

## ÉTUDE SUR LA CERCOSPORIOSE DE L'AVOCATIER EN CÔTE D'IVOIRE

A. RONDON GARNIER\*

ETUDE SUR LA CERCOSPORIOSE DE L'AVOCATIER  
EN COTE D'IVOIRE

A. RONDON GARNIER

*Fruits*, mars 1973, vol. 28, n°3, p. 279-284.

RESUME - Les conditions de développement du parasite semblent différentes en Côte d'Ivoire et en Floride. Dans le premier pays, les températures et hygrométrie sont favorables toute l'année, alors que ces facteurs ne le sont que pendant quelques mois dans le second. Théoriquement, les traitements devraient être appliqués toute l'année ; en pratique, on se bornera à protéger les fruits durant leur période de sensibilité.

*RONDON GARNIER, phytopathologiste vénézuélien a eu l'occasion d'accomplir un stage d'octobre 1971 à septembre 1972 au laboratoire de Phytopathologie du Centre ORSTOM d'Adiopodoumé (Côte d'Ivoire). Le sujet choisi l'a conduit à travailler en liaison avec les spécialistes de l'Institut français de Recherches fruitières Outre-Mer. Il nous est particulièrement agréable de rendre compte du travail original qu'il a effectué et dont les résultats ont un double intérêt scientifique et pratique.*

P. FROSSARD

### HISTORIQUE ET RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE

La Cercosporiose de l'avocatier a été observée pour la première fois en Géorgie (USA) par COOKE en 1878. Dès 1922, STEVENS considère que cette maladie cause de sérieux dommages sur les fruits des vergers floridiens. Depuis elle a été signalée dans la plupart des régions du Nouveau Monde où l'avocatier est cultivé (Vénézuéla, Mississipi, Porto Rico, Brésil, Sao Paulo, Costa Rica et l'Amazonie, Pérou, Bolivie, Nicaragua, Guadeloupe, Martinique).

En Afrique, la Cercosporiose a été observée en Guinée, en Côte d'Ivoire et au Cameroun sur les variétés floridiennes.

\* - CENIAP, Maracay, Vénézuéla.

En 1972, on peut admettre que cette affection est absente de certaines importantes zones commerciales de culture de l'avocatier : Californie, Israël, Afrique du Sud, Australie, Nouvelle Zélande. Il semblerait donc que la Cercosporiose de l'avocatier soit largement distribuée dans le monde et qu'elle soit particulièrement importante dans les pays tropicaux et subtropicaux. Cette maladie n'est cependant pas bien connue ; les seules données précises sur l'écologie et la biologie du pathogène sont anciennes et limitées à la Floride (STEVENS, PIPER 1942) où le climat subtropical est marqué par un hiver relativement froid et sec.

La présente étude réalisée au Centre ORSTOM d'Adiopodoumé et sur la station IFAC de l'Anguédédou est fort intéressante car les conditions climatiques de Basse Côte d'Ivoire sont très nettement différentes des conditions floridiennes.

## ASPECT MACROSCOPIQUE ET SYMPTOMATOLOGIE

On trouve dans le deuxième chapitre une description comparée des symptômes observés en Côte d'Ivoire et en Floride, tant sur feuilles que sur fruits. Ces symptômes sont pratiquement identiques. Sur les feuilles (photo 1) on observe des petites taches déprimées pourpres, amphigènes, anguleuses car limitées par les nervures, mesurant en moyenne 1 à 2 mm (photo 2). Sur les fruits, les premiers symptômes sont des tout petits points légèrement surélevés d'un vert pâle presque blanc qui deviennent des petites taches superficielles, irrégulières légèrement déprimées de 1 à 2 mm de diamètre et de couleur marron (photo 3). Finalement les taches souvent groupées sont formées de tissu mort et dur presque toujours crevasé. Bien que la partie superficielle de l'écorce soit seule atteinte, ces crevasse sont autant de portes d'entrée aux parasites secondaires qui se développeront au cours de la maturation des fruits.

