

Le mal sec *Phoma tracheiphila* (PETRI) KONE et GHIK : perspectives sur la lutte chimique et les variétés résistantes.

J.C. PIONNAT*

LE MAL SEC *PHOMA TRACHEIPHILA* (PETRI) KONE ET GHIK :
PERSPECTIVES SUR LA LUTTE CHIMIQUE ET LES VARIETES
RESISTANTES

J.C. PIONNAT

Fruits, avril 1982, vol. 37, n° 4, p. 237-248.

RESUME - Le «mal secco», provoqué par une trachéomycose due au *Phoma tracheiphila* est présent dans presque toutes les régions productrices d'agrumes.

Sur cinq produits phytosanitaires qui se sont révélés fongitoxiques vis-à-vis du champignon parasite au cours d'essais *in vitro*, seul le Peltar a été testé au champ en donnant des résultats satisfaisants.

La recherche de variétés résistantes a conduit à préconiser pour le Citronnier le greffon Santa Teresa sur le porte-greffe Bigaradier. De même, pour le Clémentinier SRA 63, deux porte-greffe confèrent une meilleure résistance au mal sec : Yuzu et le Citrus Moi.

Avant la guerre de 1914-1918, le peu d'agrumes consommés en Europe provenait de Menton.

De nos jours, la consommation en augmentation continue est couverte par de grands pays producteurs comme Israël, l'Espagne, l'Italie, la Grèce, l'Afrique du Nord, les Etats-Unis et l'Afrique du Sud. La France, par la production corse, n'intervient que sur le marché des clémentines.

La production de citrons dans les Alpes-Maritimes, de 3.000 tonnes au début du siècle, est tombée en 1970 à 400 tonnes de citrons et 150 tonnes d'agrumes divers ; soit 35 ha de citronniers, 45 ha de clémentiniers et 40 ha d'orangers.

Depuis 1970, si la production, commercialisée presque

exclusivement localement, stagne, on constate une augmentation des surfaces cultivées d'environ 2 ha par an, ceci depuis l'organisation par la Fédération départementale des Groupements de Vulgarisation agricole de commandes groupées en provenance de Corse.

Il existe bien un renouveau de l'intérêt des cultures d'agrumes sur le littoral méditerranéen français, provoqué en particulier par la montée des cours des fruits produits localement et vendus exempts de traitement de conservation, et par les conditions climatiques très favorables à cette culture dans notre département.

Il reste cependant la présence sur le continent du mal sec, maladie cryptogamique qui a provoqué la disparition presque complète des vergers de citrons de la région mentonnaise. Les plantations corses sont actuellement totalement indemnes de contamination par le *Phoma tracheiphila* (PETRI), agent causal de cette maladie.

* - INRA - Station de Botanique et de Pathologie végétale
Villa Thuret - 06602 ANTIBES.



Photo 2. «Mal secco». *Phoma tracheiphila* (PETRI).
Symptômes sur feuilles et tiges de citronnier mentonnais.

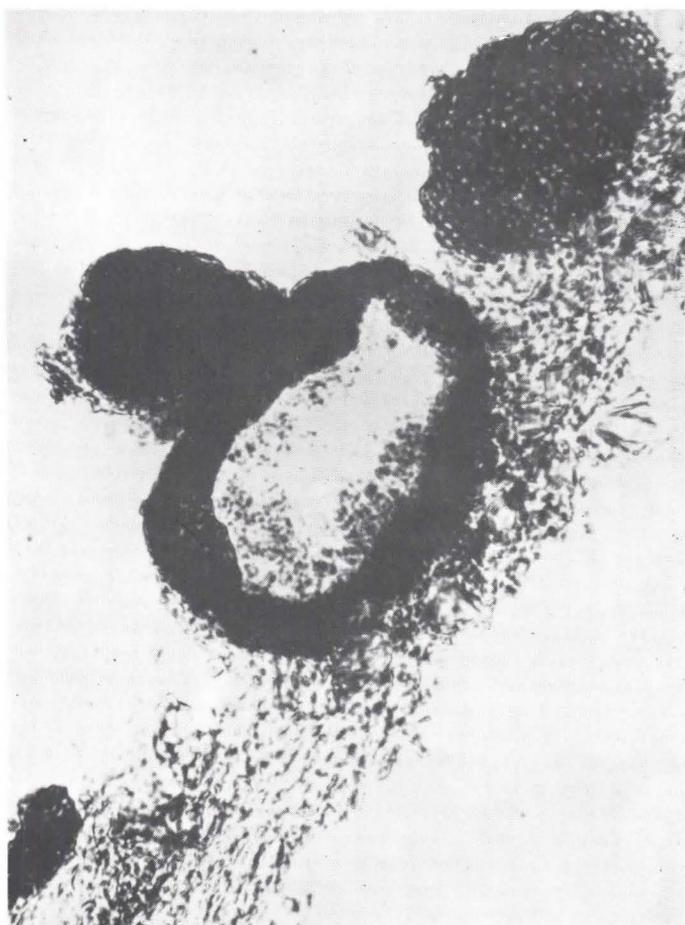


Photo 1. Pycnide de *Phoma tracheiphila* (PETRI), agent causal du «mal secco».

La reconstitution du verger mentonnais, le maintien des plantations niçoises et de la région d'Antibes et Vallauris, la préservation du verger corse, imposent l'étude de moyens de lutte pour réduire l'extension du parasite puis provoquer son éradication des zones contaminées.

