductimètre utilisé (METROHM) est portatif, la tension de mesure est de 100 mV.

Les électrodes sont constituées de deux aiguilles en acier nickelé inoxydable, de 0,8 mm de diamètre, écartées de 8 mm et longues de 10 mm, afin d'une part de donner un signal bien lisible et, d'autre part, de ne pas atteindre

le noyau du fruit. Ces électrodes sont assemblées dans un bloc d'araldite et reliées par un conducteur souple (diamètre 0,8 mm) au conductimètre.

Avant toute mesure, l'appareil est étalonné avec une solution de référence de chlorure de potassium normale, de conductance connue.

Les électrodes sont piquées à fond dans la zone la plus large du fruit perpendiculairement à sa surface. Quatre mesures sont faites pour chaque fruit (une tous les 90°) ; il a été constaté que les variations sont faibles sauf lorsqu'une zone du fruit est lésée (choc, parasitisme ...). Si les mesures doivent se répéter dans le temps sur un même fruit, une seule sera effectuée à chaque date. Si les électrodes sont plantées directement dans la pulpe - fruit coupé en deux - ou à travers la peau, les résultats sont très voisins, sauf lorsque le fruit est très évolué : la conductance est alors plus élevée par la mesure directe dans la pulpe.

##### Teneur en matière sèche.

Elle est obtenue par pesée d'une aliquote de la pulpe avant et après dessiccation sous infra-rouge à 70°C, jusqu'à poids constant.

##### Teneur en huile.

Elle est mesurée dans l'échantillon déshydraté, par épuisement en soxhlet à l'hexane.

##### Les sucres.

Ils sont identifiés et dosés par chromatographie en couche mince et liquide moyenne pression, après extraction à l'alcool éthylique d'une aliquote de pulpe fraîche ; l'acidité libre et totale est dosée sur le même extrait. L'amidon est déterminé sur le résidu solide de l'extraction, par réaction enzymatique à la glucose-oxydase après une hydrolyse acide.

Par ailleurs, des mesures de respirométrie avaient été effectuées, sur certains des fruits analysés, avant toute autre manipulation (6).

#### RESULTATS

##### Conductimétrie.

##### Evolution sur l'arbre.

Lorsque l'expérimentation a débuté en octobre 1981, les fruits avaient pratiquement atteint leur plein développement.

Des mesures de conductimétrie de fruits en place sur les arbres, n'ont pu être effectuées que pendant un laps de temps très court (10 jours) avant la cueillette. La conduc-