En Côte d'Ivoire, la période d'incubation est de quinze jours dans les feuilles et de vingt jours dans l'écorce des fruits. En Floride, elle est respectivement de trente jours et de trente à quarante jours.

Les fructifications conidiennes apparaissent en Côte d'Ivoire trente à quarante cinq jours après inoculation des feuilles et trente cinq à quarante jours sur les fruits, soit dix à quinze jours plus tôt qu'en Floride.

STEVENS et PIPER ont signalé une certaine immunité des tissus jeunes : l'infection des feuilles se produit plusieurs semaines après leur naissance et les fruits ne seraient sensibles que lorsque leur taille est comprise entre 1/4 et 3/4 de leur taille définitive.

RONDON GARNIER a pu observer les mêmes phénomènes dans les conditions de Basse Côte d'Ivoire. Il montre que dans les cas des feuilles jeunes cette immunité apparente est liée à trois faits :

- stomates non fonctionnels (test à l'alcool isopropylique)
- accumulation d'eau difficile sur ces feuilles par suite de leur position verticale et de la présence d'une couche cirreuse
- présence dans les limbes jeunes d'une ou plusieurs substances de type phytoalexine inhibant le développement végétatif du champignon pathogène.

Les fruits jeunes sont pratiquement protégés jusqu'à ce qu'ils atteignent un diamètre de 4 à 4,5 cm et redeviennent presque résistants à l'approche de la maturité. L'auteur estime que cette résistance relative est d'un type mécanique : lorsque les fruits sont petits ils portent quelques stomates non fonctionnels. Par la suite ces stomates se transforment en lenticelles qui, à l'approche de la maturité, se remplissent de tissus subéreux qui forment une barrière naturelle à la pénétration du pathogène.

En Floride, entre mai et octobre, il tombe 1200 mm de pluie et la température et l'humidité sont alors élevées. On distingue une période critique, avant le 1<sup>er</sup> juillet, pendant laquelle les jeunes fruits sont sensibles et les conditions favorables. Après le premier juillet, les fruits sont bien développés et résistants, ne risquent plus grand chose sauf

dans le cas des variétés tardives. A partir d'octobre les pluies diminuent fortement, la température moyenne s'abaisse au-dessous de 24°C et l'humidité relative descend notablement.

En Côte d'Ivoire les pluies semblent mal réparties avec plus de 1.300 mm en trois mois (mai, juin, juillet) dont 700 mm en juin. Mais la saison sèche est courte, deux à trois mois, la température moyenne ne descend jamais au-dessous de 24°C et l'humidité relative atteint 100 p. cent chaque nuit. Il semble que ces conditions soient favorables à l'attaque du champignon pendant toute l'année. De plus la floraison principale s'échelonne de septembre à décembre et l'on peut observer des fruits au stade sensible pendant une longue période.

## ÉTAPES DE L'INFECTION

Ce chapitre est extrêmement important, il précise en effet les modalités de la germination, de l'infection et de la sporulation. Le *Cercospora purpurea* CKE se reproduit par voie asexuée, par l'intermédiaire de conidies cylindriques de couleur olive, munies de 2 à 7 cloisons de longueur très variable (23 à 110 microns en Côte d'Ivoire - 20 à 100 microns selon CHUPP) ; leur largeur est plus constante 2,2 à 4,5 microns. Ces conidies sont formées à partir de conidiophores issus de stromas foncés occupant la chambre sous-stomatique. STEVENS et PIPER indiquent avoir observé occasionnellement en Floride sur des feuilles âgées, une forme parfaite appartenant au germe *Mycosphaerella*. L'identité de cette forme n'a pas été vraiment établie mais les inoculations faites avec des cultures de ce champignon produisent des taches typiques sur les fruits. RONDON GARNIER n'a pas observé cette forme en Côte d'Ivoire et a donc étudié la biologie du stade conidien et de la forme mycélienne.

