

# LE CLIMAT DES AIRES D'ORIGINE DES AVOCATIERS

J. C. PRALORAN

*Institut français de Recherches fruitières Outre-Mer*

## LE CLIMAT DES AIRES D'ORIGINE DES AVOCATIERS

J. C. PRALORAN (IFAC)

*Fruits*, Jul.-aug. 1970, vol. 25, n° 7-8, p. 543-557.

RESUME - Dans cette étude, l'auteur tente de mettre en évidence l'influence du climat sur le comportement des avocatsiers en fonction de la race à laquelle ils appartiennent.

Il utilise, pour ce faire, 3 sortes de documents :  
- ceux tendant à établir l'aire d'origine particulière de chacune des 3 races, qui conduisent à admettre que celles-ci sont des sélections horticoles et non naturelles d'un type primitif inconnu, adaptées, chacune, à un type particulier de climat : celui des hautes terres du Mexique (race

L'adaptation des variétés d'avocatsiers aux conditions climatiques est empiriquement reliée à leur appartenance à l'une ou l'autre des trois races cultivées.

En effet, celles de race mexicaine sont réputées adaptées aux climats méditerranéens présentant des risques de froids hivernaux, pouvant atteindre  $-5$  à  $-7^{\circ}\text{C}$  ; celles de race guatémaltèque, aux climats subtropicaux dans lesquels la température ne s'abaisse pas en-dessous de  $-2$  à  $-3^{\circ}\text{C}$ , enfin, celles de race antillaise, aux climats tropicaux caractérisés par une absence complète de gel (elles supporteraient cependant des froids de  $-1$  à  $-2^{\circ}\text{C}$ ).

En réalité, le problème est moins simple, et ceci pour deux séries de raisons :

- l'appartenance d'une variété à une race est insuffisante pour déterminer exactement ses exigences climatiques ; la complexité d'origine

mexicaine), celui des hautes terres du Guatemala (race guatémaltèque), celui des basses terres de Colombie orientale (race antillaise).

- les documents émanant de stations météorologiques de ces 3 aires d'origine,  
- les études et observations de nombreux spécialistes de l'avocatier sur certaines réactions particulières de ces arbres sous différentes conditions climatiques, dans les zones de culture et les aires d'origine.

La comparaison entre certains facteurs climatiques des aires d'origine et ceux paraissant avoir provoqué les réactions particulières enregistrées, lui permet de mieux cerner le problème de l'adaptation d'une variété donnée au climat d'une région de culture.

des races et leur dispersion en des milieux climatiques différents semblent en effet être la cause d'une variabilité assez importante des réactions au climat des variétés d'une même race.

D'autres facteurs climatiques que le froid interviennent et ont aussi une action sur des phénomènes tels que :

- la durée de la floraison,
- l'apparition de floraisons successives au cours de la même année,
- le mécanisme dichogamique de floraison,
- le goût et la teneur en huile des fruits.

Une meilleure connaissance de la situation exacte de l'aire d'origine des avocatsiers et des conditions climatiques y régnant peut donc être fort utile à l'amélioration des règles sur lesquelles se base le choix des variétés à cultiver dans telle ou telle région.

## AIRES D'ORIGINE DES AVOCATIER

Bien que les spécialistes américains se soient préoccupés, depuis 1935 au moins, de l'origine des avocatiers cultivés, ils ne semblent pas être parvenus à des conclusions précises en la matière.

Ceci tient, sans doute, au fait que la détermination des *Persea* américains et leur classification n'est pas encore parfaite, comme le notent POPENOE et WILLIAMS (16). Cette opinion est confirmée par POPENOE (15, 1947) dans son article sur le genre *Persea* (in : Standard cyclopedia of Horticulture) dans lequel il écrit que Mez. admet *P. schiediana* Nees. comme variété de *P. americana* et pense que *P. frigida* (Yas de San José de Costa-Rica) est une espèce douteuse.

FOUQUE (6) remarque aussi que "la détermination des *Persea* est difficile et ne peut être faite valablement que par un spécialiste".

En outre, ce dernier auteur donne, en annexe de son article, un tableau de détermination des *Persea* du Mexique et de l'Amérique centrale d'après C.K. ALLEN, dans lequel 3 espèces, *P. longipes*, *P. donnell-smithii* et *P. flavifolia* sont classées chacune dans deux groupes différant par certains caractères.

En 1962, ZENTMYER (26) cite *P. gigantea* et *P. nubigena* comme variétés de *P. americana* et non comme espèces.

Ces imprécisions dans la classification botanique des *Persea* ont évidemment interdit aux spécialistes non botanistes - dont le souci majeur était la découverte de types sauvages possédant des caractères particuliers de résistance au froid et à *Phytophthora cinnamomi* - de déterminer avec exactitude la nature botanique des types qu'ils découvraient.

Cependant, tous les auteurs consultés s'accordent sur les limites les plus larges qui circonscrivent l'aire dans laquelle les avocatiers cultivés sont apparus, tracées par POPENOE (15, 1941). D'après cet auteur, au moment de la découverte de l'Amérique, l'avocatier est abondant au Mexique, presque jusqu'au Rio Grande, il est connu, au Guatemala, cultivé au Nicaragua, présent dans les vallées de l'ouest de la Colombie et jusqu'au Pérou central. Il n'est pas évident, en revanche, qu'il fut connu à cette époque dans la partie est de l'Amérique du sud et il est hautement probable qu'il était

inconnu à l'est des Andes vénézuéliennes. Enfin il n'existait pas aux Antilles.

Mais à l'intérieur de cette vaste aire générale, quelles sont celles particulières de chacune des trois races ?

Cette subdivision en aires secondaires a fait l'objet de nombreuses propositions de POPENOE (15, 1934, 1941, 1949), de GRISWOLD (8), POPENOE et WILLIAMS (16), SCHROEDER (20, 1947, 1951, 1952) et de BERGH et STOREY (1).