INTRODUCTION

Le «mal sec», observé pour la première fois en Sicile en 1920, fut attribué après plusieurs années de controverse au seul *Deuterophoma tracheiphila*, décrit par PETRI en 1929 et reclassé parmi les *Phoma* en 1971 (CICCARONE).

Sa première apparition en France dans la région mentonnaise date de 1956, à la suite d'une introduction de *Citrus* contaminés en provenance d'Italie durant la période 1940-1945 (TRAMIER-MERCIER, 1963).

Les symptômes et l'évolution de la maladie varient suivant les points de pénétration du parasite. L'aspect le plus caractéristique se traduit par un dessèchement de l'extrémité des rameaux. L'écorce brunit et les feuilles se dessèchent et s'enroulent vers le haut restant quelques temps encore attachées aux rameaux avant la mort de ces derniers (photos 1 et 2).

En coupe longitudinale, les bois atteints montrent une coloration saumon due aux pigments antraquinoniques dont l'intensité peut être augmentée par l'humidification avec quelques gouttes d' NH_4 à 10 p. 100 (BAZZI et al., 1954). A l'examen microscopique des coupes présentant une coloration, on observe toujours un abondant mycélium aggloméré dans les vaisseaux, s'opposant ainsi à la circulation de la sève (TRAMIER-MERCIER, 1963).

La propagation de la maladie se fait de proche en proche par le vent ou le transport par les oiseaux de brindilles malades porteuses de pycnides du champignon (KOUYEAS-ANASTASSIADIS, 1962). Lorsque la contamination se fait à partir du sol par pénétration au niveau des racines, on observe une trachéomycose typique avec apoplexie d'une partie ou de l'ensemble de l'arbre (TRAMIER-MERCIER, 1963). Dans certains cas, cette apoplexie peut être très rapide : dessèchement complet de l'arbre en 15 jours.

Dans la nature, la formation de pycnides varie suivant les années ; elles apparaissent surtout au printemps. On reconnaît leur présence à l'existence de zones de couleur gris plombé, parfois très limitées autour d'un pédoncule foliaire ou bien formant un manchon sur les rameaux. A ce stade précoce, l'épiderme recouvre les fructifications, il se craquelle par la suite, les laissant apparaître. Par infection artificielle, il a été obtenu de nombreuses pycnides sur feuilles (GRANITI, 1963).

L'observation de conceptacles à différents stades d'évolution montre une certaine variation morphologique. D'après TRAMIER (1963) il n'y a pas de stromas, les pycnides possèdent toujours un col, quelquefois deux ou trois, très apparents, et sont pourvues d'hyphes autour de l'ostiole.

La paroi interne est constituée d'un pseudo-parenchyme hyalin donnant naissance à des pycniospores nombreuses, hyalines, de $1,5 \times 3,5 \mu$ même dans le col.

Sur milieu artificiel, on peut obtenir une formation de pycnides noires réparties irrégulièrement sur un mycélium ras, laineux, coloré de rouge à brun qui diffuse plus ou moins des pigments rouges dans le milieu de culture. De plus, souvent on observe deux formes de multiplication du type hyphal.

La première comporte des conidies unicellulaires, ellipsoïdes, prenant naissance sur des phialides ; la deuxième des conidies irrégulières isolées ou en chaînes, uni ou bicellulaires, ayant pour origine un enchevêtrement mycélien ou un épaississement et une multiplication désordonnée des cellules.

BALDACCI et GAROFALO (1950) pensent qu'il existe trois types de *Phoma tracheiphila* qui se différencient sur milieu artificiel, en type DPR à mycélium désordonné produisant des pycnides et des pigments rouges ou en type DP à mycélium identique produisant des pycnides et incapable de produire des pigments rouges, quel que soit le substrat, ou encore en type R à forte production de pigments rouges mais stérile. Les types DPR et DP ont été isolés de plantes malades, le type R a été obtenu en culture sur milieu artificiel.

L'helminthosporine, la cinodontine ainsi que le d-mannitol sont présents dans les types DPR et R alors que le type DP ne contient pas de pigments antraquinoniques mais plus de 20 p. 100 de d-mannitol et des stérols (QUILICO et al., 1952). Toutes les souches sont pathogènes à des degrés divers à l'exception de celles du type DP dépourvues de pigments rouges. Ces pigments ne sont pas phytotoxiques.

Les souches pathogènes produisent en milieu de culture artificiel, des métabolites toxiques thermostables et résistants à l'ultrafiltration, reproduisant les symptômes du «mal sec» (SCRIVANI, 1954) et capables d'entraver l'activité de la panachure infectieuse des *Citrus*, en altérant la physiologie des cellules par augmentation de l'activité phénoloxidasique, prévenant ainsi la replication du virus (GRASSO et al., 1970). En revanche, lorsque le virus est installé, la sensibilité du *Citrus* au *P. tracheiphila* est diminuée (SALERNO et al., 1970).

Expérimentalement l'infection se développe plus vite chez les plantes dont l'activité végétative, pour une raison quelconque, est la plus intense (SCARAMUZZI et al., 1964).

La résistance variétale au parasite est inexistante pour certains auteurs (DONADZE, 1969). Nous-même avons isolé le *P. tracheiphila* des citronniers mentonnais, des variétés de citronnier «Eureka» et «Santa Teresa», de *Citrus volkameriana*, de bigaradiers (*Citrus aurantium* L.), de mandariniers, de Kumquats et de cédratiers. Le *Poncirus trifoliata* utilisé comme porte-greffe semble plus rarement contaminé, même lorsque le greffon mandarinier est atteint au point de se dessécher complètement.

