

Etude de caractéristiques pomologiques et physico-chimiques de divers cultivars d'avocats produits en Corse.

Y. F. LOZANO, Julie V. RATOVOHERY et E. M. GAYDOU*

ETUDE DE CARACTERISTIQUES POMOLOGIQUES
ET PHYSICO-CHIMIQUES DE DIVERS CULTIVARS D'AVOCATS
PRODUITS EN CORSE.

Y. F. LOZANO, Julie V. RATOVOHERY et E. M. GAYDOU.

Fruits, Mai 1987, vol. 42, n° 5, p. 305-315.

RESUME - Une étude de diverses caractéristiques pomologiques (poids, longueur, diamètre, répartition pondérale de la masse de pulpe, de peau et de noyau), de conductance de la pulpe et de la teneur en eau et en huile, a été menée sur des fruits issus de quatre cultivars expérimentaux d'avocats produits sur la Station de Recherches agronomiques de Corse. Les variétés Bacon, Fuerte, Zutano et Lula ont été échantillonnées au cours de la campagne 1983 à différents stades de développement des fruits. Les mesures de ces paramètres et les analyses biochimiques ont été réalisées dès cueillette, avant la phase de ramollissement des fruits. La recherche de critères caractérisant le stade de développement du fruit sur l'arbre a permis de mettre en évidence un certain nombre de relations régissant l'évolution de ces paramètres au cours du développement du fruit.

INTRODUCTION

Un certain nombre de cultivars d'avocats (*Persea americana* MILL.) sont produits en Corse en vue d'étudier leur comportement dans des conditions agro-climatiques propres à la Station de Recherches agronomiques INRA-IRFA de San Giuliano. Le choix de ces variétés a été essentiellement guidé par la résistance de celles-ci aux basses températures rencontrées dans les régions méditerranéennes en certaines périodes de l'année (VOGEL, 1962). Les porte-greffe d'origine mexicaine, étant plus résistants au froid, ont la faveur sous ces climats (VOGEL, 1971). Par contre, ceux d'origine antillaise, plus sensibles aux basses tempé-

tures, présentent une meilleure adaptation aux sols fortement chargés en ions et à pression osmotique élevée que l'on peut rencontrer dans certaines zones géographiques à climat tempéré (IRFA, 1978). Les cultivars Bacon, Fuerte et Lula, hybrides guatémaltèques-mexicains, et le cultivar Zutano de race pure mexicaine ont été choisis pour réaliser une étude portant sur la composition en acides gras et en triglycérides de la pulpe du fruit. Cette étude, publiée par ailleurs (LOZANO et coll., 1985), permet de mettre en évidence certaines caractéristiques lipochimiques des cultivars étudiés et d'en comparer l'évolution au cours de la croissance du fruit. Dans le présent article, nous rapportons les résultats de l'étude comparative des diverses caractéristiques pomologiques et physico-chimiques des fruits au cours de leur développement.

* - Y.F. LOZANO - Laboratoire de Biochimie-Technologie des Produits végétaux tropicaux - IRFA/CIRAD Département fruitier - Domaine Saint Paul - 84140 MONTFAVET.
Julie V. RATOVOHERY - Division Alimentation et Nutrition, Direction d'Appui aux Recherches sur les Sciences de l'Environnement MRSTD, B.P. 4258 - ANTANANARIVO, République Démocratique de Madagascar.
E.M. GAYDOU - Laboratoire de Phytochimie - Ecole Supérieure de Chimie de Marseille, Université de Droit, d'Economie et des Sciences 13397 MARSEILLE CEDEX 13.

MATERIEL ET METHODES

Matériel.

Les fruits ont été sélectionnés par les agronomes chargés du suivi de la plantation d'avocats sur la Station agrono-

mique de Corse. Le repérage s'est effectué au moment de la floraison et de la nouaison des fruits selon la technique qu'ils utilisent classiquement en pareil cas. Un ensemble de 154 fruits nous a été adressé au Laboratoire en veillant à réduire au maximum les délais de transport entre le moment de la cueillette et le début des analyses afin de minimiser une éventuelle évolution physiologique des fruits. Ce laps de temps est généralement inférieur à 48 heures. Dans le cas contraire, les lots reçus sont écartés. Chaque lot est composé de 10-12 fruits de chaque variété. Quatre stades I, II, III, IV, ont été choisis pour les cueillettes et correspondent à 20, 25, 31, 36 semaines de développement des fruits sur l'arbre.

Méthodes.

Les fruits sont pesés et mesurés.

La conductimétrie de la pulpe fraîche est enregistrée sur un appareil de marque Knick, modèle 600, équipé d'un capteur constitué par deux électrodes en acier inoxydable dont la constante de cellule est vérifiée avant chaque série de mesures à l'aide d'une solution de calibration de NaCl 0.1 molaire de conductivité connue. Quatre piqûres, diamétralement opposées, sont effectuées dans la pulpe du fruit à travers la peau au niveau de la partie équatoriale du fruit, une autre au pôle proximal, une sixième au pôle distal.

La densité est calculée à partir de la mesure de la poussée d'Archimède reçue par les fruits plongés dans l'eau. Les fruits sont pelés, le noyau est retiré et pesé. La répartition du poids du fruit en ses différentes parties : peau, pulpe, noyau, est alors calculée. La pulpe fraîche est lyophilisée et la perte en poids mesurée permet d'en connaître la teneur en eau.

La pulpe, lyophilisée et broyée (10 g), est extraite à l'hexane dans un Soxhlet de 250 ml pendant 8 heures. La teneur en lipides neutres est alors calculée par rapport à la pulpe fraîche.

Etudes statistiques élémentaires des données brutes.

Les valeurs numériques sont relatives aux divers paramètres mesurés : poids, longueur, diamètre, conductimétrie (3 valeurs), répartition pondérale des diverses parties du fruit (p. 100 peau, pulpe, noyau), p. 100 en eau et en huile de la pulpe. Ces déterminations ont été réalisées pour les quatre stades de prélèvement et pour chacun des quatre cultivars étudiés. Chacun des fruits ayant été analysés individuellement, nous avons obtenu une collection de $154 \times 12 = 1848$ données brutes.

Ces données sont stockées sur disquettes au fur et à mesure de leur acquisition au laboratoire. Les analyses statistiques sont réalisées sur ces données organisées sous forme de tableau de calcul par l'intermédiaire d'un logiciel de type VISICALC tournant sur APPLE IIe 128 Ko. Les valeurs moyennes représentant chaque stade et relatives à chaque paramètre sont calculées automatiquement ainsi que les variances et les écart-types correspondants. L'obtention immédiate de ces informations autorise un contrôle tout aussi immédiat en laboratoire des résultats jugés statistiquement hors des normes déterminées à partir des

valeurs moyennes pour chaque stade et pour chaque cultivar.