Ces derniers, en 1964, résumant ainsi la question de l'origine des trois races :

Ils rappellent que le type indigène très primitif observé par POPENOE dès 1941 (15, 1941), depuis les basses terres du Honduras jusqu'aux plus hautes altitudes du Costa-Rica (près de San José) possède des caractères très composites (odeur d'anis, gros fruits, épiderme des fruits épais et granuleux) qui conduisent à penser, avec la position géographique occupée par ces arbres, qu'il pourrait s'agir du prototype des 3 races. Celles-ci correspondraient donc à des sélections horticoles adaptées à des climats particuliers :

- celui des hautes terres du Mexique central sud pour la race mexicaine,
- celui des hautes terres du Guatemala central pour la race guatémaltèque,
- celui des basses terres de Colombie pour la race antillaise.

Les difficultés à situer exactement l'origine géographique des avocatiers cultivés qui apparaissent à la lecture des travaux des principaux auteurs s'étant penchés sur le problème, se comprennent aisément à la lumière des connaissances acquises en matière d'ancienneté de la culture de l'avocatier.

SMITH (22) procédant à l'étude de noyaux fossiles dans la vallée de Tehuacan et près d'Oaxaca au Mexique, a pu mettre en évidence l'utilisation de l'avocatier dès 10.000 avant J.C., sa culture vers 6.500 avant J.C. et sa sélection à partir de 900 avant J.C. Il note encore que les noyaux trouvés dans les 2 sites sont tout à fait comparables à ceux des avocats vendus actuellement sur les marchés de ces deux régions et qui appartiennent à deux types, l'un possédant l'odeur d'anis caractéristique de la race mexicaine, l'autre ne l'ayant pas.

POPENOE, pour sa part, notait dès 1934 (15,

1934) les grandes différences d'appellations vernaculaires entre les diverses régions où les Espagnols trouvèrent l'avocatier cultivé au moment de la conquête de l'Amérique :

- Aoacatl en Aztec (région de Mexico),
- Yasu et Isu en Zapotec (sud du Mexique),
- On ou Okh en Maya (Yucatan) et aussi au Guatémala,
- Cupanda à l'ouest du Mexique (région de Tarascan),
- Zial, Hayi et Narimu au Honduras et au Salvador,
- Sidia, Kulup, Amo et Devora au Nicaragua et au Costa Rica,
- Curo dans les Andes vénézuéliennes et en Colombie,
- Palta au Pérou (Empire Inca).

L'absence de filiation nettement visible entre ces nombreux termes tend à accréditer l'hypothèse selon laquelle la dispersion de l'avocatier, à partir d'un centre primitif supposé, est très ancienne puisque chaque peuple possédait sa dénomination propre. En outre, le fait que "Palta", par exemple, désigne les gros fruits à peau épaisse de l'Amérique centrale, les opposant ainsi aux "aguacates" (Aoacatl espagnolisé) du Mexique, petits fruits à peau mince, indique vraisemblablement que la différenciation des races est un phénomène horticole très ancien.

En définitive l'hypothèse de BERGH et STOREY (1), mentionnée plus haut, semble la plus satisfaisante dans l'état actuel des connaissances, à condition toutefois de ne pas oublier qu'il existe des types d'avocatiers ne correspondant pas à une définition aussi stricte de la relation race/climat.

C'est ainsi que dans les régions de haute altitude du Mexique, où le gel et la neige apparaissent, des avocatiers ne possédant pas l'odeur d'anis ont été observés (20, 1947).

En Corse, VOGEL (23, 1964) a remarqué que certaines variétés de race guatémaltèque avaient une résistance au froid aussi bonne ou même meilleure que quelques variétés de race mexicaine.

La relation entre le climat et la race serait donc moins étroite qu'il n'est habituellement admis, et il est seulement possible de dire que l'adaptation d'une race à un climat déterminé ne représente qu'une adaptation moyenne dont celle particulière de chaque variété s'écarte ou se rapproche plus ou moins, des chevauchements s'observant entre les variétés de races différentes possédant une résistance ou une sensibilité plus forte à certains facteurs climatiques.

## LE CLIMAT DANS LES AIRES D'ORIGINE DES AVOCATIERS CULTIVÉS

L'adoption de l'hypothèse de BERGH et STOREY (1) conduit à choisir 3 types de climats représentatifs :

- celui des hautes terres du Mexique, entre 1.400 et 2.700 mètres,
- celui des hautes terres du Guatémala, entre 1.500 et 2.350 mètres,
- celui des basses terres de Colombie, entre 100 et 450 mètres.

Malheureusement, sauf au Mexique, les renseignements climatologiques sont peu abondants dans ces zones, les stations météorologiques y sont rares et les observations souvent irrégulières et incomplètes. En outre les publications s'y rapportant, disponibles en France, sont peu nombreuses et de caractère général alors que la connaissance des données extrêmes serait précieuse. Quoiqu'il en soit, les informations recueillies (3, 12, 19, 25) permettent de tracer

une première figure des conditions climatiques régnant dans les aires d'origine des avocatiers.

Ces observations sont les suivantes :

- a) Pour toutes les stations météorologiques dont les relevés sont utilisés :

- température moyenne mensuelle,
- pluviosité moyenne mensuelle,

établies sur des périodes de 4 à 5 ans.

- b) Pour quelques-unes des stations météorologiques du Mexique seul :

- températures maxima et minima absolues,
- nombre moyen de jours froids par an,
- nombre moyen de jours de neige par an,
- durée moyenne annuelle d'ensoleillement en heures,
- humidité relative (maxima et minima) moyenne annuelle,

- évaporation moyenne annuelle (en mm d'eau).

Ces données moyennes sont établies sur toute la durée de la période couverte par les résultats (5 à 45 ans selon les stations). Quelques indications de même nature ont pu être trouvées pour les stations d'Amérique centrale mais elles sont très fragmentaires.

### 1°) Les climats des hautes terres du Mexique

Les relevés météorologiques obtenus proviennent de 6 stations :

- Jalapa	1399 m d'altitude
- Morelia	1923 m
- Puebla	2150 m
- Tlaxcala	2240 m
- Tacubaya	2309 m
- Toluca	2675 m

couvrant de manière satisfaisante l'aire attribuée aux avocats de race mexicaine, qui s'étage de 1350 à 2350 m pour certains auteurs (16, 18, 20) et même jusqu'à 3600 m d'après

SCHROEDER (20, 1952), mais aucun poste météorologique d'une altitude supérieure à celle de Toluca n'est mentionné dans l'ouvrage consulté (3). Les données météorologiques émanant de ces 6 stations sont résumées dans les tableaux 1 et 2.