L'existence d'espèces résistantes au *P. tracheiphila* semble en fait acquise et serait même liée à la présence de quatre flavanoïdes (CHORIN, 1970) bien qu'aucune corrélation n'ait été mise en évidence entre les concentrations de nobiletine, tangeritine et de dehydroxy-tetramethoxy-flavone et la résistance observée (PIATTELLI, 1971).

L'activité de nombreux produits fongicides a été testée sur le *P. tracheiphila*. *In vitro*, thirame, captane et zinèbe montrent une certaine activité pas toujours retrouvée en application sur la plante (KOVACS, 1961). Les produits cupriques, oxychlorure et bouillie bordelaise, ont aussi été préconisés mais le cuivre provoque parfois une phytotoxicité (SOMMA et al., 1969). L'apparition de nouveaux produits systémiques a fait naître l'espoir de faire régresser la maladie.

Sur la germination des pycnides, la DL 50 avec le benomyl est de 0.49 ppm, avec le thiabendazole 0.05 ppm et avec la carboxine 0.04 ppm (PERROTA et al., 1970). En pulvérisation, l'efficacité est maximale si elle est appliquée avant la contamination. La pulvérisation foliaire avec une suspension aqueuse de benomyl diminue remarquablement la sévérité de la maladie, alors que les traitements au thiabendazole et à la carboxine sont inefficaces.

L'arrosage du sol avec la cycloheximide, la semicarbazone, le benomyl, le thiabendazole et l'oxycarboxine prévient le développement de la maladie dans les tiges inoculées, un mois plus tard (SOLEL et al., 1972).

L'utilisation de certaines huiles minérales en addition aux solutions fongicides pulvérisées augmente leur performance (SOLEL et al., 1972).

Actuellement, même le plus actif des fongicides systémiques appliqué par arrosage du sol ou par pulvérisation du feuillage, est incapable de faire disparaître le parasite installé, tout au plus ralentit-il l'évolution de la maladie.

L'utilisation d'une technique particulière : l'injection des produits dans les troncs, est seule capable d'enrayer l'évolution du «mal sec», et même d'initier par la suite une reconstitution de la charpente des arbres (SCARAMUZZI, 1970).

METHODOLOGIE

Etudes *in vitro* (figure 1).

Les produits à tester sont introduits aseptiquement dans un milieu de culture à base de malt gélosé favorable à la croissance du *P. tracheiphila*.

Leur concentration, exprimée en ppm de matière active, varie de 1 à 1000, le produit est mélangé à 100 ml de milieu maintenu en surfusion à 50°C, puis coulé aseptiquement en boîte de Pétri stérile à raison de 15 à 20 ml par boîte.

Chaque boîte est ensemencée par 5 explants de mycélium prélevés stérilement à l'emporte pièce à la périphérie d'une culture pure de *P. tracheiphila* souche S2. Cette souche a

été isolée de citronniers mentonnais atteints de «mal sec», elle correspond au type DPR.

Pour chaque concentration on ensemence 5 boîtes mises à incuber 7 jours à 25°C.

La notation porte sur la croissance mycélienne du champignon à partir des explants.

Ceux qui donnent naissance à une nouvelle croissance mycélienne indiquent l'absence du pouvoir fongicide *in vitro* du produit. Par contre, les explants à partir desquels aucune croissance mycélienne n'est visible, sont repris et déposés aseptiquement en boîte de Pétri sur du malt gélosé.

La reprise de la croissance mycélienne de ce premier repiquage après 7 jours d'incubation à 25°C, révèle la présence d'un produit fongistatique.

Si la croissance mycélienne ne se manifeste qu'au cours d'un deuxième repiquage, on est en présence d'un produit fongistatique rémanent.

L'absence de développement mycélien révèle une action fongitoxique *in vitro*.

Etudes *in vivo*.

Tous les essais *in vivo* ont été implantés dans un verger de *Citrus* situé sur les pentes de la vallée de Gorbio, au nord-est de Menton.

Suivi depuis 1956, ce verger héberge volontairement en permanence des arbres contaminés par le *P. tracheiphila* ; la contamination naturelle, tant aérienne que par le sol, y est importante.

Le dispositif expérimental adapté est du type randomisation simple. Le nombre de répétitions varie suivant l'essai (une étude statistique de l'interprétation des résultats de ces essais est en cours).