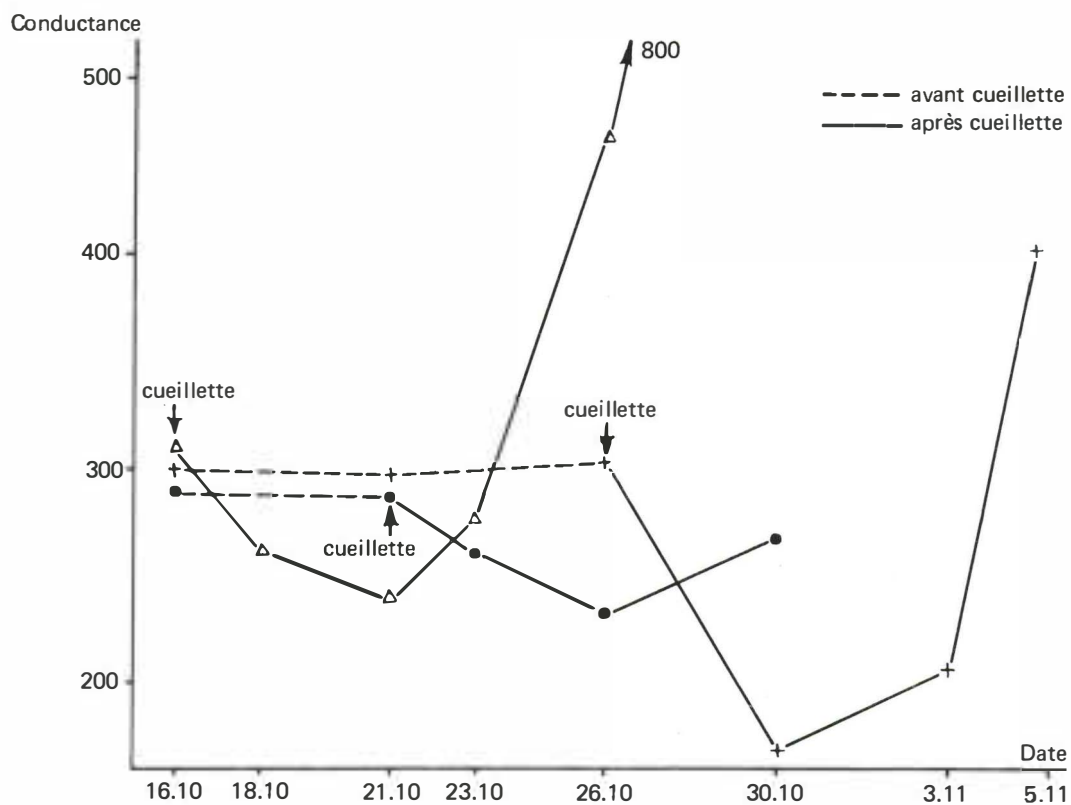


Figure 1 - EVOLUTION DE LA CONDUCTANCE D'AVOCATS 'LULA'.

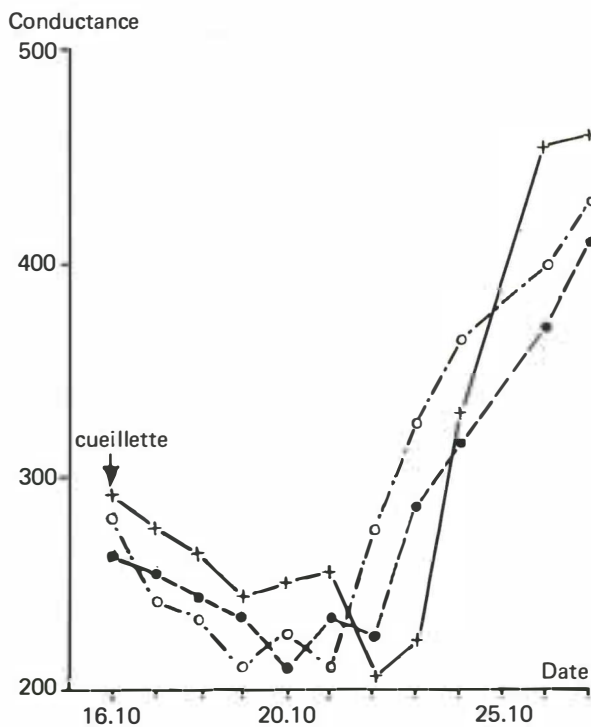


Figure 2 - VARIATION JOURNALIERE DE LA CONDUCTANCE DE FRUITS CUEILLIS, CONSERVES A TEMPERATURE AMBIANTE.

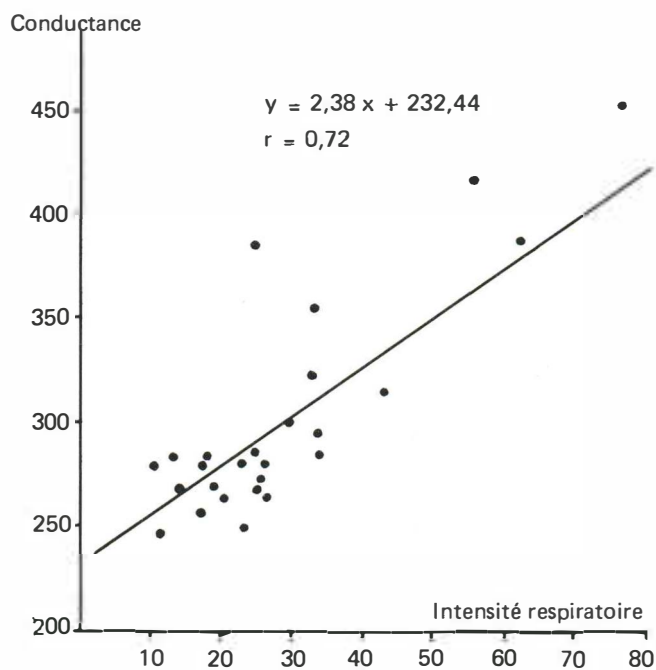


Figure 3 - RELATION ENTRE L'INTENSITE RESPIRATOIRE (ml d'oxygène) ET LA CONDUCTANCE.

tance était stable (figure 1).