Il convient d'ajouter à ces renseignements, l'indication notée par CHAPMAN (a naturalist's journey from coast to Orizaba) et reproduite par DE C. WARD et col. (3), concernant la disparition des plantations de manguiers et de caféiers à l'altitude de 1.500 m.

Cette remarque suggère, eu égard à la sensibilité au froid de ces deux espèces, que le gel peut occasionnellement apparaître à une altitude comparable à celle de Morelia et, a fortiori, de Puebla, bien que cela ne ressorte pas dans les relevés utilisés.

Les caractéristiques générales du climat des hautes terres du Mexique qui se déduisent des informations rassemblées ci-dessus s'expriment ainsi :

TABLEAU I  
Températures et pluviosité de 6 stations des hautes terres du Mexique

Données	Stations	Mois												Moyenne ou Total
		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Température moyenne mensuelle en degrés C	Jalapa (1399 m)	14, 2	15, 6	17, 5	19, 2	19, 8	19, 2	19, 0	19, 1	18, 6	17, 5	16, 1	14, 9	17, 5
	Morelia (1923 m)	14, 5	16, 1	18, 4	20, 1	20, 7	20, 1	18, 6	18, 6	18, 4	17, 5	16, 4	14, 7	17, 8
	Puebla (2150 m)	12, 4	13, 9	16, 2	18, 1	19, 8	17, 8	17, 2	17, 4	16, 7	15, 8	14, 4	12, 6	16, 0
	Tlaxcala (2240 m)	12, 7	14, 4	16, 2	17, 6	17, 6	17, 4	16, 6	16, 9	16, 4	16, 0	14, 5	13, 3	15, 8
	Tacubaya (2309 m)	12, 6	14, 3	16, 9	17, 9	17, 6	17, 4	15, 9	16, 3	15, 6	15, 0	14, 1	12, 6	15, 5
	Toluca (2675 m)	9, 7	10, 7	12, 9	14, 7	15, 6	15, 3	14, 2	14, 0	13, 8	12, 7	11, 3	9, 7	12, 8
Pluviosité moyenne mensuelle en mm	Jalapa	48	59	60	73	111	316	173	164	275	146	77	61	1562
	Morelia	17	2	1	33	53	144	175	170	124	62	22	7	810
	Puebla	8	9	11	25	83	172	179	143	154	63	25	9	885
	Tlaxcala	4	5	8	17	84	182	159	143	137	54	15	6	813
	Tacubaya	13	3	5	23	63	100	171	143	115	61	24	5	726
	Toluca	8	8	13	28	59	110	139	111	117	41	18	12	665

TABLEAU 2  
Données météorologiques annuelles diverses de 6 stations des hautes terres du Mexique

Stations	Températures extrêmes		Nbre de jours de froid	Nbre de jours de neige	Humidité relative		Evaporation	Pluies		Nbre d'heures d'ensoleillement
	M	m			M	m		M	m	
Jalapa	32, 0	3, 9	0, 24	0, 13	83	72	1416	2440	1190	1546, 9
Morelia	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
Puebla	29, 8	0, 1	?	?	70	48	3262	1270	560	?
Tlaxcala	28, 8	- 1, 0	?	?	?	?	?	940	590	?
Tacubaya	?	?	?	?	?	?	2521	?	?	2365, 5
Toluca	26, 2	- 3, 0	90, 6	?	80	56	1922	990	560	?

- Températures peu élevées même en saison chaude, les maxima eux-mêmes sont modérés (+ 32°C dans le cas le plus favorable).

- Des températures minimales inférieures à 0°C sont enregistrées normalement à partir de 2240 m (Tlaxcala) et vraisemblablement, d'une manière plus accidentelle, à partir de 1500 m.

- La pluviosité est modérée et même faible en altitude, saison sèche marquée (6 à 8 mois durant lesquels les chutes de pluies sont inférieures à 100 m).

- L'importance de l'évaporation accentue le déficit pluviométrique ; en effet, sauf à Jalapa, où elle est inférieure à la pluviométrie, l'évaporation atteint 3 à 4 fois le total des pluies. En revanche, ceci est compensé par une hygrométrie moyenne à élevée.

- L'ensoleillement est faible à moyen.

La classification de KOPPEN définit ce climat comme tempéré chaud à saison sèche hiverno-printanière.

## 2°) Les climats des hautes terres du Guatemala

Seuls deux postes météorologiques situés dans la zone d'altitude 1500/2350 m figuraient dans la documentation consultée, ceux de :

- Observatorio 1502 m d'altitude,
- Quetzaltenango 2350 m d'altitude,

encore ne fournissent-ils que des renseignements moins complets que ceux obtenus pour le Mexique. Cependant SAPPER (19) apporte quelques précisions supplémentaires concernant les températures minima qui peuvent apparaître dans cette zone.

Les tableaux 3 et 4 regroupent les données météorologiques rassemblées.

TABLEAU 3  
Températures et pluviosité de 2 stations des hautes terres du Guatemala

Données	Stations	Mois												Moyenne ou Total
		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Températures moyennes mensuelles en degrés C	Observatorio (1502 m)	18, 1	18, 9	19, 9	21, 0	21, 3	20, 3	20, 2	20, 3	20, 1	20, 1	18, 5	16, 7	19, 6
	Quetzaltenango (2350 m)	11	11, 9	14, 3	15, 6	16, 9	16, 6	15, 8	15, 6	15, 7	15, 5	13, 9	11, 5	14, 9
Pluviosité moyenne mensuelle en mm	Observatorio	6	3	19	16	243	253	187	260	178	156	71	2	1394
	Quetzaltenango	21	2	15	33	100	127	81	96	110	79	14	3	671

TABLEAU 4  
Données météorologiques annuelles diverses  
de la Station de Quetzaltenango

Températures extrêmes		Pluviosité	
M	m	M	m
20,8	8,3	790	560

SAPPER signale d'autre part qu'à Quetzaltenango la température la plus basse fut enregistrée en 1895. Elle a atteint + 0,5°C. Il note encore qu'entre 1200 et 1800 mètres d'altitude, en Amérique centrale, la température peut parfois s'abaisser jusqu'à 0°C. Enfin l'ensoleillement sur les hautes terres du Guatemala serait de l'ordre de 2800 heures.