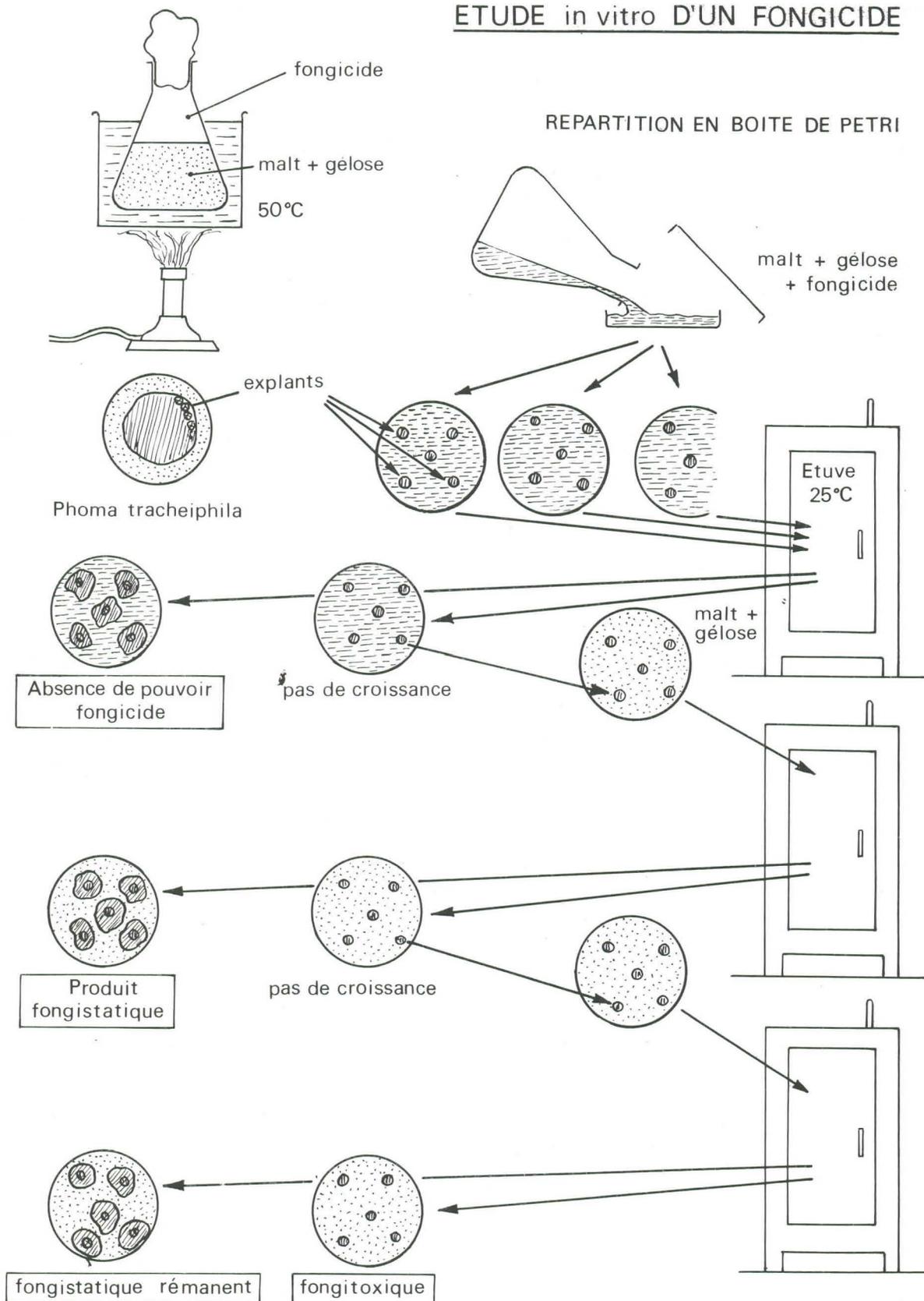
La présence de la maladie est notée de la façon suivante :

- Note 0 pas de symptôme de «mal sec»
 1 dessèchement de pointes de branches dû au mal sec
 2 dessèchement de branches moyennes sur 10 à 50 cm de long
 3 dessèchement de grosses branches sur plus de 50 cm de long
 4 dessèchement de 50 p. 100 des branches
 5 dessèchement de 50 à 90 p. 100 des branches.

La vigueur de l'arbre est appréciée par une note de 0 à 5, la note 5 étant attribuée aux arbres ayant le plus fort développement sur l'ensemble de l'essai. La note 0 est attribuée aux arbres morts. Les notes sont réparties de la façon suivante :

- Note 0 arbre mort
 1 présence de feuilles vertes
 2 développement réduit à moins du quart de la vigueur maximale
 3 développement représentant 1/4 à 1/2 de la

ETUDE in vitro D'UN FONGICIDE



- vigueur maximale
 4 développement représentant 1/2 à 3/4 de la
 vigueur maximale
 5 arbre présentant le plus grand développement sur
 l'ensemble de l'essai au moment de la notation.

La note 0 attribuée à un arbre mort est comptabilisée
 seulement l'année du dessèchement du végétal.

C'est au cours de la notation de la présence du «mal sec»
 qu'une taille élimine la partie des branches montrant la
 coloration typique indiquant la présence dans les vaisseaux
 du bois du *P. tracheiphila*.

La notation de la vigueur est faite après la taille d'élimina-
 tion du bois infecté.

Après chaque notation on calcule la moyenne des notes
 «maladies» et «vigueur» pour l'ensemble des répétitions
 d'un même traitement.

En fin d'essai on calcule un indice de protection ou de
 résistance suivant qu'il s'agit d'un essai de traitement chi-
 mique ou de comportement de greffon/porte-greffe vis-à-vis
 du *P. tracheiphila*.

$$\text{Cet indice est égal à } \frac{\text{Vigueur}}{\text{Contamination}}$$

LUTTE CHIMIQUE

L'espoir d'éradication du *P. tracheiphila* par les produits
 systémiques tel le bénomyl a été sans lendemain. La princi-
 pale raison étant l'absence de pouvoir fongitoxique de ces
 produits. Leur action, révélée seulement fongistatique était
 au contraire génératrice de sélection de souches résistantes.

La première étape a donc été la mise en évidence de l'ac-
 tion *in vitro* des produits sur le *P. tracheiphila*.

En second lieu des essais de traitement ont été entrepris
 en verger.

Action *in vitro*.

L'ensemble des produits testés sont regroupés par familles
 chimiques dans les tableaux 1, 2, 3, 4 et 5.

Chez les carbamates, la Carbendazine chlorydrate, le
 Nabame et le Mancozèbe sont fongitoxiques à 100 ppm
 (tableau 1).