#### *Evolution après cueillette.*

##### ● Fruits conservés à température ambiante.

L'évolution est très rapide, répétitive d'un fruit à l'autre et paraît donc être caractéristique au moins pour des fruits en fin de croissance (figures 1 et 2). Une valeur minimale est atteinte 3 à 4 jours après la récolte, puis un accroissement important est observé à partir du 5e ou 6e jour. Lorsque le fruit n'est plus consommable, les valeurs sont alors très élevées (> 3000).

La courbe obtenue est à rapprocher de celle du pic climactérique, exprimé en consommation d'oxygène (6), qui atteint son maximum alors que la conductance est minimale ; cette dernière s'accroît ensuite tandis que le taux d'oxygène absorbé se réduira. BEAN et al. (2) avaient également montré que l'impédance du fruit était minimale alors que son intensité respiratoire était maximale.

La corrélation entre l'intensité respiratoire des fruits et leur conductance, mesurée sensiblement au même moment (un ou plusieurs jours après cueillette) est relativement étroite ( $r = 0.72$ ) (figure 3).

Il est observé (figure 1) que plus la date de cueillette a été tardive plus le minimum de conductance est faible ; ce caractère doit cependant être vérifié.

Par des tests de dégustation, il a été établi que lorsque la conductance atteint une valeur de 400-500, avec le type d'électrodes utilisées, le fruit est à point pour être consommé et qu'au-dessus d'une valeur de 900 à 1000 la qualité gustative se dégrade.

Des mesures effectuées sur plusieurs cultivars produits en Corse, ont montré que la conductance est voisine pour différents fruits du même cultivar, et qu'elle peut être différente entre cultivars lorsqu'ils sont bons à consommer :

Bacon	380	Fuerte	380
Hass	540	Nowels	320
Irving	400	Regina	450
Fuca	360	Zutano	340

En améliorant la technique il est possible d'envisager un test permettant de proposer des fruits qui soient consommables dans un délai déterminé.

##### ● Influence de la conservation en chambre froide.

Pendant la conservation en chambre froide à 8°C, la conductance des fruits est stable sauf si l'évolution de ceux-ci est déjà très avancée à la mise au froid.

A la sortie de la chambre froide à 8°C après 3, 6 ou 10 jours, la conductance est pratiquement la même mais l'évolution est par la suite d'autant plus rapide que le

stockage à 8°C a duré plus longtemps (tableau 1). Plus la conservation au froid a été longue, plus la période de décroissance de la conductance est courte et plus le minimum atteint est élevé.

Il a été constaté que la présence ou non d'un long pédoncule n'influence pas ces mesures.

#### Poids du fruit et teneur en matière sèche.

Pour une même quantité de pulpe le poids du noyau varie et représente de 16 à 32 p. 100 du poids du fruit. La corrélation « poids de la pulpe - poids du noyau » est faible ( $r = 0,57$ ), alors que celle entre cette même pulpe et le diamètre maximum du fruit est très étroite ( $r = 0,90$ ), mais ne permet pas pour autant de déterminer l'état de maturité.

La teneur en matière sèche de la pulpe est également variable (de 15,7 à 26,6 p. 100 du poids frais) même pour des fruits issus d'un même arbre, la position sur l'arbre ayant une influence sur ce caractère (21). A température ambiante le poids du fruit décroît régulièrement ; la perte de poids sera d'environ 20 p. 100 14 jours après la cueillette mais alors ces fruits ne seront pas les plus riches en matière sèche. Cette perte de poids n'est donc pas due à la seule transpiration.