Il s'agissait donc d'un climat comparable à celui des hautes terres du Mexique (KOPPEN le classe de la même manière), mais légèrement plus chaud aux altitudes les plus basses,

à amplitude thermique moins marquée et à ensoleillement beaucoup plus important.

Cependant, il aurait été intéressant, compte tenu des précisions fournies par SAPPER sur l'apparition des froids dans la zone d'altitude de 1200 à 1800 m, de disposer d'informations météorologiques pour une station au moins située au-dessus de celle de Quetzaltenango (2350 m). En effet, l'avocatier végète, au Guatemala, jusqu'à une altitude de 3100 m (16) et il est donc probable qu'il y supporte des températures légèrement inférieures à 0°C.

### 3°) Le climat des basses terres de Colombie

Les deux stations météorologiques dont les relevés ont pu être obtenus sont celles de :

- Santa Marta (altitude inconnue, mais proche du niveau de la mer),
- Aracataca (altitude  $\pm$  100 m),

toutes deux situées au pied de la Sierra Nevada de Santa Marta. Les relevés sont récapitulés dans le tableau 5.

TABLEAU 5  
Températures et pluviosité de 2 stations des basses terres de Colombie

Données	Stations	Mois												Moyenne ou Total
		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Températures moyennes mensuelles en degrés C	Santa Marta ( $\pm$ niveau mer)	29,2	28,8	29,1	28,6	27,3	28,0	28,2	27,4	27,8	26,4	28,9	30,5	28,3
	Aracataca ( $\pm$ 100 m)	29,0	29,2	28,5	28,8	28,4	27,9	28,0	27,8	28,0	27,3	26,9	27,3	28,0
Pluviosité moyenne en mm	Santa Marta	1	4	9	38	190	180	90	149	214	282	169	49	1475
	Aracataca	0	2	7	44	172	161	60	106	152	214	182	37	1137

A ces moyennes s'ajoutent quelques renseignements complémentaires :

- l'humidité relative moyenne annuelle est de 90 à 95 en saison des pluies et de 75 à 80 en saison sèche,

- l'insolation atteint 2566 heures à Aracataca.

Cette région des basses terres de Colombie offre donc un climat tropical sec, bien que l'humidité relative soit assez élevée en saison

sèche. L'ensoleillement y est moyen.

Pour cette région, comme pour le Guatemala, il faut déplorer l'absence de documents accessibles concernant des stations météorologiques sises à une altitude plus élevée. En effet, l'avocatier croît, à l'état spontané, dans la Sierra Nevada de Santa Marta jusqu'à une altitude de 1600 m (12), où l'on peut supposer que des abaissements sensibles de température se manifestent (cf. SAPPER).

## RÉACTIONS PARTICULIÈRES DES AVOCATIERES À CERTAINS FACTEURS CLIMATIQUES

Certaines réactions végétatives des avocatières, observées dans les grandes régions de culture, peuvent recevoir une explication en relation avec les conditions climatiques régnant dans les aires d'origine de cette essence fruitière.

Ces réactions particulières et leurs causes climatiques probables sont exposées dans ce paragraphe.

### 1°) Résistance au froid

POPENOE (15, 1947) note que les avocatières mexicains sont connus pour résister à des froids de  $-7$  à  $-8^{\circ}\text{C}$  sans dégâts graves, mais ces températures semblent cependant représenter une limite, les froids les plus intenses dans leur aire d'origine ne dépassant pas  $-3^{\circ}\text{C}$ . D'ailleurs HODGSON et col. (9), s'ils ne signalent que des dégâts négligeables en Californie durant l'hiver 1947-1948, durant lequel la température s'abaissait à  $-2, 2^{\circ}\text{C}$ , parlent de dégâts plus sérieux provoqués par les froids de l'hiver 1948-1949 qu'ils précisent ainsi :

- nuit du 3 au 4 janvier 1949 =  $-2, 2^{\circ}\text{C}$  (8 h 30)  
 $-2, 8^{\circ}\text{C}$  (7 h 30),  $-3, 3^{\circ}\text{C}$  (6 h 30),  $-3, 9^{\circ}\text{C}$  (3 h 30)  
 $-4, 4^{\circ}\text{C}$  (environ 1 heure).

- nuits du 4 au 5 et du 9 au 10 janvier 1949 :  
 1 heure et 30 minutes respectivement à une température légèrement inférieure à  $-2, 2^{\circ}\text{C}$ .

Les réactions des différents types furent les suivantes :

- Race mexicaine : très légers dégâts uniquement sur les grappes de fleurs et sur quelques feuilles exposées au sud.

- Fuerte : dégâts un peu plus importants sur les feuilles exposées et les jeunes pousses, surtout dans les parties basses. Les fleurs et les pédicelles des fruits étaient également touchés. Les jeunes plants en pépinière ont eu toutes leurs feuilles et le sommet des tiges détruits.

- Hybrides présumés de Guatémaltèque x mexicain : leur résistance fut égale ou supérieure à celle de Fuerte. Certaines variétés, telles Coit, Lodge, Monica et Nowels, ne se sont guère révélées plus sensibles que les variétés mexicaines.

- Race guatémaltèque : les dégâts furent en général plus graves sur le feuillage, que dans les autres types. Cependant, beaucoup d'arbres ne présentèrent que peu de dégâts. Des différences variétales sensibles furent enregistrées Anaheim, Carlsbad, Dickinson, Hellen, Nabal et Prince furent les plus atteints, Edranol, Itzamna, Mayapan et Panchoy furent au contraire les moins touchés.

VOGEL (23, 1964-1969) a également observé la réaction au froid des avocatières de la collection de la Station de Recherches agrumicoles de Corse, durant les hivers 1962-1963 et 1968-1969.