### Germination des conidies.

Les conidies placées en goutte pendant commencent à se gonfler. Après quatre à cinq heures les premiers tubes germinatifs sont émis. Les premières ramifications apparaissent au bout de vingt quatre heures cependant que le pourcentage de germination passe de 50 p. cent en quatre-cinq heures à plus de 70 p. cent en vingt quatre heures et à 90 p. cent en soixante douze heures. Sur lames de verre la germination est importante dans des gouttes d'eau mais elle est loin d'être négligeable sur des lames sèches maintenues à 98-100 p. cent H.R. (tableau 1). On observe le même phénomène en faisant germer les conidies sur des fragments de feuilles (photo 4).

TABLEAU 1 - Germination sur lames de verre et fragments de feuilles en 48 heures à 20°C (HR 98 à 100 p. cent).

	pourcentage de germination	longueur moyenne des tubes germinatifs en $\mu$
Lames humides	93,6	278 ± 32,8
Lames sèches	52,1	132 ± 32,8
Feuilles humides	95,2	287 ± 45,6
Feuilles sèches	72,8	144 ± 45,6

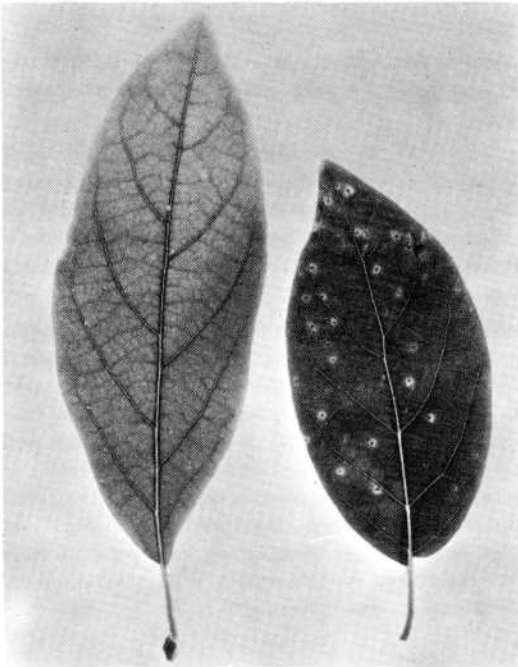


Photo 1 - A droite : Symptômes foliaires sur feuille, 20 jours après inoculation. A gauche : feuille saine.



Photo 2 - Aspect caractéristique de lésions foliaires, taches anguleuses limitées par les nervures.



Photo 3 - Attaque sur fruit (variété Collinson) montrant les nombreuses lésions au niveau des lenticelles.

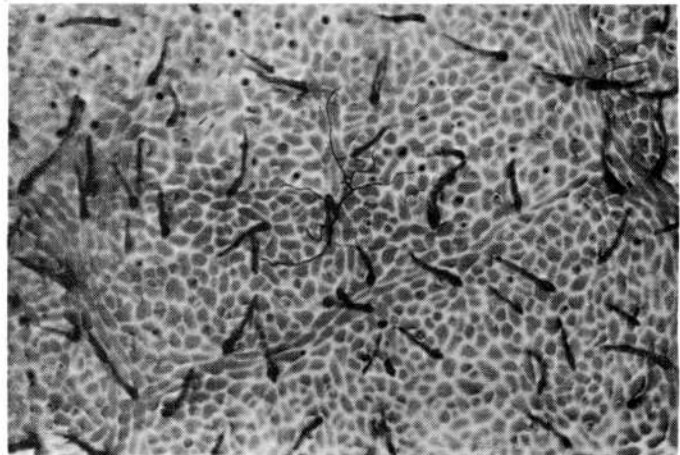


Photo 4 - Fermentation de conidies sur fragment de tissu (x 300).