#### Teneurs en huile.

Elles sont comprises entre 7,5 et 15,2 p. 100 de la matière fraîche. Rappelons qu'il s'agit de fruits ayant pratiquement terminé leur croissance et que la cueillette s'est étalée sur trois semaines. Cette variation de teneur est indépendante de la date de prélèvement.

Dans l'ensemble, le taux d'huile est d'autant plus fort que la teneur en matière sèche est forte donc que celle en eau est faible. Mais la seule détermination de la teneur en eau ne suffit pas dans le cas présent : la somme eau + huile varie de 88,0 à 93,9 p. 100 avec une moyenne de 90,7 et un coefficient de corrélation relativement bas ( $r = 0,69$ ). Après la cueillette le taux d'huile tend à augmenter en rapport très probable avec la perte de poids et la transpiration (tableau 2).

#### Teneurs en sucres et en amidon.

En accord avec les résultats déjà publiés (4, 24), le mannoheptulose - sucre en C7 - est le sucre quantitative-ment le plus important dans la pulpe. Sa teneur décroît à partir du quatrième jour après la cueillette (tableau 2) alors que celles du glucose, du fructose et du saccharose, s'accroissent mais sont toujours faibles.

D'autres sucres ont été identifiés à l'état de traces indosolubles ; ainsi le mannose apparaît progressivement après la cueillette. La présence du galactose, xylose, ribose, cellobiose a été mise en évidence dans certains fruits seule-

TABLEAU 1 - Influence de la conservation en chambre froide sur la conductance des fruits mesurée après 7 à 8 jours de stockage à la température ambiante.

Nombre de jours en chambre froide à température ambiante	0	3	6	10
	7	7	8	7
Total après la cueillette	7	10	14	17
Conductance { moyenne valeurs extrêmes	379 380-410	450 360-490	484 450-540	604 520-750

TABLEAU 2 - Variation des teneurs en huile, sucres et amidon, dans la pulpe d'avocat 'Lula' de Martinique. (traces : teneur inférieure à 0,05 p. 100 de la MF).

Nombre de jours après cueillette		huile		sucres p.100 MF				amidon p.100 MF	
		p.100 MS	p.100 MF	manno-heptulose	glucose	fructose	saccharose		totaux
1	moyenne	47,3	9,6	2,04	0	≈0	≈0	2,0	0,35
	valeurs extrêmes	39,1-55,2	7,5-12,6	1,7-2,5	0	0 à traces	0 à traces	1,7-2,5	0,06-1,36
3	moyenne	50,0	10,3	2,03	0	≈0	≈0	2,0	0,23
	valeurs extrêmes	47,0-54,4	9,6-11,7	1,5-2,3	0	0 à traces	0 à traces	1,8-2,4	0,13-0,32
4	moyenne	50,0	9,4	1,77	≈0	≈0	≈0,20	1,9	0,32
	valeurs extrêmes	43,3-58,9	7,9-12,0	1,3-2,3	0 à traces	0 à traces	0 à traces	1,4-2,5	0,12-0,70
6 à 8	moyenne	59,5	11,9	1,42	≈0,14	≈0,11	≈0,28	2,0	0,32
	valeurs extrêmes	52,4-70,0	9,7-15,1	1,0-2,0	traces à 0,30	traces à 0,20	traces à 0,70	1,5-2,8	0,06-0,92
10 et plus	moyenne	56,8	12,0	1,32	≈0,24	≈0,20	≈0,29	2,1	0,28
	valeurs extrêmes	48,0-63,5	9,2-15,2	0,5-1,7	traces à 0,50	traces à 0,50	traces à 0,80	1,3-3,4	0,08-0,83

TABLEAU 3 - Corrélations entre les différents caractères mesurés.

	poids de la pulpe	diamètre du fruit	longueur du fruit	poids du noyau	conductance	teneur en matière sèche (M.S.)	teneur en huile
diamètre du fruit	0,90						
longueur du fruit	0,76	0,58					
poids du fruit	0,57	0,76	0,32				
conductance	- 0,13	- 0,14	- 0,09	- 0,28			
teneur en M.S.	0,40	0,40	0,33	0,17	0,14		
teneur en huile	0,23	0,27	0,18	0,11	0,46	0,69	
teneur en sucres	0,24	0,15	0,26	0,05	- 0,14	0,34	0,15

ment.