TABLEAU 1 - Essai de produits *in vitro* sur la croissance mycélienne du *P. tracheiphila*.

Nature des produits	Matière active - Spécialité commerciale - Firme la commercialisant			Action fongicide du produit
Carbamates Dérivés de l'acide carbamique et benzimidazoles	Bénomyl	Benlate	Seppic	fongistatique à 1000 ppm
	Carbendazine chlorydrate	Sandomil P produit pur	Sandoz	fongitoxique à 100 ppm
	Thiabendazol	pelt 44	Procida	fongistatique à 1000 ppm
	Thiophanate methyl	pelt Sol	Procida	sans action à 100 ppm
	Thiophanate éthyl			sans action à 100 ppm
Dérivés de l'acide thiocarbamique				
Prothiocarbe	Previcur 570	Schering Fr	sans action à 100 ppm	
Dérivés de l'acide dithiocarbamate				
	Nabame	Dithane A 40	Rohm et Hass Fr.	fongitoxique à 100 ppm
	Zinèbe	Dithane 278	Rohm et Hass Fr.	fongitoxique à 1000 ppm
	Manèbe	Dithane M 22	Rohm et Hass Fr.	sans action à 1000 ppm
	Mancozèbe	Dithane M 45	La Littorale	fongitoxique à 100 ppm
	Propinèbe	Anthracol	Bayer Fr.	plus ou moins fongistatique à 100 ppm
Dithiocarbamates mais dérivés des Thiurames				
	Thirame ou TMTD	Thirasan	Pepro	fongistatique à 100 ppm

Chez les Dicarboximides, le Captafol est fongitoxique à 100 ppm (tableau 2).

Parmi les Hétérocycles divers, l'Imazalil présente une fongitoxicité à 50 ppm (tableau 3).

Chez les produits composés, le mélange : 25 p. 100 de méthyl thiophanate-50 p. 100 de manèbe est fongistatique à 100 ppm (tableau 4).

Parmi les produits expérimentaux le Seb (l'étude de ce produit a été abandonnée à cause de son coût prohibitif et de sa phytotoxicité) 1377 est celui qui présente le plus fort pouvoir fongitoxique vis-à-vis du *P. tracheiphila* ; 80 ppm suffisent pour tuer le champignon. Le RH 886 lui est fongitoxique à 100 ppm (tableau 5).

Tous les autres produits sont sans effet sur la croissance mycélienne du *P. tracheiphila*. Ces tests *in vitro* ne doivent cependant pas masquer l'intérêt des produits susceptibles d'induire dans la plante des résistances tels les monoéthyl phosphites métalliques.

Les différentes caractéristiques des produits commercialisés, fongitoxiques *in vitro* vis-à-vis du *P. tracheiphila*, sont regroupés dans le tableau 6.

Action *in vivo*.

Un essai de traitement en verger contaminé dans la région mentonnaise a été conduit du 29 juin 1976 au 20 octobre 1978. Le produit commercial Peltar a été appliqué soit par

arrosage aux pieds des arbres à raison de 100 g de matière active dans 5 litres d'eau par arbre, soit par pulvérisation du feuillage avec une solution à 100 g/hl. Soit par arrosage et pulvérisation simultanés. Le témoin recevait arrosage et pulvérisation à l'eau. Le même traitement a été appliqué à quatre citronniers âgés de 3 à 5 ans. Il a été pratiqué quinze traitements au cours des vingt-huit mois de l'essai, répartis du 15 avril au 30 septembre de chaque année.

La notation de la présence du mal sec, la taille d'élimination des parties infectées et éventuellement la notation de la vigueur sont pratiquées avant chaque traitement.

Le tableau 7 présente, pour les cinq dernières notations de l'essai, la récapitulation des notations qui ont porté simultanément sur la vigueur et la présence de la maladie.

Si on considère seulement les notes «maladie» la pulvérisation diminue fortement la contamination aérienne. L'arrosage est nettement moins efficace sur ce type de contamination, et apparemment il en est de même sur la contamination due au sol, puisque c'est avec le traitement pulvérisation plus arrosage que l'on observe la seule mort par apoplexie.

Si on excepte l'arbre mort d'apoplexie, l'effet du Peltar par pulvérisation conduit à limiter les contaminations aériennes et à préserver la vigueur des arbres. Aucune observation n'a pu être faite sur la rémanence du produit ni sur son efficacité systémique.

Le calcul de l'indice de protection incluant le niveau de contamination et la vigueur de l'arbre fait nettement ressortir l'action de la pulvérisation seule ou associée à l'arrosage.

TABLEAU 2 - Essai de produits *in vitro* sur la croissance mycélienne de *P. tracheiphila*.

Nature des produits	Matière active - Spécialité commerciale - Firme la commercialisant			Action fongicide du produit
Dicarboximides				
<i>Phtalimides</i>	Captane	Orthocide 83 RP	Rhodiagri	sans action à 1.000 ppm
	Captafol	Orthodifolatan	Sopra	fongitoxique à 100 ppm
	Ditalimphos	Plondrel 50 W	Seppic	sans action à 1.000 ppm
	Chlorothalonil	Daconil	Diamond et Shamrock	sans action à 100 ppm
<i>Hydantoïnes</i>				
	Iprodione	Rovral	Rhodiagri	sans action à 100 ppm
Aminés, Amides.				
<i>Anilides</i>				
	Carboxine	Vitavax	Uniroyal	fongitoxique à 1.000 ppm
	Oxycarboxine	Plantavax	La Quinoléine	sans action à 100 ppm
				fongistatique à 1.000 ppm
<i>Formamides</i>				
	Triforine	Funginex	Sovilo	sans action à 100 ppm
Diazines				
<i>Quinoxalines</i>				
	Chinométhionate	Morestan 2	Bayer Fr.	sans action à 100 ppm

Tableau 3 - Essai de produits *in vitro* sur la croissance mycélienne de *P. tracheiphila*.