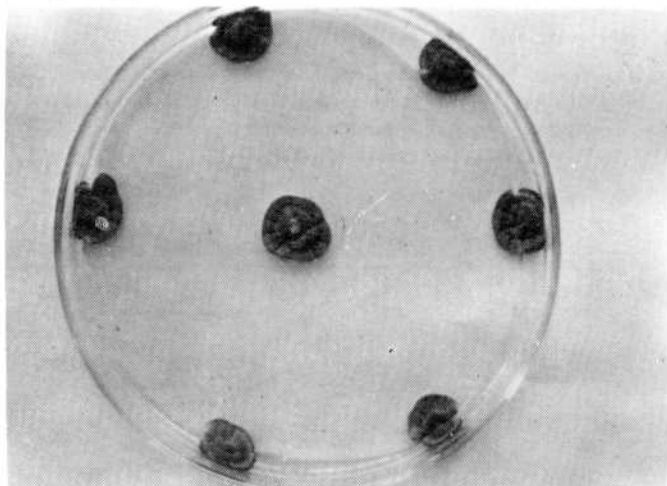


Photo 5 - Colonies de type sauvage, cultivées à 25°C, obtenues par repiquage de mycélium.

Il apparaît donc que les conidies du *C. purpurea* germent très facilement en présence d'eau liquide mais que celle-ci n'est pas absolument nécessaire. Afin de mieux préciser ces exigences hydriques, cette expérience a été poursuivie en maintenant les supports (lame de verre ou fragments de feuilles) au-dessus de solutions saturées en sels conservant une humidité relative constante. Les résultats sont résumés dans le tableau 2.

Les pourcentages de germination restent encore importants à 92 p. cent et au-dessus. Mais la croissance des tubes germinatifs est beaucoup plus affectée par la sécheresse relative de l'air.

Le support a une influence nette. Les pourcentages de germination sont plus élevés et les tubes germinatifs sont plus longs sur feuilles que sur lames de verre. RONDON GARNIER estime que la transpiration de la feuille crée un microclimat légèrement plus humide, donc plus favorable.

Par ailleurs, ayant conservé des feuilles portant des conidies dans les conditions du laboratoire (23-27°C, humidité relative 60-75 p. cent) il a pu vérifier que, après trois mois, ces spores étaient encore viables. Enfin, soumettant alternativement des conidies en germination pendant douze heures à une humidité saturante puis pendant douze heures à l'ambiance (60-80 p. cent), au bout de soixante douze heures, les résultats observés sont les suivants :

	pourcentage germination	élongation tubes germinatifs en $\mu$
Lames de verre	47	146
Fragments de feuille	60	181

Il s'avère donc que les conidies de *C. purpurea* peuvent germer dans des conditions variées d'humidité, qu'elles peuvent résister à une longue période de sécheresse et que l'alternance humidité - sécheresse n'arrête pas le processus de germination.

L'étude de l'influence de la température *in vitro* permet d'établir que les points cardinaux pour la germination et le développement du champignon sont :

minimum inférieur à 15°C

optimum 25°C  $\pm$  2°C  
maximum entre 30°C et 35°C

Les conidies maintenues sur milieu gélosé à 35°C sont encore viables après six jours mais sont tuées au bout de onze jours.

Enfin, l'étude du facteur lumière a montré que si les pourcentages de germination sont semblables en obscurité constante, en lumière constante ou en lumière alternée, par contre l'élongation des tubes germinatifs est plus grande en obscurité constante : 285 microns contre 240 microns dans les deux autres conditions.

Des trois facteurs physiques étudiés, la lumière ne joue pratiquement pas dans la nature. La température ne paraît pas un facteur limitant car elle est presque toujours comprise entre 20 et 30°C, la température moyenne en Côte d'Ivoire varie de 24,4 à 27,7°C ce qui est l'optimum pour le champignon. L'humidité aurait la plus forte influence mais elle reste en moyenne assez élevée (plus de 85 p. cent) et presque chaque nuit atteint la saturation. En Côte d'Ivoire on peut donc estimer avec raison que, pendant toute l'année, les conditions sont favorables à la germination et à la croissance des filaments germinatifs.