Il a été observé au cours d'une expérimentation avec des fruits du cultivar 'Lula', provenant du Cameroun que la relation teneur en sucres-qualité gustative était meilleure que la relation teneur en huile-qualité gustative.

L'amidon représente une très faible fraction dans la pulpe (de 0,06 à 1,36 p. 100 de sa masse fraîche) et indépendamment de l'état du fruit (tableau 2). Ces résultats sont en contradiction avec ceux de PESIS et al. (22) sur 'Fuerte' dont l'activité de l'amylase s'accroît après la

récolte et provoque une diminution de l'amidon, qui est encore moins abondant que dans 'Lula' (0,25 p. 100 de la masse fraîche au moment de la cueillette).

#### Acidité.

Les mesures d'acidité n'apportent pas d'information particulière. Quel que soit l'état du fruit, elle varie tout autant dans la même fourchette de valeur :



Acidité libre : de 0,8 à 1,7 mé.pour 100 g  
Acidité totale : de 6,0 à 16,0 mé.pour 100 g

### CONCLUSION

Les mesures de conductance ne sont pas corrélées avec les teneurs en eau et en sucres ; elles le sont plus avec celles en huile et encore plus avec la respirométrie (tableau 3). L'évolution de la conductance pourrait traduire celle du fruit après sa cueillette. Elle est mesurée avec un matériel plus simple que celui employé pour la détermination des échan-

ges gazeux.

Par un étalonnage avec des tests de dégustation la conductance pourrait éventuellement être utilisée pour caractériser le stade des fruits et pour déterminer la période pendant laquelle ils peuvent être consommés.

Pendant la phase de croissance des fruits sur l'arbre, si la composition en électrolytes est modifiée, une évolution de la conductance est possible. On doit rechercher si une variation caractéristique de celle-ci ne permet pas d'estimer l'état de maturité, donc l'époque de récolte, des avocats.