Les valeurs moyennes sont comparées 2 à 2 consécutivement afin de vérifier si le paramètre mesuré est ou n'est pas significativement différent au seuil choisi pour deux stades consécutifs de prélèvement des fruits du cultivar étudié. Pour ce faire, la méthode du test T de Student, facilement programmable avec le progiciel utilisé, est employée. Elle est préférée au test F de Fisher qui, bien que plus rapide, est un test «global». Nous l'avons aussi préférée aux méthodes de Duncan ou de Newman et Keuls qui nous ont paru plus lourdes à utiliser dans la mesure où nous n'avions que trois comparaisons de moyennes à réaliser (M1-M2, M2-M3, M3-M4), les autres combinaisons ne nous intéressant pas. De plus, notre propos n'était ni de comparer les amplitudes entre moyennes ni de classer ces moyennes.

Bien que le test T de Student soit un test robuste, nous avons néanmoins vérifié l'hypothèse de l'égalité des variances des moyennes calculées, notamment lorsque le nombre d'observations relatif à un stade n'était pas identique à celui du stade suivant, pour le paramètre étudié. Le test de Hartley est alors utilisé en calculant la quantité $H = (s^2 \text{ max}) / (s^2 \text{ min})$, rapport de la variance max. à la variance min., et en la comparant à la valeur tabulée H dont le nombre de d.d.l. est pris en première approximation comme la moyenne des d.d.l. des deux séries d'observations considérées.

Au seuil de $P = 0.01$ l'hypothèse d'égalité des variances est confirmée dans la majorité des cas constitués par l'ensemble des observations du même paramètre. Ces observations sont effectuées à chacun des stades et pour chacun des cultivars étudiés. De même, la comparaison de deux moyennes consécutives selon le test T de Student, montre que ces dernières sont, pour une large majorité d'entre elles, statistiquement différentes au seuil de $P = 0.01$. Quand ces moyennes ne sont pas statistiquement différentes, elles ne le sont en général pas non plus aux seuils plus élevés que $P = 0.1$. Cependant, certaines le sont dès le seuil de 0.02 ou de 0.05. Pour plus de clarté dans la présentation des résultats, nous n'avons donc fait apparaître dans les tableaux le test de signification qu'au seuil de $P = 0.1$, englobant ainsi les quelques couples de moyennes significativement différents à ces seuils intermédiaires.

RESULTATS ET DISCUSSION

Nous avons retenu pour cette étude un certain nombre de caractères pomologiques, de conductance et physico-chimiques des quatre cultivars Bacon, Fuerte, Zutano et Lula que nous examinerons tout à tour. Nous comparerons et discuterons leur évolution au cours du temps en vue d'une recherche de critères caractérisant le développement physiologique du fruit.

Caractéristiques pomologiques des fruits étudiés.

L'examen du tableau 1, paramètre par paramètre, permet de noter une évolution a priori singulière des caractéristiques pomologiques (poids, longueur, diamètre) des

TABLEAU 1 - Caractéristiques pomologiques moyennes à différents stades de prélèvement des fruits des cultivars Bacon, Fuerte, Zutano, Lula.

Variétés	Stades de prélèvement (semaines)	Poids (g)		Longueur (mm)		Diamètre (mm)		p. 100 Peau			p. 100 Pulpe			p. 100 Noyau		
		moyenne	sm *	moyenne	sm *	moyenne	sm *	moyenne	sm *	sm *	moyenne	sm *	sm *	moyenne	sm *	sm *
Bacon	20	143	4.2 a	97	1.4 a	56	0.6 a	15	0.3 a	63	1.3 a	21	1.2 a			
	25	174	5.3 b	98	1.2 a	61	0.8 b	15	0.6 a	61	1.1 a	24	1.1 a			
	31	292	4.6 c	118	1.2 b	73	0.5 c	14	0.3 a	65	1.2 b	21	1.3 b			
	36	209	7.9 d	103	1.5 c	64	0.9 d	17	0.2 b	60	0.8 c	23	0.8 b			
Fuerte	20	186	5.3 a	106	2.3 a	62	0.7 a	11	0.3 a	76	0.7 a	14	0.7 a			
	25	168	8.5 b	96	2.5 b	61	1.0 a	16	0.9 b	65	1.0 b	19	0.5 b			
	31	256	9.9 c	120	2.4 c	69	0.9 b	15	0.4 c	65	0.9 b	20	0.7 c			
	36	232	10.6 c	107	2.4 d	65	1.0 c	18	0.6 d	62	0.8 c	21	0.7 c			
Zutano	20	157	5.5 a	96	1.5 a	59	0.9 a	13	0.4 a	65	1.4 a	23	1.3 a			
	25	207	10.5 b	113	2.4 b	64	1.2 b	15	0.9 b	66	1.3 a	18	1.2 b			
	31	261	7.9 c	116	1.4 b	70	0.7 c	16	0.5 b	61	1.0 b	24	1.0 c			
	36	355	13.5 d	134	2.6 c	74	1.3 d	14	0.6 c	67	1.2 c	19	1.3 d			
Lula	20	164	9.6 a	97	2.8 a	62	1.4 a	18	0.5 a	56	0.9 a	27	0.8 a			
	25	241	7.8 b	114	4.0 b	72	1.5 b	20	1.8 a	50	1.7 b	31	1.2 b			
	31	213	9.5 c	106	2.2 b	68	1.1 c	20	0.6 a	49	1.0 b	31	1.1 b			
	36	202	7.6 c	107	1.5 b	64	1.0 d	22	0.9 a	46	0.9 c	32	1.0 b			

* Si les lettres sont différentes, les moyennes en regard sont statistiquement différentes 2 à 2 consécutivement au seuil $P = 0.1$
sm : écart-type moyen.

fruits des cultivars Bacon, Fuerte et Lula. Si la variation croissante et régulière de ces paramètres avec l'âge du fruit paraît logique pour Zutano, on note des accidents pour Bacon et pour Fuerte pour lesquels les fruits du stade III (31 semaines) présentent des valeurs plus élevées pour ces paramètres que pour ceux relatifs aux fruits cueillis 5 semaines plus tard. De même, les fruits Lula cueillis à la 25e semaine sont plus gros que ceux cueillis aux 31e et 36e semaines.

Par contre, la comparaison statistique des moyennes relatives aux paramètres p. 100 peau, p. 100 pulpe, p. 100 noyau, indique clairement que les variations de chacun d'eux, d'un stade à l'autre, ne sont pas significatives au seuil $P = 0.1$. A l'échelle de l'intervalle de temps choisi entre chaque stade de cueillette, les fruits semblent donc conserver d'un stade à l'autre, une répartition pondérale constante entre la pulpe et le noyau. Cependant, l'analyse des valeurs prises par ces trois paramètres au cours du développement des fruits, permet de noter une évolution globalement décroissante pour le p. 100 pulpe et globalement croissante pour le p. 100 noyau et le p. 100 peau. Pour chacun des cultivars, la corrélation apparaissant entre ces paramètres est très hautement significative (au seuil $P = 0.01$ pour 40 observations en moyenne par paramètre) comme l'indiquent les résultats d'analyse statistique consignés dans les tableaux 4 à 7. En particulier, le p. 100 pulpe est dans tous les cas corrélé négativement au p. 100 noyau ($r = -0.8$ à -0.9) pour les quatre cultivars d'avocatiers étudiés. Ceci signifierait donc que les fruits, au moment de la récolte, présenteraient en général un rapport (poids pulpe/poids noyau) d'autant plus faible que les fruits sont plus âgés et ce, quel que soit leur poids total à ce moment-là.