#### Pénétration et invasion.

Une des voies les plus importantes pour la pénétration des filaments dans les tissus de l'hôte est la voie stomatique. Ceci a été montré dans le cas de nombreux *Cercospora* : *C. appi*, *C. beticola*, *C. caribea*, *C. henningii*, *C. musae*, etc.

L'observation directe au microscope a permis de vérifier cette hypothèse pour le *C. purpurea* avec pour conséquence que la pénétration se fait uniquement par la face inférieure des feuilles, seule face portant les stomates. Des applications fongicides échelonnées après inoculation en plein champ permettent de préciser que la pénétration se situe principalement après les premières quarante huit heures qui suivent l'inoculation. Ceci a été vérifié par des observations microscopiques directes sur des empreintes faites au rhodoïd (montrant en outre que la pénétration est directe sans formation d'appressorium).

A humidité constante la pénétration après soixante-douze heures est maximum à 100 p. cent, faible à 80 p. cent et nulle à 31 p. cent.

TABLEAU 2 - Germination en quarante huit heures à 20°C selon l'humidité relative.

Humidité relative en p. cent	Lames de verre		Fragments de feuilles	
	Pourcentage de germination	Longueur des tubes germinatifs en $\mu$	Pourcentage de germination	Longueur des tubes germinatifs en $\mu$
98-100	52	132	73	144
95	41	23	60	29
92	31	19	46	30
80	5	15	18	20
76	0,7	11	2	13
63	0	0	0	0

L'effet de la température n'a pu être étudié, les feuilles entières étant mises dans des étuves à obscurité totale, les stomates restaient fermés et la pénétration nulle. Mais à 25° C dans les conditions naturelles tant sur les feuilles détachées qu'en place, on observe un pourcentage élevé de pénétration. En lumière continue, la pénétration est faible, elle est normale dans les conditions d'ambiance.

Les mouvements stomatiques, gouvernés par la lumière, l'humidité relative, etc. jouent évidemment un rôle primordial dans le processus de pénétration. En lumière alternée et à humidité saturante, les stomates des feuilles adultes se ferment à l'obscurité et s'ouvrent à la lumière et la pénétration peut s'effectuer. Les feuilles jeunes possédant des stomates qui restent toujours ouverts même à l'obscurité ne sont pas infectées : ces stomates étant non fonctionnels. On peut considérer que dans un verger d'avocat la pénétration des hyphes se situe sur les feuilles adultes pendant les premières heures de la matinée lorsque la rosée s'évapore ou dans la journée lorsque les feuilles se dessèchent après une pluie.

L'invasion du tissu des feuilles se déroule ainsi : pénétration d'un filament fin dans la chambre sous-stomatique. Là les hyphes augmentent alors de volume, se multiplient et s'entrelacent, formant une masse mycélienne qui occupe toute cette chambre, et d'où partent les hyphes inter puis intra-cellulaires qui envahissent les parenchymes. Il en résulte des petites taches jaunes visibles après 13-15 jours sur feuilles et vingt jours sur fruits. Puis apparaissent des macules marrons, résultat de la nécrose et de la mort des cellules de garde. Mais l'extension du parasite est plus ou moins limitée par les nervures, d'où la forme polygonale des taches. Sur fruit, la pénétration se fait par les stomates ou par les lenticelles.

#### Sporulation.

Dans la nature les premières conidies apparaissent 30-35 jours après inoculation des feuilles et 35-40 jours après l'inoculation des fruits. Après lavage soigné, un tissu taché mis en chambre humide produit en vingt-quatre heures un grand nombre de conidies septées matures. En milieu artificiel après soixante-douze heures, la majorité des conidies formées sont septées.