En 1962-1963, les froids se caractérisent plus par leur durée que par leur intensité, comme le montre le tableau 6.

Durant l'hiver 1968-1969, une gelée à  $-1^{\circ}\text{C}$  a été enregistrée le 29 décembre, et une seconde à  $-2, 9^{\circ}\text{C}$  le 11 février (la température au sol s'est abaissée jusqu'à  $-6, 9^{\circ}\text{C}$ ). En outre, deux chutes de neige ont eu lieu, le 31 décembre et le 10 février. Après cette dernière, la neige a persisté sur les arbres pendant 48 heures. Les dégâts observés sont récapitulés dans le tableau 8.

Ces trois séries de résultats (Californie 1948-1949, Corse 1962-1963 et 1968-1969) fournissent des indications très homogènes et confirment la résistance au froid très voisine des races mexicaine et guatémaltèque ainsi que de leurs hybrides et la sensibilité des variétés antillaises et de leurs hybrides.

En outre, la non concordance absolue entre race et résistance au froid est également démontrée, certains antillais ayant eu une meilleure résistance au froid que quelques variétés guatémaltèques.

Enfin, la grande résistance des mexicains, en ce qui concerne le feuillage et les rameaux, s'accompagne d'une sensibilité marquée des pédoncules des fruits et des fleurs au gel, tandis que les fruits de deux variétés guatémaltèques ont montré une excellente résistance au froid.

La floraison automnale des variétés mexicaines est donc, dans l'ensemble, un obstacle important à leur adoption en climat gelif, les

TABLEAU 6  
Températures minima enregistrées sous abri à la  
Station de Recherches expérimentales agrumicoles  
de Corse du 13 janvier au 3 février 1963

Jours	Nombre d'heures pendant lesquelles la température a été de :		
	0° à -1°C	-1°C à -2°C	-2° à -3°C*
14-1	1 h 30	2 h 30	
15	1 h	4 h 30	
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22	12 h	1 h	
23	3 h	8 h	
24			
25	4 h		
26			
27			
28			
29			
30	10 h	1 h	
31	1 h	10 h	
1-2	3 h 30		
2	2 h		
3			
Total	38 h	27 h	

\* - une pointe de -3°C de courte durée, a été notée sur un thermomètre enregistreur.

variétés guatémaltèques et les hybrides mexicains x guatémaltèques sembleraient mieux adaptés à de tels climats.

Il faut noter à ce sujet qu'il existe, dans l'aire d'origine mexicaine, des types d'avocats à floraison automnale et d'autres à floraison printanière (8). Il y a là, probablement, une source de matériel végétal pour la sélection de variétés à floraison et fructification se produisant en dehors des périodes de froid.

## 2°) Durée de la floraison

SCHROEDER (20, 1951, b) a remarqué que, lorsque les conditions de nouaison sont mauvaises, la période de floraison peut s'étendre sur 6 mois et même plus, alors qu'elle est normalement d'un mois environ.

Au Cameroun par exemple (17), dans les régions de basse altitude, les floraisons principales durent souvent de 4 à 6 mois. Le même

phénomène est observé en basse Côte d'Ivoire (7).

Or, de septembre à novembre les pluies sont encore très abondantes, de 800 à 1000 mm selon les lieux, alors que dans les aires d'origine où les floraisons apparaissent en automne ou au printemps, les pluies sont peu abondantes, toujours inférieures à 100 mm (sauf en octobre à Jalapa=146 mm, et à Observatorio=156 mm).

En outre, sauf dans l'aire colombienne, les températures sont basses au moment de la floraison (de 12,7 à 21,0°C), alors qu'au Cameroun elles atteignent 23,0 à 27,5°C.

Ces différences de pluviométrie et de température peuvent expliquer dans une large mesure la prolongation de la période florale observée en climat tropical humide et la meilleure adaptation des variétés dites antillaises, dont l'origine réelle serait l'aire colombienne, à ces climats tropicaux, encore que la pluviosité y



TABLEAU 7  
Importance des dégâts dus au froid observés sur les avocatiers  
à la Station de Recherches agrumicoles de Corse (1962-1963)

Variétés mexicaines	Variétés guatémaltèques	Variétés antillaises	Variétés hybrides	Divers
I - Variétés n'ayant subi aucun dégât :				
Benedict Blake Caliente Clifton	Corona Mac Arthur Sulliman		Bacon Fuca Fuerte Fuerte McDougal Fuerte Whedon Nowels Ryan Wright	Persea nubigena
Duke				
Gottfried Jalna Mexicola Puebla Topa Topa Zutano				
II - Variétés ayant eu quelques feuilles brûlées mais aucun dégât sur rameaux :				
Emerald	Edranol  Hass Hellen Mayapan Mesa Nabal		Fuerte McDonald Hall Irving Regina Rincon	
III - Variétés ayant eu de 1/10 à 1/4 des feuilles et quelques bourgeons brûlés :				
	Dickinson Itzamna Panchoy	Pollock	Lula	
IV - Variétés ayant eu de 1/4 à 3/4 des feuilles et quelques rameaux brûlés :				
	Anaheim Linda		Booth 3 Booth 7 Booth 8 Choquette Hickson Nelson	
V - Variétés ayant eu toutes les feuilles, les rameaux et quelques branches brûlés :				
		Fuchsia Waldin	Simpson	
VI - Variétés ayant eu de grosses branches et une partie du tronc détruites :				
	Wilder		Collinson	

TABLEAU 8  
 Importance des dégâts dus au froid observés sur les avocatriers  
 à la Station de Recherches agronomiques de Corse (1968-1969)