L'évolution du poids des fruits en fonction du stade de cueillette montre une croissance rapide jusqu'au troisième

stade puis un palier, comme l'indiquent les courbes de la figure 1. Pour Zutano, le stade 4 est encore un stade où la croissance du fruit se poursuit de façon régulière sans ralentissement. Un stade supplémentaire aurait été nécessaire afin de pouvoir se prononcer sur le calibre que les fruits auraient atteint s'ils avaient pu se développer tout à loisir. Nous aurions pu ainsi vérifier si le cultivar Zutano pouvait effectivement donner les plus gros fruits.

Conductimétrie.

Pressentie comme test de détection de l'état de maturité des fruits, la conductimétrie a déjà été testée à plusieurs reprises sur certains fruits tropicaux comme la banane et l'ananas (DEULLIN, 1980 ; NOLIN, 1985). Il en ressort que d'une manière générale, la conductance augmente globalement plus ou moins rapidement, quand le fruit, une fois séparé de son organe nourricier (arbre ou plante), est laissé évoluer vers la maturité de consommation (BEAN et coll., 1962 ; ZACHARIAH et ERICKSON, 1965 ; LEE, 1981). Quand la pulpe du fruit évolue à la suite d'une meurtrissure, cette augmentation rapide intervient aussi au niveau de la zone abimée.

Cependant, très peu de résultats concernent l'évolution de la conductance de la pulpe des fruits au cours de leur développement sur l'arbre. Quelques résultats succincts semblent indiquer que ce paramètre mesuré au niveau de la peau de banane augmente avec l'âge des fruits (DEULLIN, 1980), alors qu'il paraît constant sur une courte période de dix jours précédant la date de cueillette de l'avocat (MARCHAL et coll., 1983).

La détermination du paramètre conductimétrie de la pulpe est une mesure difficile à appréhender sur avocat,

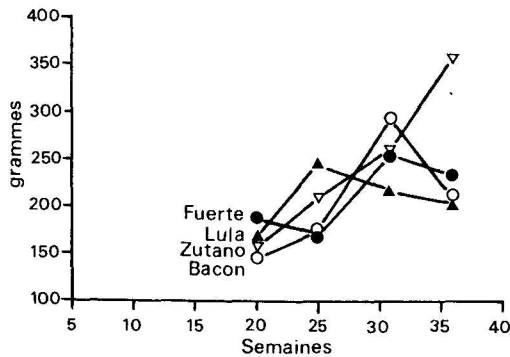


FIG. 1 • EVOLUTION DU POIDS MOYEN DES FRUITS DES DIVERS CULTIVARS D'AVOCATS DE CORSE AU COURS DE LEUR DEVELOPPEMENT SUR L'ARBRE DURANT LA CAMPAGNE 1983.

comme nous avons pu déjà le constater sur des avocats produits en zone tropicale (LOZANO, 1985). En effet, au cours de la mesure, la valeur enregistrée après piqûre de la pulpe évolue rapidement. L'évolution est d'abord exponentielle puis se stabilise ensuite une vingtaine de secondes plus tard à une valeur supérieure ou inférieure à la valeur initiale enregistrée suivant que le fruit traité est ou n'est pas dans la phase précédant le début du ramollissement de la pulpe. Les raisons de ces variations n'ayant pas été étudiées pour le moment, nous pouvons néanmoins signaler que la variation est toujours décroissante dans le cas de nos fruits analysés dès réception au laboratoire. Elle est croissante pour les fruits ayant évolué depuis leur cueillette et qui sont sur le point d'amorcer la phase de ramollissement de la pulpe, sans que cette dernière ne soit néanmoins perceptible à la pression du doigt sur le fruit (cas des fruits ayant souffert ou ayant été volontairement conservés après réception). Pour nos interprétations statistiques, nous avons

retenu la valeur à laquelle la conductance se stabilise.

Rappelons ici que la conductance de la pulpe d'un fruit est généralement considérée comme la résultante de deux phénomènes ayant un effet antagoniste :

- la diminution de la teneur en eau de la pulpe au fur et à mesure que le fruit se développe, ce qui engendre une diminution de sa conductance.

- l'augmentation de la perméabilité des parois cellulaires, due en partie à leur dégradation par des enzymes libérés *in situ* au cours de la phase de ramollissement de la pulpe, ce qui entraîne une augmentation de la conductance. Expérimentalement, l'évolution de la conductance de la pulpe au cours du temps est d'abord décroissante puis croissante pour un avocat que l'on laisse évoluer à température ambiante après cueillette. Ce fait a été observé très fréquemment. Deux exemples en sont donnés à la figure 2. Le début de la phase de décroissance des valeurs de la conductance de la pulpe correspondrait au début de la phase climactérique alors que la phase de croissance indique le début de la sénescence du fruit.

Le tableau 2 montre que les moyennes des diverses mesures de conductimétrie réalisées au niveau des 3 parties du fruit sont en général différentes d'un stade à l'autre au seuil de $P = 0.1$. Les valeurs de la conductance relevées pour chacun des cultivars sont fortement corrélées entre elles ($r \approx 0.9$), comme l'indiquent les tableaux 4 à 7. Les mesures de conductimétrie réalisées au niveau équatorial (C.EQ) sont plus fortement corrélées avec celles relatives au pôle proximal (C.PRO) que distal (C.DIS). Les moyennes de ces mesures, résultant d'un plus grand nombre d'observations (4 piqûres au niveau équatorial) que pour celles réalisées au niveau des autres parties du fruit (1 piqûre), ont seules été représentées à la figure 3. Les varia-

TABLEAU 2 - Evolution des valeurs moyennes du paramètre conductimétrie (mS/cm) à différents stades de prélèvement des fruits des cultivars Bacon, Fuerte, Zutano et Lula.

Variétés	Stades de prélèvement (semaines)	Equateur		Pôle proximal		Pôle distal	
		moyenne	sm *	moyenne	sm *	moyenne	sm *
Bacon	20	.47	.01 a	.47	.01 a	.53	.02 a
	25	.36	.01 b	.35	.01 b	.43	.02 b
	31	.46	.01 c	.46	.02 c	.59	.05 c
	36	.56	.01 d	.53	.02 d	.67	.04 c
Fuerte	20	.59	.01 a	.59	.01 a	.72	.01 a
	25	.58	.01 a	.53	.01 b	.66	.01 b
	31	.52	.02 b	.51	.02 b	.57	.03 c
	36	.61	.01 c	.59	.01 c	.73	.02 d
Zutano	20	.37	.01 a	.39	.02 a	.37	.01 a
	25	.38	.01 a	.35	.01 b	.47	.02 b
	31	.41	.01 b	.41	.01 c	.44	.01 b
	36	.47	.01 c	.44	.01 d	.50	.01 c
Lula	20	**		**		**	
	25	.43	.01 a	.39	.02 a	.43	.02 a
	31	.35	.01 b	.33	.01 b	.36	.01 b
	36	.42	.01 c	.41	.01 c	.46	.01 c