Les conditions favorables à la sporulation ne semblent jamais avoir été précisées. RONDON GARNIER a pu montrer que sur des feuilles détachées, maintenues quatre-vingt-seize heures en atmosphère saturante, la production de conidies est maximum à 30°C, elle est importante à 25°C et à 20°C mais elle est très faible et presque nulle à 15°C et à 35°C. A cette dernière température la sporulation est abondante les premières vingt-quatre heures mais diminue fortement ensuite.

Au point de vue humidité relative, l'optimum est à 100 p. cent. La sporulation est encore possible à 98 p. cent mais cesse à partir de 95 p. cent et au-dessous. La présence d'eau liquide n'est donc pas nécessaire.

Le facteur lumière n'a pas été spécialement étudié. L'auteur signale avoir observé sur des feuilles placées à 29°C en

lumière constante autant de conidies que sur des feuilles semblables soumises à une obscurité totale. Le nombre de stromas conidifères est plus faible à la face supérieure des taches qu'à la face inférieure qui est moins éclairée mais cette différence a peut-être des causes anatomiques (absence de stomates à la face supérieure).

Les espèces pathogènes du genre *Cercospora* ont un caractère commun ; en culture pure ils sporulent peu ou pas du tout. CALPOUZOS en 1955 a mis au point une technique de repiquages sélectifs permettant d'obtenir des lignées hautement sporulantes de *C. musae* ZIM, mais personne jusqu'à présent ne semble avoir essayé de résoudre le problème de la sporulation dans le cas de *C. purpurea* CKE.

RONDON GARNIER a tout d'abord étudié sur les isoléments récents type sauvage (photo 5) l'influence des divers facteurs : milieux de culture naturel, mixte ou synthétique : les premières spores ont été obtenues sur extrait gélosé de feuille d'avocatier, les transferts de ces spores sporulent sur l'ensemble des milieux étudiés.

Les conidies sont observées sur des cultures âgées de trois à huit jours. Les transferts de mycélium donnent des thalles stériles. Il faut repiquer seulement des conidies. On obtient le nombre maximum de spores sur des cultures maintenues dans les conditions normales d'éclairage (alternance) un nombre plus faible en lumière constante et très peu en obscurité absolue. Les conditions habituelles : température 23-28° C, humidité relative ambiante et pH 5-6,5 conviennent à la sporulation mais il faut préciser qu'en réunissant toutes les conditions les plus favorables, la fructification en culture n'est ni continue, ni constante, ni abondante : un facteur semble non contrôlé. L'auteur a essayé d'appliquer la méthode CALPOUZOS mais des difficultés ont surgi : impossibilité de localiser les zones sporulantes et contaminations nombreuses.

Il s'est orienté vers une technique légèrement différente en repiquant uniquement des conidies tous les 5 à 8 jours. Après quelques transferts, il a obtenu des colonies hautement sporulantes qui fructifient abondamment sur tous les milieux de culture sans perte de pouvoir pathogène. Les milieux convenant le mieux sont ceux à base de pomme de terre, de malt ou d'avoine. Enfin l'influence de la lumière est primordiale. Les cultures maintenues en obscurité totale sporulent très peu, en lumière continue la sporulation est moyenne mais elle est abondante avec l'alternance normale de lumière.

#### Conservation et dissémination.

La forme *Mycosphaerella* sp. observée par STEVENS et PIPER pourrait être une forme de conservation permettant au champignon de résister aux périodes défavorables existant en Floride. En Côte d'Ivoire, cette forme n'a pu être observée : RONDON GARNIER a observé dans le tissu mort des feuilles âgées des corpuscules semblables à des chlamydospores à parois épaissies qui peuvent jouer un rôle dans la conservation du pathogène.