Nature des dégâts	Variétés mexicaines	Variétés guatémaltèques	Hybrides présumés M x G ou G x M	Hybrides présumés G x A ou A x G	Variétés antillaises	Variétés d'origine douteuse ou inconnue	Divers
Pédoncles des fruits partiellement gelés (1)		Anaheim Dickinson Hass Hellen Nabal Panchoy	Lula	Choquette Hall Hickson		Jerma Regina	
Fleurs partiellement détruites (1)	Caliente Duke	Benedict Blake Clifton Gottfried Puebla Topa Topa					
Quelques feuilles détruites		Edranol Hass Hellen Panchoy Sulliman Taft		Hickson Booth 8	Simmonds	Irwing Ryan	<i>P. nubigena</i>
1/4 des feuilles détruites		Linda Nabal Wilder	Lula	Hall	Peterson	Jerma Nelson Simpson	
1/2 des feuilles détruites		Anaheim Dickinson		Booth 3 Booth 7 Choquette		Regina Toltec	
Totalité des feuilles détruites					Fuchsia Waldin	Collinson	
Quelques bourgeons gelés		Anaheim Hass Linda Nabal	Lula	Booth 3 Choquette Hall	Peterson	Nelson Simpson	
Extrémité des rameaux gelés		Dickinson		Booth 7	Fuchsia	Regina Toltec	
Rameaux entièrement gelés					Waldin	Collinson	

(1) - Ces observations ne portent évidemment que sur les variétés portant des fleurs ou des fruits au moment des gelées. Il faut noter que les fruits des variétés suivantes ont résisté au froid : Corona (G) et Nowels (M x G).

soit plus abondante et répartie sur une plus longue période.

### 3°) Mécanisme dichogamique de floraison

LESLEY et BRUNGHURST (10), dans une étude sur la pollinisation, ont montré qu'il existe une étroite corrélation entre la température et le mécanisme d'ouverture des fleurs (dichogamie). La succession des stades mâle et femelle au cours des deux épanouissements successifs des fleurs ne serait normale que lorsque les températures maxima et minima atteignent respectivement 6,5 et 19,0°C pour les variétés de type A et 10,5 et 20°C pour les variétés de type B. Bien que les températures maxima et minima mensuelles des aires d'origine n'aient pu être obtenues, les températures moyennes des mois de mars, avril, mai, septembre, octobre et novembre, paraissent suffisamment élevées pour que les minima ne s'abaissent pas, normalement du moins, au-dessous des seuils indiqués par ces auteurs. Quant aux maxima, ils atteignent très certainement les 20°C requis. Le seul cas douteux est celui de Toluca, mais ce site est à la limite supérieure de l'aire d'habitat des avocatiers cultivés et n'est donc pas, de ce fait, très représentatif.

En Californie (10) et au Maroc (23, 1961) des perturbations du mécanisme dichogamique ont été observées en liaison avec l'abaissement de la température et VOGEL (23, 1961) ajoute, pour le Maroc, avec une forte humidité relative. Il faut rappeler en effet qu'au Maroc la floraison se produit à une saison encore pluvieuse.

### 4°) Floraisons multiples

Ce phénomène a été observé aussi bien dans les aires d'origine que dans les zones de culture.

SCHROEDER (20, 1951, b) signale que lorsque les conditions climatiques sont défavorables à la nouaison, une seconde floraison apparaît, dont l'initiation et le développement sont rapides, ce qui explique peut-être en partie la durée anormale de floraison observée au Cameroun et en Côte d'Ivoire.

Il note encore que le ralentissement de la sécheresse ou de trop hautes températures suffit souvent à induire la formation de boutons floraux à n'importe quel moment de l'année.

Ce phénomène est observé aussi bien dans les aires d'origine que dans les régions de

culture :

Au Mexique (\*), les fruits à contre saison, appelés "aventureros", mûrissent en juillet (maturité de la floraison normale à partir de novembre et durant tout l'hiver, provenant d'une floraison automnale ; en Corse VOGEL (23, 1969) a observé le même phénomène à la même époque sur les variétés mexicaines également.

Il ne peut s'agir dans ces deux cas, d'après les relevés météorologiques, de l'action d'une élévation de température, la sécheresse serait plus logiquement mise en cause.

MUNIER (12) rapporte également que des doubles floraisons sont enregistrées en Colombie (Sierra Nevada de Santa Marta), la forte production hivernale provient d'une floraison printanière, tandis que celle, faible, du début de l'été, est la conséquence de la floraison anormale d'automne-hiver. Dans ce cas, ce peut être effectivement l'élévation de température, liée à la réduction des pluies, qui provoque cette floraison anormale.

Au Cameroun (17) une seconde floraison est fréquemment enregistrée à la station IFAC de Nyombé ; elle se produit, le plus souvent, de mai à juillet, c'est-à-dire à une époque à laquelle les pluies sont fortes et la température plus basse qu'en saison sèche. Le même phénomène est enregistré en altitude (au-dessus de 1400 m) sur les plateaux Bamiléké et Bamoun.

Il semble donc que l'opinion de SCHROEDER sur les causes des floraisons accidentelles soit insuffisamment étayée et qu'il soit, de surcroît, difficile de donner à ce phénomène, une explication simple.

### 5°) Chute précoce des fruits

Peu d'informations ont pu être réunies sur cet accident végétatif.

MILLER, TURRELL et AUSTIN (11) ont enregistré en Californie des chutes de fruits à des températures comprises entre 34,5 et 36,7°C.

Des températures de cet ordre sont inexistantes au Mexique et au Guatemala et certainement rares en Colombie, elles sont en revanche fréquentes en Californie, en Israël et au Maroc. Cependant, dans ce deux derniers pays, les chutes précoces de fruits ne semblent pas avoir retenu particulièrement l'attention des

(\*) - G. DUVERNEUIL - Communication personnelle

spécialistes.

Il faut d'ailleurs mentionner à ce sujet que des expériences effectuées par SCHROEDER et KAY (21) leur ont montré que les tissus du fruit résistaient, en laboratoire, à une température de 46°C pendant 4 heures. Cependant, après 8 heures à la même température 40 p. cent des tissus étaient détruits.

Bien que ces expériences ne puissent être reliées directement à la chute des fruits, elles semblent cependant démontrer une bonne résistance à la chaleur des avocats. Il est donc possible de penser que les températures enregistrées par MILLER et col. ont eu une action plus marquée en raison d'un manque d'humidité du sol.

#### 6°) Maturation des fruits

Le développement et la maturation des avocats n'exigent pas beaucoup de chaleur.

CHANDLER (2) dit en effet qu'un nombre considérable de variétés mûrissent très normalement leurs fruits dans des climats trop froids pour les agrumes, même les Satsuma.