* - Si les lettres sont différentes, les moyennes en regard sont statistiquement différentes 2 à 2 consécutivement au seuil $P = 0.1$

sm : écart-type moyen

** - valeurs non déterminées.

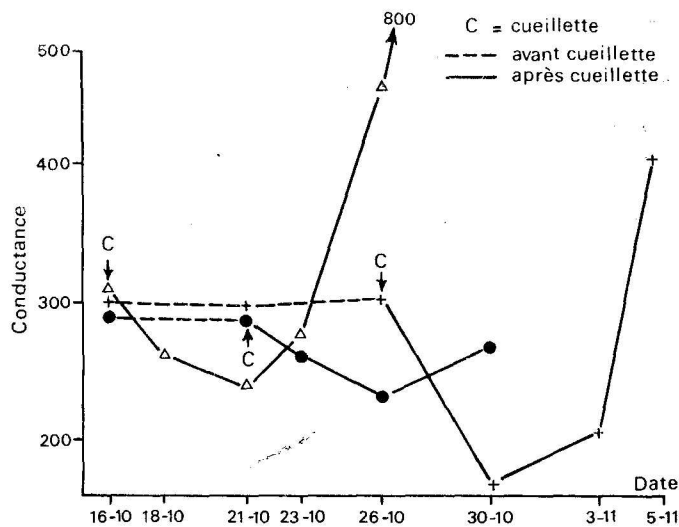


Fig. 2a (selon MARCHAL et coll., 1983) • Evolution de la conductance d'avocats 'Lula'.

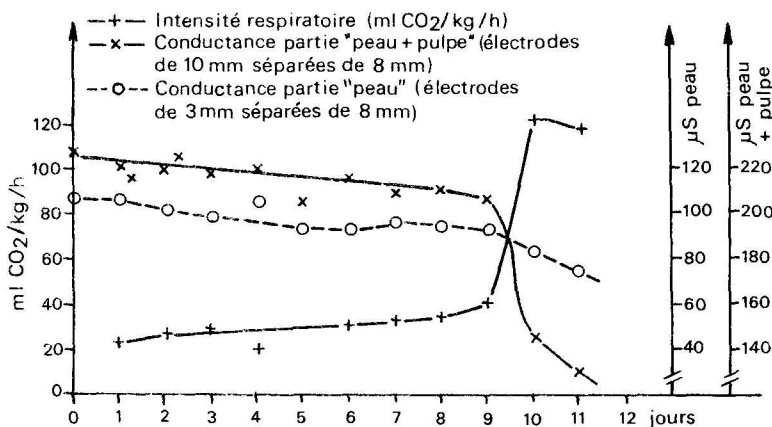


Fig. 2b (selon NOLIN, 1985) • Evolution de la conductance pendant les phases préclimactériques et climactériques chez la banane.

FIG. 2 • EXEMPLES D'EVOLUTION DE LA CONDUCTANCE DE LA PULPE D'AVOCATS 'LULA' DE MARTINIQUE APRES CUEILLETTE, ET DE BANANES DE GUADELOUPE AU COURS DE LA MATURATION DES FRUITS APRES CUEILLETTE ET EN RELATION AVEC L'INTENSITE RESPIRATOIRE.

tions observées montrent clairement des chutes significatives des valeurs au deuxième stade pour Bacon et au troisième stade pour Fuerte et Lula. Par contre, elles ne présentent pas d'accident de croissance pour Zutano. L'augmentation relative de valeur par rapport au premier stade est de l'ordre de 20 à 25 p. 100 pour les fruits du quatrième stade pour Bacon et Zutano. Cette augmentation est pratiquement nulle pour les deux autres cultivars.

La figure 3 met en relief une tendance globalement croissante de ce paramètre au fur et à mesure que le fruit se développe. Néanmoins, le nombre de stades est trop petit pour pouvoir conclure avec certitude à une variation réellement croissante de la conductance de la pulpe avec l'âge des fruits pour tous les cultivars étudiés.

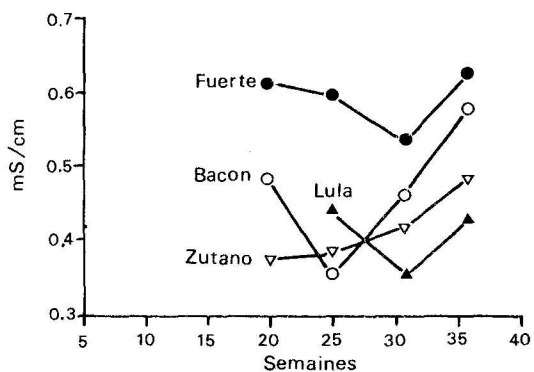


FIG. 3 • VARIATIONS DE LA CONDUCTANCE MOYENNE MESUREE AU NIVEAU DE L'EQUATEUR (C.EQ) DU FRUIT AU COURS DES QUATRE STADES DE DEVELOPPEMENT DE DIVERS CULTIVARS D'AVOCATS CULTIVES EN CORSE.

TABLEAU 3 - Caractéristiques physico-chimiques moyennes à différents stades de prélèvement des fruits des cultivars Bacon, Fuerte, Zutano, Lula.

Variétés	Stades de prélèvement (semaines)	Densité		p. 100 Eau (1)		p. 100 Huile (1)	
		moyenne	sm *	moyenne	sm *	moyenne	sm *
Bacon	20	0.960	4 a	83.4	0.4 a	6.7	0.5 a
	25	0.985	5 b	80.2	0.4 b	11.8	0.5 b
	31	0.977	6 b	77.4	0.7 c	13.8	0.6 c
	36	0.977	6 b	71.2	0.6 d	19.1	0.6 d
Fuerte	20	0.991	1 a	88.3	0.9 a	5.8	0.4 a
	25	1.005	1 b	80.5	0.4 b	9.5	0.3 b
	31	1.001	1 c	79.0	0.7 c	11.3	0.8 c
	36	1.010	2 d	71.6	0.2 d	19.1	0.5 d
Zutano	20	0.987	4 a	83.6	0.6 a	6.6	0.3 a
	25	0.966	6 b	82.8	0.4 a	9.3	0.4 b
	31	0.982	2 c	80.4	1.2 b	11.4	0.7 c
	36	0.976	6 c	72.8	1.4 c	18.7	0.9 d
Lula	20	0.997	1 a	84.5	0.3 a	4.8	0.4 a
	25	1.007	1 a	80.4	1.1 b	7.9	0.6 b
	31	1.008	2 a	79.0	0.7 b	9.4	0.6 c
	36	1.018	1 b	77.7	0.9 b	10.5	0.7 c

* - Si les lettres sont différentes, les moyennes en regard sont statistiquement différentes 2 à 2 consécutivement au seuil $P = 0.1$

sm : écart-type moyen

(1) : Les pourcentages sont exprimés par rapport à la masse de pulpe fraîche.

Critères physico-chimiques.