Nature des produits	Matière active - Spécialité commerciale - Firme la commercialisant			Action fongicide du produit
Sulfamides et Dérivés soufrés <i>Dichlofluamide</i>	Eurapene		Bayer Fr.	fongistatique à plus de 100 ppm
Hétérocycles soufrés <i>Thiabendazoles</i>	Etridiazole	Aaterra M	Seppic	fongistatique à 1.000 ppm
Hétérocycles divers <i>Quinoléines</i>	Oxyquinoléine	Cryptonol liquide	La Quinoléine	fongistatique à plus de 1000 ppm
Oxyquinoléate de cuivre <i>Morphalines</i>		Quinolate 15	La Quinoléine	sans action à 100 ppm
<i>Imidazoles</i>	Dodémorphe	Mehltaumittel	Cie Fr. BASF	fongistatique à 100 ppm
	Imazalil sulfate pur			fongistatique à plus de 100 ppm
		Fungaflor	Schering Fr.	fongitoxique à 50 ppm

Tableau 4 - Essai de produits *in vitro* sur la croissance mycélienne de *P. tracheiphila*.

Nature des produits	Matière active - Spécialité commerciale - Firme la commercialisant			Action fongicide du produit
Monoéthyl phosphites métalliques <i>Aluminium</i>	Ethylphosphite d'aluminium	Aliette	Pepro	sans action à 100 ppm
<i>Sodium</i>	Ethylphosphite de sodium	Nanette	Pepro	sans action à 100 ppm
Produits composés	Manèbe + thiophanate méthyl	Peltar	Procida	fongitoxique à 100 ppm
	Folpel + thiophanate méthyl	Organil 444	Procida	sans action à 100 ppm

Tableau 5 - Essai de produits *in vitro* sur la croissance mycélienne du *P. tracheiphila*.

Produits expérimentaux		Action fongicide du produit
Firme commerciale - n° identification - éventuellement matière active et nom commercial		
Pepro	Seb 1377 * 1031	Hortorose
S.A. Teenolex	Multisepto 3473 paragerm ambiance	
National Chemsearch		Solvex
Rohm et Hass Fr.		Sanaphène RH 886
	Sisthane	RH 2161 EC
Bayer Fr.	Chloramiforméthane	Imugan
Schering	Prothiocarbe	SN 66752
S.A. Colex	Parinsect	SPCAF
Ciba	CGA 38140	Fongarid
	Pyroxychlor	M 4109

* - très phytotoxique sur oeillet - poudre mouillable à 50 p. 100 de 1 -(Beta-(allyloxy) - 2-4 cichlorophenethyl) imidazole nitrate 5 imazalil nitrate.

Tableau 6 - Caractéristiques des produits commercialisés * fongitoxiques *in vitro* vis-à-vis du *P. tracheiphila*.

Matière active - Produit commercial	Caractéristiques
Carbendazine chlorhydrate Sandomil P (fongitoxique à 100 ppm)	systémique absorbé par feuilles et racines - peu dangereux - DL 50 pour rat par injection > 15.000 mg/kg - compatible avec insecticides courants
Nabame Dithane A 40 (fongitoxique à 100 ppm)	très phytotoxique, a une action sur les algues modérément dangereux DL 50 pour le rat par injection 395 mg/kg tableau C. Ne pas mélanger avec d'autres produits
Mancozèbe Dithane M 45 (fongitoxique à 100 ppm)	peu phytotoxique action freinatrice vis-à-vis des acariens, peu dangereux DL 50 pour le rat par injection > 8000 mg/kg. Toxique pour les poissons
Captafol Orthodifolatan (fongitoxique à 100 ppm)	action par contact persistance 8 à 10 jours, peu dangereux DL 50 pour le rat par injection 5000 à 6200 mg/kg. Toxique pour les poissons.
Imazalil Fungaflor (fongitoxique à 50 ppm)	systémique ascendant et descendant modérément dangereux DL 50 pour le rat par injection 320 mg/kg. Toxique pour les poissons. Tableau C.
Manèbe + Thiophanate méthyl Peltar (fongitoxique à 100 ppm)	systémique par le thiophanate méthyl dont la DL 50 pour le rat par injection est > 6000 mg/kg. Non compatible avec le cuivre. Toxique pour les poissons par le Manèbe dont la DL 50 pour le rat par injection est de 6750 mg/kg

* - selon l'index ACTA 1979.

TABLEAU 7 - Essai d'éradication de *Phoma tracheiphila* par le Peltar (25 p. 100 méthyl thiophanate + 50 p. 100 manèbe)

Type de traitement sur 4 arbres arrosage 5 l eau/arbre Pulvérisation 1 à 3 l/arbre	Somme des moyennes des notes maladie par arbre au cours des 5 dernières notations de l'essai	Somme des moyennes des notes vigueur par arbre au cours des 5 dernières notations de l'essai	Indice de protection $\frac{\text{Somme vigueur}}{\text{Somme maladie}}$	Nombre d'arbres morts à la dernière notation
témoin non traité	2,20	0,30	0,13	0
arrosage 100g/arbre	1,10	3,65	3,31	0
pulvérisation 100 g/hl	0,60	4,05	6,75	0
arrosage + pulvérisation	1,85*	3,70*	2,00*	1
	0,85	3,70	4,35	

* - prise en compte de l'arbre mort par apoplexie.