D'autre part, ERICKSON et YAMASHITA (5) ont démontré dans une expérience sur la variété Hass (guatémaltèque) que si à 6°C le processus de maturation ne se déclenchait pas, à 9°C les fruits mûrissent tous entre 28 et 32 jours tandis qu'à 21°C la durée minima de maturation atteignait son maximum (10 jours). A 30°C au contraire, la maturation était retardée et se produisait irrégulièrement.

Les observations et travaux de ces auteurs sont en accord avec les renseignements météorologiques concernant le Mexique et le Guatemala, aires d'origine où les températures moyennes sont peu élevées. Il est probable, d'autre part, que les variétés antillaises (aire d'origine colombienne), ont des exigences plus élevées de chaleur pour mûrir leurs fruits.

#### 7°) Qualité des fruits

Il existe dans ce domaine de l'influence du climat sur la qualité des fruits, plus d'opinions que d'observations précises. Cependant, elles sont suffisamment concordantes pour être admises. POPENOE (15, 1941) exprime l'opinion suivante: "je suis convaincu que c'est une faute de cultiver les variétés de race guatémaltèque au niveau de la mer sous les Tropiques. C'est une race des régions d'altitude et, quand on la plante sur la côte, le fruit, presque invaria-

blement perd son parfum et sa qualité ... Comme les guatémaltèques, ils (les mexicains) appartiennent aux régions d'altitude ... Même la partie sud de la Floride est trop tropicale pour Fuerte ... quand il est cultivé sous les Tropiques, il doit l'être à une haute altitude ..."

CHANDLER (2) de son côté dit que la quantité de chaleur reçue a moins d'influence sur la qualité des avocats que sur celle des agrumes, ce que corroborent les expériences de ERICKSON et YAMASHITA (5).

D'après WARDLAW (24), la teneur en matières grasses du fruit, caractéristique organoleptique principale de l'avocat, serait en liaison étroite avec la température.

"En général, les variétés de race antillaise, originaires des régions tropicales basses et humides possèdent la teneur la plus basse en matières grasses (4 à 7 p. cent), les variétés guatémaltèques, originaires des régions tropicales d'altitude ont de 10 à 13 p. cent et les mexicaines, originaires des régions d'altitude et possédant un haut degré de résistance au froid ont de 12 à 15 p. cent ... En outre, la même variété poussant en Californie, Floride et Antilles, a des teneurs en matières grasses tout à fait différentes; les fruits de Californie montrent les plus fortes valeurs et ceux poussant aux Antilles les plus faibles ... Il peut en être conclu que les variations enregistrées pour cette importante caractéristique sont dues pour parties à la constitution génétique et aux réactions aux conditions climatiques."

Sur ce même sujet, OCHSE et col. (13) estiment qu'un climat de type mousson, avec alternance de saisons sèche et humide est plus favorable à la qualité des fruits qu'un climat continuellement pluvieux.

Enfin PENNOCK (14) a observé à Puerto Rico que la sélection n°6 de Fuerte donnait des fruits de saveur aqueuse dans les années humides.

Des dosages de matières grasses ont bien été effectués dans différents pays de climats très variés (Californie, Floride, Cameroun, Maroc, Côte d'Ivoire, Guinée, etc.), mais il est presque impossible d'en faire ressortir nettement une action du climat sur la teneur en huile des fruits. En effet les résultats publiés ont trait à des dosages effectués selon différentes méthodes, portent sur le pourcentage d'huile par rapport au poids total du fruit ou de la pulpe seule et l'indication du stade exact de maturité du fruit n'est pas mentionné. Ce manque d'homogénéité interdit toute interprétation des résultats de ces dosages.

## CONCLUSIONS

L'étude des conditions climatiques régnant dans les aires d'origine des avocatiers cultivés d'une part et de quelques-unes de leurs réactions particulières dans des zones de culture de climats différents entre eux et de ceux des aires d'origine d'autre part, permet d'apporter quelques précisions sur leurs possibilités d'adaptation dans une région déterminée, en fonction des caractéristiques météorologiques de ces dernières.

Il est remarquable, tout d'abord, que les trois races ont en commun deux exigences climatiques :

- une saison sèche nettement marquée, durant laquelle se produit la floraison. Des chutes de pluies abondantes à l'époque de la floraison semblent en relation étroite avec la prolongation de la durée du phénomène en climat tropical humide,

- des températures minimales ne s'abaissant pas au-dessous de 6,5°C et 10,5°C et des températures maximales atteignant au moins 19°C et 20°C respectivement pour les variétés des groupes A et B, à l'époque de la floraison, pour que le phénomène de dichogamie se produise sans perturbation.

Le second point important qui ressort de cette étude concerne l'identité presque complète entre le comportement des variétés d'origines mexicaine et guatémaltèque et, au contraire les différences de réaction des variétés dites antillaises d'origine colombienne.

- Les deux premières races citées, ainsi que leurs hybrides, ont une résistance au froid très voisine, et bien que la race guatémaltèque soit en principe plus sensible au gel, certaines variétés mexicaines en souffrent plus du fait de leur floraison automno-hivernale.

- Ces deux races végètent encore normalement dans des climats caractérisés par des températures moyennes modérées ou faibles, classés par KOPPEN comme tempérés chauds. La maturation de leurs fruits elle-même n'exige pas beaucoup de chaleur. Cependant leur acclimatation en Californie, au Maroc et en Israël prouve aussi leur résistance à de fortes chaleurs.

- Au contraire les variétés antillaises sont typiquement des variétés de climat tropical à saison sèche marquée.

Enfin, bien qu'imparfaitement démontrée, faute de renseignements chiffrés, l'action des climats chauds et humides sur la diminution de la teneur en huile et de la saveur est affirmée par plusieurs auteurs, cette action ne viendrait d'ailleurs qu'accentuer la manifestation de ces caractères génétiques liés aux races.

Grâce à l'existence de trois races issues probablement d'une très ancienne sélection ayant eu pour objet, partiellement au moins, une adaptation à certains types de climats, les avocatiers offrent une gamme de variétés adaptées à des conditions climatiques très variées, et en conséquence, de nombreuses régions sont favorables à leur culture.