D'autres caractéristiques du fruit, non directement liées à leurs dimensions comme le sont le pourcentage de pulpe et le pourcentage de noyau, affichent une évolution plus logique dans le temps. Ainsi peut-on remarquer, à partir des valeurs du tableau 3, que le pourcentage d'huile croît régulièrement d'un stade à l'autre alors que la teneur en eau de la pulpe décroît tout aussi régulièrement. Dans tous les cas, on remarquera que les moyennes sont différentes au seuil $P = 0.1$ sauf pour les stades 3 et 4 du cultivar Lula où la variabilité intra-stade est trop élevée par rapport à la variabilité inter-stade. Ce cultivar Lula a accumulé le moins de substances de réserve que les autres pour lesquels les teneurs en lipides neutres avoisinent 19 p. 100 par rapport à la masse de pulpe fraîche à la 36^e semaine de développement.

Les accidents observés précédemment dans les variations des caractères pomologiques des fruits ne peuvent donc pas être attribués à une variation brutale de la teneur en eau de la pulpe du fruit consécutive à une irrigation exceptionnelle qu'aurait subi l'arbre au cours de la campagne. Bien que l'eau représente plus de 70 p. 100 du poids du fruit, les variations de la quantité d'eau de la pulpe du fruit que l'on note d'un stade à l'autre, ne peuvent à elles seules expliquer les poids moyens des fruits apparemment anormaux que l'on a enregistrés à certains stades intermédiaires. Il serait donc plus logique de penser que seuls les plus gros fruits de l'échantillonnage réalisé sur la station, nous ont été adressés. Il a d'ailleurs été montré (KOTZE, 1982 ; Mc ONIE et WOLSTENHOLME, 1982) que la taille possible que pourra atteindre un fruit à la fin de sa phase de croissance est déterminée par les caractéristiques pomologiques que ce fruit présente au début de sa croissance, et notam-

ment par la taille de son noyau à ce moment-là. Ces caractéristiques (poids, longueur, diamètre) vont alors croître très rapidement après la phase de coulure pour ralentir ensuite. Ces petits écarts dans les caractéristiques pomologiques des fruits au début de leur vie engendreront donc une dispersion de taille non négligeable après quelques mois de développement. Conjointement à notre remarque précédente, ce résultat expérimental met ici en relief l'hétérogénéité qui peut apparaître au niveau de la grosseur des fruits de même âge portés par un même arbre en période de fructification à un moment donné, hétérogénéité que l'on observe d'ailleurs sur le terrain. Des micro-conditions agro-climatiques particulièrement favorables ont permis aux arbres échantillonnés de nourrir certains fruits de façon particulièrement efficace les rendant en quelque sorte hors norme quant à leur taille et à leur poids par rapport à d'autres fruits du même âge.

Ainsi, au vu de ces résultats, le poids du fruit ne serait pas un critère fiable et sûr pour une détermination, a posteriori, du stade de développement physiologique optimal. Ce stade est défini comme le temps que le fruit devra rester sur l'arbre afin qu'il en puise le maximum des éléments organiques qui contribueront à lui donner une meilleure qualité gustative après la phase de ramollissement qui suivra la coupe du fruit. Un résultat similaire a été obtenu par certains auteurs (LEE et YOUNG, 1983 ; COGGINGS, 1984) qui, ayant effectué une étude sur la variation des poids des fruits de plusieurs cultivars d'avocats répartis dans diverses régions à climats différents, ont aussi conclu que la prévision de la maturité des fruits, ou de leur stade de développement, en fonction d'une relation multifactorielle taille/cultivars/zone géographique est purement académique.

Les corrélations négatives qui apparaissent aux tableaux 4 à 7 entre le pourcentage eau et le pourcentage huile sont extraordinairement élevées ($r \approx 0.95$) pour chacun des cultivars et pour des fruits pris à des stades de développement aussi différents. En général, les résultats rapportés par la littérature font état de corrélations p. 100 eau-p. 100 huile à propos de fruits de maturité commerciale équivalente mis sur le marché, donc de fruits pris à des stades de développement semblables. Les coefficients de corrélation cités sont souvent plus faibles que ceux que nous avons obtenus dans ce travail (MARCHAL et coll., 1983 ; SWARTS, 1976 ; SLATER et coll., 1975).

Il est aisé de constater que la somme entre les valeurs moyennes des pourcentages eau et des pourcentages huile pour chacun des cultivars étudié s'établit à une valeur constante à 1 p. 100 près tout au long du développement des fruits. Ces constantes sont de 91 p. 100 pour Bacon, Fuerte, Zutano et de 88,5 p. 100 pour Lula. Les études, suffisamment précises du fait du grand nombre d'échantillons observés, que nous avons pu rencontrer dans la littérature, indiquent des valeurs semblables : 89,5 p. 100 pour Fuerte et Hass en provenance de Calvao Growers of California (SLATER et coll., 1975), 85 p. 100 pour Fuerte, Hass et Ettinger en provenance de Chypre (VAKIS et coll., 1985), 92,4 p. 100 pour Fuerte et 91,5 p. 100 pour Zutano produits dans la région de Brisbane, S.-E. du Queensland, état du N.-E. de l'Australie (BROWN, 1984 ; LEWIS, 1978).

L'évolution de la teneur en huile de la pulpe fraîche au cours du développement du fruit sur l'arbre entre 20 et 36 semaines (figure 4) suit une loi que l'on peut considérer comme linéaire et dont les équations sont les suivantes :

Bacon : p. 100 huile = $0,721x(\text{nbr. semaines}) - 7,325$
 $r = 0,961$

Fuerte : p. 100 huile = $0,766x(\text{nbr. semaines}) - 10,016$
 $r = 0,908$

Zutano : p. 100 huile = $0,700x(\text{nbr. semaines}) - 8,175$
 $r = 0,885$

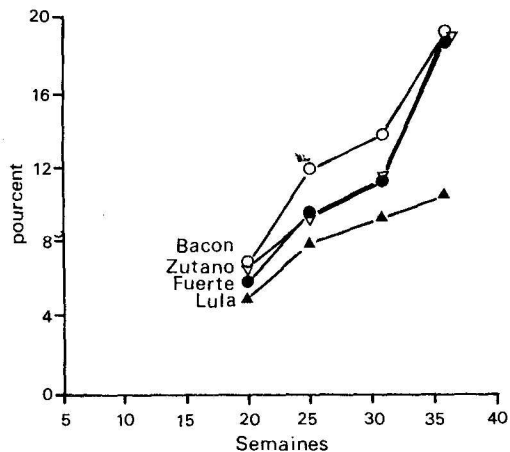


FIG. 4 • VARIATIONS DU POURCENTAGE D'HUILE MOYEN CONTENU DANS LA PULPE FRAICHE DES FRUITS, AU COURS DE LEUR DEVELOPPEMENT PHYSIOLOGIQUE, DES QUATRE CULTIVARS D'AVOCATS CULTIVES EN CORSE.

Lula : p. 100 huile = $0,343x(\text{nbr. semaines}) - 1,458$
 $r = 0,936$

Mesurée par la méthode réfractométrique dont le compromis, facilité de mise en oeuvre/fiabilité du résultat, est intéressant (LOZANO et coll., 1982), la teneur en huile d'avocats produits au Queensland suit une loi similaire avec la date de prélèvement des fruits. Le coefficient de régression qui s'établit entre les dates de prélèvement et l'indice réfractométrique est de -0,86 pour la campagne 1978 de Fuerte (LAWES, 1980).