TABLEAU 8 - Comportement en zone contaminée par le *Phoma tracheiphila* de différentes associations greffon/porte-greffe

greffon porte-greffe 20 arbres par association	Somme des moyennes des notes maladie par arbre au cours des 6 ans de l'essai	Somme des moyennes des notes vigueur par arbre au cours des 6 ans de l'essai	Indice de résistance $\frac{\text{Somme des notes vigueur}}{\text{Somme des notesmaladie}}$	Nombre d'arbres morts à la dernière notation (sur 20)	Nombre d'arbres sains à la dernière notation (sur 20)
EV	34,49	54,40	1,577	6	0
EB	36,48	41,92	1,149	15	1
TV	12,98	69,30	5,338	7*	8
TB	5,43	59,60	10,976	0	14

EB : Euréka/bigaradier EV : Euréka/*C. volkameriana* TB : Santa Teresa/Bigaradier TV : Santa Teresa/*C. volkameriana*

* - dont 4 par apoplexie.

TABLEAU 9 - Comportement en zone contaminée par le *Phoma tracheiphila* de clémentinier SRA 63 sur différents porte-greffe

porte-greffe 5 arbres par porte-greffe	Somme des moyennes des notes maladie par arbre au cours des 5 ans de l'essai	Somme des moyennes des notes vigueur par arbre au cours des 5 ans de l'essai	Indice de résistance $\frac{\text{Somme des notes vigueur}}{\text{Somme des notesmaladie}}$	Nombre d'arbres morts à la dernière notation (sur 5)	Nombre d'arbres sains à la dernière notation (sur 5)
Yuzu (<i>Citrus junos</i>)*	0,60	2,64	4,400	0	5
Citrus Moï (<i>pennivesiculata</i>)	0,84	3,36	4,000	0	1
<i>Citrus taiwanica</i>	0,76	2,32	3,052	0	3
<i>Poncirus trifoliata</i>	0,88	2,48	2,818	0	3
Citrumelo	1,20	3,12	2,600	0	3
Citranger Troyer	1,16	2,80	2,413	0	1
<i>Citrus macrophylla</i>	1,13	2,71	2,398	1**	2
Siamelo	1,36	2,92	2,147	0	1
Bigaradier	1,13	2,13	1,884	1	1
Mandariner Cléopâtre	1,12	1,80	1,607	0	2

* - fructification des arbres très faible

** - mort par apoplexie

RESISTANCE VARIETALE

Si la lutte chimique reste prometteuse contre les contaminations aériennes, les dégâts de type apoplexie sont sans remède actuellement. Les études des équilibres écobio-logiques des populations mycologiques et bactériennes des sols, directement impliqués dans les phénomènes d'installation de parasites d'origine tellurique, n'en sont qu'à leur début. L'utilisation de porte-greffe résistant ou tolérant demeure le seul recours pour permettre le maintien de verger de *Citrus* en sol contaminé.

Comportement greffon (citronnier)/porte-greffe.

Deux porte-greffe ont été choisis : bigaradier et *Citrus volkameriana*. Deux greffons y ont été associés «Euréka» et «Santa Teresa». Pour chacune des quatre combinaisons vingt arbres ont été plantés en octobre 1972 dans un verger fortement contaminé par le *P. tracheiphila*.

Les arbres (plants produits à la Station de Recherches agronomiques de Corse) sont répartis au hasard dans la plantation. L'importance de la maladie et la vigueur sont notées chaque année à partir de 1974, de février à mai, avec les mêmes systèmes de notation que précédemment.

Là aussi, nous avons observé une contamination naturelle globale très importante.

Le calcul d'un indice de résistance incluant vigueur et contamination de l'association greffon/porte-greffe permet un classement objectif des observations effectuées sur le terrain (tableau 8).

Les morts d'arbre par apoplexie ne s'observent qu'avec le porte-greffe *Citrus volkameriana* associé au greffon Santa Teresa et ceci malgré un bon indice de résistance à la contamination aérienne.

Le plus fort indice de résistance est obtenu avec l'association Santa Teresa/Bigaradier ; dans ce cas seulement aucun arbre n'est mort après 6 années de notation.

Il nous semble qu'une telle expérimentation conduite sur un grand nombre d'associations différentes pendant une période d'au moins 5 ans peut donner des indications précieuses sur le choix des associations lors de la constitution d'un verger en zone contaminée.

Comportement greffon (clémentines)/porte-greffe.

Une série de 10 porte-greffe a été associée à une seule variété de greffon le clémentinier SRA 63 (sélection de la Station de Recherches agronomiques de Corse - INRA-IRFA) ; chaque combinaison comporte cinq arbres répartis au hasard dans la plantation effectuée en octobre 1974 dans un verger fortement contaminé par le *P. tracheiphila*.

Le taux de contamination et la vigueur des arbres sont notés chaque année à partir de 1976, de février à mai avec les mêmes systèmes de notation que précédemment.

Les résultats des notations sont regroupés dans le tableau 9.

Cet essai comme les précédents a été soumis à une forte contamination tout au cours des cinq années de sa durée.

On observe une seule mort par apoplexie avec le *Citrus macrophylla*.

Les indices de résistance les plus importants sont obtenus avec les porte-greffe Yuzu et Moï.

Les plus faibles indices sont observés avec les porte-greffe bigaradier et mandarinier Cléopâtre.