Les conidies sont formées à partir de conidiophores issus de stromas foncés occupant la chambre sous-stomati-

que. Expérimentalement on retrouve ces conidies dans l'eau ayant coulé sur les feuilles. La rosée et la pluie jouent donc un rôle très important dans la dissémination du parasite. Les spores restent en place sur des feuilles soumises au courant d'air d'un ventilateur. Le vent par lui-même n'aurait pas d'action mais les vents humides qui accompagnent les pluies ont un effet évident. Un autre facteur peut jouer un rôle secondaire. On observe de nombreux arthropodes sur les taches fructifiées : Thrips, acariens ... Ces animaux se déplacent en emportant des spores accrochées à leurs poils et peuvent les transporter sur les parties saines du feuillage et des fruits.

#### CONCLUSION GÉNÉRALE

En Floride, les conditions favorables (température et humidité) aux diverses étapes du parasitisme ne semblent être réunies que pendant quelques mois (mai à septembre).

En Basse Côte d'Ivoire, elles sont propices pendant toute l'année d'où la gravité de la maladie dans cette dernière situation.

D'un point de vue théorique, on peut soupçonner l'existence dans les tissus jeunes de substances de type phytoalexine limitant le développement du pathogène dont l'extension est entravée par des barrières mécaniques (nervures, tissus subéreux sclérenchymes).

Le comportement parasitaire du *C. purpurea* est différent selon le type d'organe atteint. Dans les feuilles, attaquées seulement lorsqu'elles sont adultes, le champignon se comporte comme un véritable parasite, pénétrant par les stomates et détruisant les tissus palissadiques et épidermiques. Les fruits ne deviennent sensibles que lorsque leur diamètre dépasse quatre centimètres. A l'approche de la maturité ils redevennent résistants. L'activité du champignon se limite au tissu superficiel (épicarpe) mais il ouvre la voie par les crevasses qu'il provoque à d'autres organismes pathogènes

(*Colletotrichum gloeosporioides*) causant une pourriture de la pulpe (mésocarpe). Les taches nécrotiques dans les feuilles âgées jouent un rôle dans la conservation du parasite assurée par des structures du type chlamydo-spores que l'on y rencontre. La sporulation en culture des isoléments sauvages est nulle ou très faible. Les repiquages successifs de colonies monoconidiennes ont permis de sélectionner des colonies stables hautement sporulantes et pathogènes. L'existence d'anastomoses entre hyphes issus d'une même spore ou de spores différentes permet d'attribuer ce fait à l'hétérocaryose, mais la démonstration du caractère hétérocaryotique du champignon n'a pu être faite.

D'un point de vue pratique, cette étude devrait permettre de préciser un programme rationnel de lutte. Les conditions climatiques étant favorables tout le long de l'année et l'émission des feuilles se faisant par de multiples poussées, de nombreuses applications fongicides seraient nécessaires pour obtenir des arbres entièrement sains (compte tenu des précipitations importantes), ce qui serait d'un prix de revient prohibitif. Considérant que les attaques foliaires ne semblent pas avoir de conséquences graves, on est amené à se contenter d'essayer de protéger les fruits pendant leur période de sensibilité. Ce procédé a l'inconvénient de laisser persister pendant tout le reste du temps une source continue d'inoculum dans le verger. Une lutte de ce type est cependant possible : en 1971-1972 deux applications de bouillie bordelaise stabilisée en mai et juillet (phase végétative) suivies de neuf applications d'octobre à avril (phase de floraison-fructification) ont permis de récolter 97 p. cent de fruits exportables dont 74 p. cent sans tache (variété Lula).

Une autre possibilité de lutte sans doute meilleure serait de se placer dans des zones plus sèches où les conditions seraient moins propices à l'installation et au développement du pathogène.

STEVENS R.H. and PIPER R.B. 1941.  
Avocado diseases in Florida.  
*Flo. Agric. Expt. Sta. Bull. Circ.* 582, 46 p.