La densité est une autre caractéristique physico-chimique des fruits sur laquelle il est permis de fonder un certain espoir pour sélectionner les fruits arrivés au stade de maturité optimal. En effet, si le pourcentage de pulpe du fruit représente en moyenne dans nos cas plus de 60 à 65 p. 100 du poids total du fruit pour les cultivars Bacon, Fuerte et Zutano et 50 p. 100 pour Lula pendant la durée de la vie végétative du fruit sur l'arbre, et sachant que cette pulpe se charge progressivement en huile (jusqu'à 20 p. 100 pour tous les cultivars et 10 p. 100 pour Lula) aux dépens de l'eau qu'elle contient et ce, poids pour poids, on est alors en droit de penser que la densité du fruit pourrait diminuer au cours de son développement. Or, force est de constater que les variations de densité doivent être affectées par d'autres paramètres plus difficilement contrôlables puisque, comme l'indiquent les valeurs consignées dans le tableau 3, la densité des fruits paraît au contraire croître pour Fuerte et Lula, alors qu'elle ne semble pas présenter de variation continue pour Zutano et Bacon (figure 5).

Par ailleurs, la densité est un paramètre relativement bien corrélé avec le pourcentage de pulpe. Les coefficients sont de l'ordre de $r \approx 0.5$ pour Zutano, Bacon et Lula et de $r \approx 0.77$ pour Fuerte. Compte tenu du nombre d'observations réalisées pour chaque cultivar (d.d.l. ≈ 40), ces coefficients de corrélation sont déjà très hautement significatifs. Les corrélations positives qui s'établissent avec le pourcentage de noyau sont en général meilleures qu'avec le pourcentage de pulpe, comme on peut le voir dans les tableaux 4 à 7. Du fait que le pourcentage de pulpe et le pourcentage de noyau soient fortement corrélés entre eux par ailleurs ($r \approx 0.9$), la corrélation partielle de la densité avec le pourcentage de pulpe serait du second ordre. Les variations

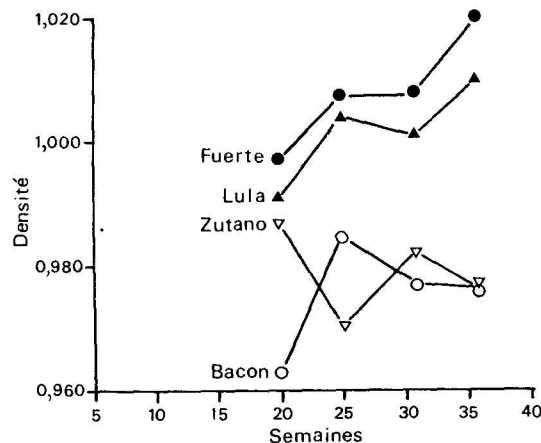


FIG. 5 • EVOLUTION DE LA DENSITE MOYENNE DES QUATRE LOTS D'AVOCATS AU COURS DU DEVELOPPEMENT PHYSIOLOGIQUE DES FRUITS.

TABLEAU 4 - Matrice des coefficients de corrélation entre les diverses caractéristiques analytiques des fruits du cultivar BACON tous stades confondus (valeurs multipliées par 1000).

	Longueur	Diamètre	Poids	Densité	p. 100 pulpe	p. 100 peau	p. 100 noyau	p. 100 eau	p. 100 huile	C.EQ	C.PRO	C.DIS
Longueur	1000											
Diamètre	826	1000										
Poids	916	973	1000									
Densité	38	187	141	1000								
p. 100 pulpe	401	129	207	-505	1000							
p. 100 peau	-271	-233	-217	-57	-425	1000						
p. 100 noyau	-314	-31	-125	586	-902	-8	1000					
p. 100 eau	-261	-432	-431	-43	196	-457	2	1000				
p. 100 huile	301	507	485	144	-219	377	62	-968	1000			
C.EQ	154	89	165	-274	0	356	-170	-645	519	1000		
C.PRO	273	177	260	-356	150	265	-193	-584	448	933	1000	
C.DIS	86	87	124	-201	-28	271	-98	-546	463	860	746	1000

TABLEAU 5 - Matrice des coefficients de corrélation entre les diverses caractéristiques analytiques des fruits du cultivar FUERTE tous stades confondus (valeurs multipliées par 1000).

	Longueur	Diamètre	Poids	Densité	p. 100 pulpe	p. 100 peau	p. 100 noyau	p. 100 eau	p. 100 huile	C.EQ	C.PRO	C.DIS
Longueur	1000											
Diamètre	729	1000										
Poids	863	895	1000									
Densité	-131	170	202	1000								
p. 100 pulpe	17	-220	-261	-769	1000							
p. 100 peau	-236	-43	-11	711	-874	1000						
p. 100 noyau	191	415	455	649	-892	559	1000					
p. 100 eau	-122	-300	-425	-747	810	-720	-711	1000				
p. 100 huile	139	283	434	668	-731	656	636	-954	1000			
C.EQ	-134	-118	-95	10	127	-77	-146	-111	226	1000		
C.PRO	59	-75	68	-152	227	-182	-217	-53	231	835	1000	
C.DIS	-283	-250	-254	-42	247	-94	-333	-86	226	802	723	1000

TABLEAU 6 - Matrice des coefficients de corrélation entre les diverses caractéristiques analytiques des fruits du cultivar ZUTANO tous stades confondus (valeurs multipliées par 1000).

	Longueur	Diamètre	Poids	Densité	p. 100 pulpe	p. 100 peau	p. 100 noyau	p. 100 eau	p. 100 huile	C.EQ	C.PRO	C.DIS
Longueur	1000											
Diamètre	850	1000										
Poids	933	942	1000									
Densité	- 334	- 249	- 214	1000								
p. 100 pulpe	213	- 48	88	- 529	1000							
p. 100 peau	204	200	113	- 221	- 384	1000						
p. 100 noyau	- 339	- 56	- 156	687	- 868	- 125	1000					
p. 100 eau	- 692	- 683	- 768	168	- 218	- 2	236	1000				
p. 100 huile	821	786	868	- 243	230	79	- 290	- 957	1000			
C.EQ	755	796	834	- 184	123	21	- 144	- 689	758	10000		
C. PRO	470	579	601	- 26	92	- 199	8	- 531	525	819	1000	
C. DIS	717	648	655	- 583	266	292	- 443	- 446	586	663	424	1000

TABLEAU 7 - Matrice des coefficients de corrélation entre les diverses caractéristiques analytiques des fruits du cultivar LULA tous stades confondus (valeurs multipliées par 1000).