### BIBLIOGRAPHIE

1. BEAN (R.C.). 1958.  
Changes in sugars during growth and storage of avocados.  
*Yearbook Calif. Avocado Society*, vol. 42, p. 90-93.
2. BEAN (R.C.), RASOR (J.P.) et PORTER (G.G.). 1960.  
Changes in electrical characteristics of avocados during ripening.  
*Yearbook Calif. Avocado Society*, vol. 44, p. 75-78.
3. BEAN (R.C.). 1962.  
Avocado maturity studies : a discussion of possible applications of various physical measurements to non-destructive testing.  
*Yearbook Calif. Avocado Society*, vol. 46, p. 94-99.
4. BIALE (J.B.) et YOUNG (R.E.). 1971.  
The avocado pear.  
in : «The Biochemistry of fruits and their products».  
*Hulme A. C. ed., Academic press*, vol. 2, p. 2-63.
5. CAMPBELL (C.W.) et MALO (S.E.). 1978.  
Review of methods for measuring avocado maturity in Florida.  
*Proceedings of the tropical region, Am. Soc. Hort. Sci., 26th annual meeting (Santiago - Chili)*, p. 16-26.
6. COLLIN (M.N.), MARCHAL (J.) et PERRIER (X.). 1982.  
Critères de maturité des avocats 'Lula' en Martinique.  
Compte rendu des travaux d'octobre-novembre 1981.  
*Doc. IRFA*, 22 p.
7. DEULLIN (R.). 1980.  
La conductance électrique de la peau de la banane, une caractéristique physique utilisable pour mieux déterminer l'évolution du fruit.  
*Fruits*, 35 (5), 273-281.
8. DURAND (B.J.). 1981.  
A model for fruit ripeness.  
*Yearbook S.A. Avocado Grower's Association*, vol. 4, p. 39-41.
9. ERICKSON (L.C.). 1966.  
Seed coat thickness : a guide to avocado maturity.  
*Calif. Citogr.*, vol. 51, p. 260-261.
10. HARDING (P.L.). 1954.  
The relation of maturity to quality in Florida avocados.  
*Flor. St. Hort. Soc.*, vol. 67, p. 276-280.
11. HARKNESS (R.W.). 1954.  
Chemical and physical tests of avocado maturity.  
*Flor. St. Hort. Soc.*, vol. 27, p. 248-250.
12. HATTON (T.T.), HARDING (P.L.) et REEDER (W.F.). 1964.  
Seasonal changes in Florida avocados.  
*Technical Bulletin n° 1310 U.S. Dept. of Agric.*, 47 p.
13. KIKUTA (Y.) et ERICKSON (L.C.). 1968.  
Seasonal changes of avocado lipids during fruit development and storage.  
*Yearbook Calif. Avocado Society*, vol. 52, p. 102-108.
14. LEE (S.K.). 1981.  
A review and background of the avocado maturity standard.  
*Yearbook Calif. Avocado Society*, vol. 65, p. 101-109.
15. LEE (S.K.), YOUNG (R.E.), SCHIFFMAN (P.M.) et COGGINS (C.W.). 1983.  
Maturity studies of avocado fruit based on picking dates and dry weight.  
*J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 108 (3), 390-394.
16. LEE (S.K.) et YOUNG (R.E.). 1983.  
Growth measurement as an indication of avocado maturity.  
*J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 108 (3), 395-397.
17. LEWIS (C.E.). 1978.  
The maturity of avocados. A general review.  
*J. Sci. Fd Agric.*, vol. 29, p. 857-866.
18. LEWIS (C.E.), DETTMANN (E.B.) et BATTYE (W.). 1979.  
The use of taste panels in evaluating the maturity of N.S.W. avocados.  
*Food technology in Australia*, sep., p. 394-396.
19. MORRIS (R.) et O'BRIEN (K.). 1980.  
Testing avocado for maturity.  
*Yearbook Calif. Avocado Society*, vol. 64, p. 67-70.
20. PEARSON (D.). 1975.  
Seasonal English market variations in the composition of South African and Israeli avocados.  
*J. Sci. Fd Agric.*, vol. 26, p. 207-209.
21. PERRIER (X.). 1980.  
Echantillonnage de l'avocatier.  
*Doc. R.A. IRFA*, n° 96, 24 p.
22. PESIS (E.), FUCHS (Y.) et ZAUBERMAN (G.). 1978.  
Starch content and amylase activity in avocado fruit.  
*J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 103 (5), p. 673-676.
23. ROWELL (A.W.G.) et DURAND (B.D.). 1982.  
Avocado fruit quality studies in the Nelspruit area from 1977-1981.  
*Yearbook S.A. Avocado Grower's Association*, vol. 5, p. 28-29.
24. SHAW (P.E.), WILSON (C.W.) et KNIGHT (R.J.). 1980.  
High performance liquid chromatographic analyse of D. manno heptulose, perseitol, glucose and fructose in avocado cultivars.  
*J. Agric. Food Chem.*, vol. 2, p. 379-382.
25. STAHL (A.L.). 1933.  
Avocado maturity studies.  
*Florida. St. Hort. Soc.*, vol. 46, p. 123-133.
26. SWARTS (D.H.). 1976.  
N praktiese avokado oliebepalings metode vir produsente.  
*The Citrus and Subtropical Fruit Journal*, Jun., p. 8-14.
27. SWARTS (D.H.). 1981.  
Fermometer ondersoek by avokado's.  
*Yearbook S.A. Avocado Grower's Association*, vol. 4, p. 42-46.
28. YOUNG (R.E.) et KOO (S.L.). 1978.  
Avocado fruit maturity.  
*Yearbook Calif. Avocado Society*, vol. 62, p. 51-57.
29. ZACHARIAH (G.) et ERICKSON (L.C.). 1965.  
Evaluation of some physical methods for determining avocado maturity.  
*Yearbook Calif. Avocado Society*, vol. 49, p. 110-115.
30. ZAUBERMAN (G.) et FUCHS (Y.). 1973.  
Effect of ethylene on respiration rate and softening of avocado fruit at various stages of development.  
*Inst. int. du Froid, Paris*, annexe n° 3, p. 107-109.