## BIBLIOGRAPHIE

- 1 - BERGH (B.O.) et STOREY (W.B.) - 1964. Character segregation in avocado racial hybrid progenies. *Yearbook of the California avocado Society for the year 1964.*
- 2 - CHANDLER (W.H.) - 1950. Evergreen orchards *Lea et Febiger, Philadelphia 1950.*
- 3 - De C. WARD (R.), BROOKS (C.F.) et CONNOR (A.J.) - 1938. The climates of north America. *Handbuch der Klimatologie, Band II, Teil I, 1938.*
- 4 - ELIOT, COIT (J.) - 1948. Mexican exploration of 1948. *Yearbook of the California avocado Society for the year 1948.*
- 5 - ERICKSON (L.C.) et YAMASHITA (T.) - 1964. Effect of temperature on the ripening of Hass avocado. *Yearbook of the California avocado Society for the year 1964.*
- 6 - FOUQUE (A.) - 1965. Note sur la recherche des *Persea*. *Document IFAC - R.A. 1965, Doc. 10.*

- 7 - FURON (V.) - 1961. L'avocatier en Côte d'Ivoire.  
*Document IFAC - FRUITS, 1961, vol. 16, n° 1.*
- 8 - GRISWOLD (H.B.) - 1946. Primitive avocados of central America and Mexico.  
*Yearbook of the California avocado Society for the year 1946.*
- 9 - HODGSON (R.W.), SCHROEDER (C.A.) et WRIGHT (A.H.) - 1950. On the comparative resistance of the avocado and certain other tender subtropicals and tropicals to low winter temperatures.  
*Yearbook of the California avocado Society for the year 1950.*
- 10 - LESLEY (J.W.) et BRINGHURST (R.S.) - 1951. Environmental conditions affecting pollination of avocado.  
*Yearbook of the California avocado Society for the year 1951.*
- 11 - MILLER (M.P.), TURREL (F.M.) et AUSTIN (S.W.) - 1963. Cooling avocado trees by sprinkling.  
*Yearbook of the California avocado Society for the year 1963.*
- 12 - MUNIER (P.) - 1960. Mission d'étude technique et économique sur la production fruitière en Colombie.  
*IFAC, 1960.*
- 13 - OCHSE (J.J.), SOULE (M. J. Jr), DYKMANN (M. J.) et WEHLBURG (C.) - 1961. Tropical and subtropical agriculture.  
*New York, The Mac Millan Company.*
- 14 - PENNOCK (W.) - 1958. The testing and scoring of some avocado varieties and new selections on their behavior under refrigeration.  
*The Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico, vol. XLIII, n° 1, janvier 1959.*
- 15 - POPENOE (W.) - 1934. Early history of the avocado.  
*Yearbook of the California avocado Society for the year 1963.*  
1941 - The avocado. A horticultural problem.  
*Yearbook of the California Avocado Society for the year 1941.*  
1947 - Persea.  
*in the Standard Cyclopedia of horticulture L.H. Bailey - The Mac Millan Company N.Y. 1947.*  
1949 - Races and racial origins.  
*Yearbook of the California avocado Society for the year 1949.*
- 16 - POPENOE (W.) et WILLIAMS (L.O.) - 1947. The expedition to Mexico of october 1947.  
*Yearbook of the California avocado Society for the year 1947.*
- 17 - Anonyme. Relevés des dates de floraison des avocatiers de la station expérimentale de Nyombé.  
*Archives de la Station IFAC de Nyombé, Cameroun, années 1958 à 1961.*
- 18 - Report of the committee on foreign exploration (Expedition to Mexico, april 1951).  
*Yearbook of the California avocado Society for the year 1951.*
- 19 - SAPPER (K.) - 1938. Klimakunde von Mittelamerika.  
*Handbuch der Klimatologie, Band II Teil H. 1938.*
- 20 - SCHROEDER (C.A.) - 1947. The expedition to Mexico of may 1947.  
*Yearbook of the California avocado Society for the year 1947.*  
1951 a - Avocado material for horticultural research.  
*Yearbook of the California avocado Society for the year 1951.*  
1951 b - Flower bud development in the avocado.  
*Yearbook of the California avocado Society for the year 1951.*  
1952 - Avocado Exploration in Mexico. May 1952.  
*Yearbook of the California avocado Society for the year 1952.*
- 21 - SCHROEDER (C.A.) et KAY (E.) - 1961. Temperature conditions and tolerance of avocado fruit tissue.  
*Yearbook of the California avocado Society for the year 1961.*
- 22 - SMITH (C.E. Jr) - 1965. Archeological Evidence for selection in avocado.  
*Economic botany, apr.-jun. 1966, vol. 20, n° 2.*  
1968 - Additional notes on prequest avocados in Mexico.  
*Economic botany, Apr.-jun. 1969, vol. 23, nv 2.*
- 23 - VOGEL (R.) - 1961. L'avocatier au Maroc.  
*Cahiers de la Recherche agronomique n° 13, dec. 1961, Rabat.*  
1964 - Observations sur le comportement au froid des variétés d'avocatiers cultivés à la Station expérimentale d'agrumiculture de Corse.  
*Fruits, 1964, vol. 19, n° 3.*  
1969 - Observations sur le comportement des variétés d'avocatiers cultivés à la Station de Recherches agrumicoles de Corse  
*Doc. IFAC, R.A. 1969, G.10, Doc. 46 (j).*

24 - WARDLAW - 1937. Notes on the physiology and biochemistry of tropical fruits. I. Avocados *Low Temperature research Station. Imperial College of tropical agriculture, Trinidad, feb. 1937.*

25 - World Weather Records - 1960.

*U.S. Department of Commerce, Decennie 1951-1960.*

26 - ZENTMYER (G.A.) - 1962. Report of the foreign exploration committee. *Yearbook of the California avocado Society for the year 1962.*



**engrais potassiques**



RENSEIGNEMENTS - DOCUMENTATION  
**SOCIETE COMMERCIALE DES POTASSES ET DE L'AZOTE**  
11, av. de FRIEDLAND - PARIS 8° - Tél. : 225-74-50 - Telex : 28 709 POTA-PARIS