	Longueur	Diamètre	Poids	Densité	p. 100 pulpe	p. 100 peau	p. 100 noyau	p. 100 eau	p. 100 huile	C.EQ	C.PRO	C.DIS
Longueur	1000											
Diamètre	673	1000										
Poids	597	802	1000									
Densité	- 83	- 227	- 622	1000								
p. 100 pulpe	42	- 43	- 5	- 476	1000							
p. 100 peau	- 10	- 53	18	135	- 672	1000						
p. 100 noyau	- 48	100	- 7	532	- 805	102	1000					
p. 100 eau	- 424	- 198	- 154	- 323	267	- 155	- 334	1000				
p. 100 huile	304	208	172	362	- 471	279	409	- 864	1000			
C.EQ	505	544	487	235	- 555	381	441	- 626	700	1000		
C.PRO	447	488	451	245	- 590	459	426	- 623	725	985	1000	
C. DIS	499	535	479	260	- 557	339	476	- 654	719	988	975	1000

de la densité du fruit ne suivraient donc pas celles du pourcentage de pulpe mais plutôt les variations du paramètre pourcentage noyau qui semble être le facteur le plus déterminant de l'évolution de la masse volumique du fruit. Cependant, la proportion de la variance du paramètre densité qui peut être attribuée à sa régression linéaire avec le paramètre pourcentage de noyau n'est que de 0,30 à 0,40 pour l'ensemble des cultivars étudiés.

D'autre part, on constate que la densité n'est en général pas bien corrélée avec le poids total du fruit, paramètre auquel les répartitions pondérales du poids du fruit, pourcentage de pulpe et pourcentage de noyau, ne sont pas non plus corrélées. Ceci s'explique par le fait que la répartition pondérale entre noyau et pulpe ne dépend pas du poids total du fruit mais de l'âge physiologique du fruit, comme vu précédemment. Et, comme pour les échantillons étudiés, le poids total du fruit ne va pas nécessairement croître avec son âge (figure 1), la variation dans le temps de la densité n'est donc pas liée à la variation du poids du fruit.

Bien que nos résultats ne soient pas suffisamment nets sur ce point, à cause peut-être d'un échantillonnage trop restreint, il semble néanmoins que la densité des fruits soit surtout affectée par l'évolution de la répartition pondérale entre noyau et pulpe dans le fruit. En d'autres termes, les fruits dont le pourcentage de noyau est important auront une densité supérieure à ceux qui ont un pourcentage de noyau plus faible, et ce, quel que soit le poids total du fruit, identique ou différent. Or comme le pourcentage de noyau n'est pas fonction du poids total du fruit mais qu'il croît ici avec l'âge du fruit, la densité des fruits doit donc théoriquement augmenter dans le temps. C'est ce que nous observons pour certains des cultivars étudiés.

Maintenant que nous connaissons les sens de variation des divers paramètres physico-chimiques des cultivars Bacon, Fuerte, Zutano, Lula cultivés en zone tempérée, nous pouvons rapprocher nos résultats de ceux présentés récemment par certains auteurs (LAWES, 1980 ; BROWN, 1984). Des tests de dégustation sur divers cultivars d'avocats arrivés à maturité commerciale et ayant été laissés évoluer pour qu'ils atteignent la maturité de consommation, ont permis de déterminer des seuils de maturité physiologiques à partir d'indices physico-chimiques. La détermination de la teneur en huile, ou corrélativement de la teneur en matière sèche, permet de fixer un seuil à partir duquel les fruits testés sont acceptés ou rejetés. Ainsi pour Fuerte, le seuil semble se trouver à 21 p. 100 minimum de matière sèche de la pulpe du fruit (BROWN, 1984). Pour atteindre avec Zutano une qualité gustative équivalente à celle de Fuerte, il faut proposer au jury des fruits contenant au moins 18 p. 100 d'huile. Bien que ce seuil ait été établi pour des fruits produits en climat plus chaud (Queensland, latitude 15°S) que le climat de Corse (latitude 43°N), nous l'avons néanmoins utilisé pour nos cultivars. De l'examen des courbes de la figure 4, on s'aperçoit que nos cultivars devront rester sur l'arbre au minimum 30 semaines pour Bacon, Fuerte, Zutano et légèrement moins de temps (25 à 28 semaines) pour Lula afin de satisfaire le seuil préconisé ci-dessus. Ce résultat est intéressant puisque ce sont ces durées de développement minimum que nous avons proposées lors d'une étude précédente réalisée sur l'évolution de la composition de l'huile de ces cultivars dont une partie concernait les acides gras et l'autre concernait les triglycérides de l'huile (RATO-

VOHÉRY, 1986).

Il est frappant de remarquer que si l'on se réfère au seuil préconisé dans la littérature pour les variétés étudiées, ce seuil correspond très précisément à l'époque à laquelle la lipogénèse est caractérisée par une stagnation de la composition en triglycérides de l'huile à un niveau pour lequel les acides gras totaux représentent 75-80 p. 100 pour Fuerte et Zutano, 85-90 p. 100 pour Bacon et 90 p. 100 pour Lula de la masse d'huile totale contenue dans la pulpe du fruit. C'est un des critères que nous avons proposés à l'époque pour identifier le stade de développement optimal que doivent atteindre les fruits avant d'être cueillis afin de présenter, après ramollissement de la pulpe, une qualité gustative acceptable (LOZANO et coll. 1985 b).

CONCLUSION

De l'étude des divers paramètres mesurés sur les fruits des cultivars Bacon, Fuerte, Zutano et Lula produits en Corse au cours de la campagne 1983, il se dégage les points suivants :

Aucune des caractéristiques pomologiques que l'on a mesurées sur les fruits ne semble être un critère fiable pour déterminer l'état de développement des fruits. Bien que d'excellentes corrélations apparaissent entre le poids, la longueur et le diamètre, ces paramètres ne permettent pas à coup sûr de dire si un fruit est plus âgé qu'un autre. En effet, certains fruits de 31 semaines, des cultivars Fuerte et Bacon par exemple, sont plus gros que ceux cueillis à 35 semaines. En plus de la variabilité naturelle de la grosseur des fruits que peut porter un même arbre à une période donnée de sa phase de fructification, on peut aussi avoir à cette même période des fruits qui ont terminé leur développement alors que d'autres le poursuivent. Comme pour certains cultivars tel que Fuerte, les fruits peuvent se conserver plusieurs semaines sur l'arbre sans dépérir ni amorcer une dégénérescence par déshydratation ou simplement s'éliminer naturellement par chute sur le sol, on comprend mieux que de tels fruits peuvent être cueillis à un stade plus tardif et qu'ils ne seront donc pas représentatifs de la population spécifique de ce stade. L'originalité de certains cultivars de pouvoir jouer le rôle de conservateur biologique naturel complique le travail sur le terrain de l'échantillonneur/cueilleur qui ne pourra pas, sur le seul critère de la grosseur du fruit, identifier en période de récolte les fruits de stades de développement différents.

Le rapport (pourcentage de pulpe/pourcentage de noyau) semble être néanmoins une caractéristique à ne pas négliger pour l'évolution du stade de développement du fruit. Pour nos cultivars produits en région méditerranéenne, il semblerait que ce rapport diminuerait avec l'âge du fruit. Au contraire, la densité du fruit aurait plutôt tendance à croître.

La conductance de la pulpe ne suit pas d'évolution continue, soit croissante soit décroissante, au cours du développement du fruit sur l'arbre. Pour les quatre cultivars étudiés, elle n'est croissante que pour les derniers stades. Aucune hypothèse sérieuse ne peut en conséquence être formulée à ce niveau. Par ailleurs, le phénomène enregistré par cette mesure est assez complexe, donc difficilement interprétable simplement et par conséquent il ne peut être utilisé avec suffisamment de sûreté dans le cas des cultivars

étudiés pour la campagne considérée.

De tous les paramètres observés, c'est encore le pourcentage d'eau et le pourcentage d'huile de la pulpe du fruit qui présentent des évolutions significatives et à partir desquels il est possible de proposer des critères convenables et suffisamment fiables pour identifier a posteriori le stade de développement des fruits. Leur évolution, croissante pour le pourcentage d'huile et décroissante pour le pourcentage d'eau, suit une loi linéaire avec le temps. Exprimée par rapport à la masse de pulpe fraîche, la somme (pourcentage d'huile + pourcentage d'eau) est une constante caractéristique des fruits d'un cultivar donné, tout au long de la période de développement des fruits. Connaissant les dates de récolte habituellement suivies par les producteurs ou bien celles que l'on pourrait déterminer à partir de tests de dégustation à réaliser sur plusieurs campagnes dans le but de pondérer l'incidence incontrôlable des facteurs agroclimatiques, il est possible de proposer pour chacun des cultivars étudiés des seuils de teneur en eau ou en huile à partir desquels la récolte pourrait avoir lieu.

Ces seuils peuvent aussi bien être utilisés pour attribuer une norme de qualité au fruits proposés au consommateur.

Ces seuils peuvent aussi être estimés à partir de l'examen de la composition en triglycérides de l'huile de la pulpe des fruits étudiés. Il apparaît que cette composition est aussi une caractéristique de l'état de développement du fruit. Elle se stabilise dès que le fruit a atteint son développement optimal et n'évolue pratiquement pas même si ce dernier voit ses autres caractéristiques se modifier, notamment son poids ou sa densité, voire sa teneur en huile.

REMERCIEMENTS

Nous remercions M. VOGEL de la Station de Recherches agronomiques de San Giuliano (Corse) pour sa contribution dans la mise en place des protocoles d'échantillonnage des divers cultivars d'avocatiers étudiés ainsi que le personnel technique de la Station chargé de la cueillette des fruits et de leur expédition à notre Laboratoire.

BIBLIOGRAPHIE

- BEAN (R.), RASOR (J.P.) et PORTER (G.G.).
Changes in electrical characteristics of avocados during ripening.
Calif. Avoc. Soc. Yearbook, 1962, 44, 75-78.
- BROWN (B.I.).
Market maturity indices and sensory properties of avocados grown in Queensland.
Food Technology in Australia, 1984, 36 (10), 474-476.
- COGGINGS Jr. (C.W.).
Feasibility of using fruit size and percentage dry weight to predict maturity.
Calif. Avoc. Soc. Yearbook, 1984, 68, 145-160.
- DAGNELIE (P.).
Théorie et mathématiques statistiques, tomes I et 2.
Presses agronomiques de Gembloux, 1971.
- DEULLIN (R.).
La conductance électrique de la peau de banane, une caractéristique utilisable pour mieux déterminer l'évolution du fruit.
Fruits, 1980, 35 (5), 273-281.
- GAYDOU (E.M.), LOZANO (Y.) et RATOVOHERY (Julie).
Triglycérides and fatty acids composition in the mesocarp of *Persea americana* during fruit development.
Phytochemistry, 1987, 26 ..., in press.
- IRFA.
Inventaire et état actuel des travaux de recherches entrepris par l'IRFA sur différentes espèces fruitières arbustives et la diversification.
Fruits, 1978, 33 (9), 587-657.
- KOTZE (J.M.).
Phases of seasonal growth of avocado tree.
The Citrus and Subtropical Fruit Journal, 1982, september, 9-11.
- LAWES (G.S.).
Maturity and quality in avocados.
The Orchardist of N.Z., 1980, march, 63-64.
- LEE (S.K.).
A review and background of the avocado maturity standard.
Cal. Avoc. Soc. Yearbook, 1981, 65, 101-109.
- LEE (S.K.) et YOUNG (R.E.).
Growth measurement as an indicator of avocado maturity.
J. Amer. Soc. Hort. Sci., 1983, 108 (3), 395-397.
- LEWIS (C.E.).
The maturity of avocados - A general review.
J. Sci. Fd Agric., 1978, 29, 857-866.
- LOZANO (Y.).
Etudes de quelques critères physico-chimiques de l'avocat au cours de son développement physiologique : var. Lula, Martinique, campagne 1983.
Document de synthèse, IRFA/CIRAD, ref. 00/265 YL.MM, Sep. 1985.
- LOZANO (Y.), DUVERNEUIL (G.) et YAMASAKI (K.).
Mesure de la teneur en huile de la pulpe d'avocat par réfractométrie : avantages, limites et précision de la méthode.
Fruits, 1985 a, 37 (9), 545-554.
- LOZANO (Y.), RATOVOHERY (Julie) et GAYDOU (E.).
Composition en acides gras de différentes variétés d'avocats.
Rev. Fr. Corps Gras, 1985 b, 32 (10), 377-386.
- MARCHAL (J.), BERTIN (Y.), HALLOUET (H.) et PERRIER (X.).
Evolution de quelques caractères physico-chimiques de l'avocat après récolte.
Fruits, 1983, 38 (12), 821-826.
- NOLIN (J.).
Etat de maturité des bananes (Cv. Giant Cavendish) à la récolte : une nouvelle méthode de mesure.
Fruits, 1985, 40 (10), 623-631.
- Mc ONIE (A.J.) et WOLSTENHOLME (B.N.).
Avocado fruit growth and maturity in two Natal localities.
Cal. Avoc. Soc. Yearbook, 1982, 66, 74-77.
- RATOVOHERY (Julie).
Etude de la variation de quelques paramètres physico-chimiques et lipidiques de divers cultivars d'avocats au cours du développement physiologique du fruit.
Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences et Techniques de St-Jérôme, Marseille, France, 18 janvier 1986.
- SLATER (G.G.), SHANKMAN (S.), SHEPHERD (J.S.) et ALFIN-SLATER (R.B.).
Seasonal variation in the composition of California avocados.
J. Agric. Food Chem., 1975, 23 (3), 468-474.
- SNEDECOR (G.W.) et COCHRAN (W.G.).
Méthodes statistiques, Association de Coordination Technique Agricole (ACTA), Paris, 6e éd. 1971.
- SWARTS (D.H.).
'N praktische avocado-oliebepalingsmethode vir produsente.
The Citrus and Subtropical Fruit Journal, 1976, 8-14.
- ZACHARIAH (G.) et ERICKSON (L.C.).
Evaluation of some physical methods for determining avocado maturity.
Cal. Avoc. Soc. Yearbook, 1965, 49, 110-115.
- VAKIS (N.J.), GREGORIOU (C.) et PAPADEMETRIOU (M.).
Maturity and picking dates of avocados under Cyprus conditions.
Cal. Avoc. Soc. Yearbook, 1985, 69, 81-88.
- VOGEL (R.).
Notes sur l'histoire et l'avenir de l'avocatier en Corse.
Fruits, 1962, 17 (5) 243-244.
- VOGEL (R.).
Comportement au froid des variétés d'avocatier à la station de recherches agronomiques de Corse.
Fruits, 1962, 26 (11), 767-772.