CONCLUSIONS

L'étude systématique *in vitro* de l'action de produits antifongiques a mis en évidence leur valeur fongicide vis-à-vis du *Phoma tracheiphila*. Il semble que peu de produits fongicides soient fongitoxiques à la concentration de 100 ppm. Parmi ceux commercialisés, carbendazine chlorhydrate, mancozèbe, captafol, manèbe + méthyl thiophanate (Peltar) et surtout imazalil, présentent un intérêt. Le dithane A 40, fongitoxique *in vitro* à 100 ppm, n'a pas été retenu en raison de sa forte phytotoxicité.

Il semble intéressant de poursuivre l'étude des nouveaux fongicides, les tests *in vitro* ne devant pas masquer l'intérêt des produits induisant des résistances dans les plantes.

In vivo, dans un verger fortement contaminé, le Peltar en pulvérisation du feuillage permet de diminuer fortement l'importance de la contamination aérienne. La contamination du sol ne semble pas réduite par des traitements en arrosage.

Le test *in vivo* reste indispensable surtout pour définir un programme économique d'application des traitements et leur incidence sur les programmes de lutte biologique et intégrée en agrumiculture.

L'utilisation de porte-greffe résistants ou tolérants doit permettre le maintien de vergers de *Citrus* en sol contaminé.

Certaines associations greffon/porte-greffe ont été testées.

Chez les citronniers, parmi les combinaisons des porte-greffe bigaradier et *Citrus volkameriana* avec des greffons «Euréka» et «Santa Teresa», le couple greffon Santa Teresa/porte-greffe bigaradier, donne le meilleur résultat. Après six ans de notation, aucun arbre n'est mort, et l'indice de résistance, incluant vigueur de l'arbre et contamination, est double de celui du couple «Santa Teresa», *Citrus volkameriana* se classant immédiatement après.

Chez les clémentiniers, parmi dix porte-greffe testés avec le même greffon, le clémentinier SRA 63 (sélection de la Station de Recherches agronomiques de San Giuliano Corse - INRA-IRFA), deux porte-greffe se détachent nettement du lot par leur indice de résistance. Il s'agit des porte-greffe Yuzu et Citrus Moï.

L'intérêt de l'étude du comportement des associations greffon/porte-greffe n'est pas à démontrer.

Il semble que dans le lieu d'implantation de nos essais, des notations pendant cinq ans consécutifs, de la vigueur des arbres et de l'importance de la contamination par le *Phoma tracheiphila*, permettent d'attribuer un bon indice

de résistance aux associations testées.

Il est important pour le maintien du verger corse et la survie du verger méditerranéen, de poursuivre en collaboration avec la Station de San Giuliano de Corse (INRA-IRFA) l'implantation de tels essais.

BIBLIOGRAPHIE

- BALDACCI (E.) et GAROFALO (E.). 1950.
Caratteri culturali delle rozze di *Bakerophoma tracheiphila*.
Notiz Mal. Piante, 9, 27-32.
- BAZZI (B.) et SCRIVANI (P.). 1954.
Un metodo diagnostico per il riconoscimento del decorso del mal secco degli agrumi.
Phytopath. Z., 21, 333-334.
- CHORIN (M.) et PINKAS (J.). 1970.
The mal secco and blast diseases of lemon and other *Citrus* species.
The Volcan. Inst. Agric. Res. Div. Plant. Pathol. Res., trav. 67-69.
- CICCARONE (A.). 1971.
Il fungo del mal secco degli agrumi.
Phytopath. Mediter., 10, 1, 68-75.
- CRANITI (A.). 1963.
Fienidi di *Deuterophoma tracheiphila* PETRI su organi fogliari.
Phytopath. Medit., II, 2, 95.
- DONADZE (V.). 1969.
Wilt resistance in lemon.
Proc. Inst. Plant. Protec. Georgiou SSR, p. 23-27.
- GRASSO (S.) et al. 1970.
Effetto inibitorio del filtrato di coltura di *Deuterophoma tracheiphila* PETRI sul virus della variegatura infettiva degli agrumi.
Riv. di Pat. Vegetale, 44, 219-230.
- KOUYEAS (V.) et ANASTASSIADIS (B.). 1962.
Dissemination of *Deuterophoma tracheiphila* PETRI by the common magpie (*Pica pica* L.).
Ann. Inst. Phytopath. Benaki, N.S. 4, 1, 52-53.
- KOVACS (A.). 1961.
Prove di laboratorio con fungicidi contra *Deuterophoma tracheiphila* PETRI.
Phytopath. Mediter., I, 3, 129-132.
- PERROTA (G.) et al. 1970.
L'attività di nuovi prodotti sistemici (benlate, thiabendazole e vitavax) soggrata *in vitro* e *in vivo* verso *Deuterophoma tracheiphila* PETRI.
Not. Mal. Piante, 82-83 série III 9-10, p. 51-63.
- PETRI (L.). 1929.
Sulla posizione sistematica del fungo parassita delle piante di Limone affette del mal secco.
Boll. Staz. Pat. Veg. Roma, 9, NS, 393-396.
- PIATTELLI (M.) et IMPELLIZZERI (G.). 1971.
Fungistatic flavones in the leaves of *Citrus* species resistant and susceptible to *Deuterophoma tracheiphila*.
Phytochemistry, 10, 11, 2657-2659.
- QUILICO (A.) et al. 1952.
I Pigmenti del *Deuterophoma tracheiphila*. *Rend. Accad. Naz. Lineci*, XII, VIII, 6, 650-657.
- SALERNO (M.) et al. 1970.
Influenza di alcune virosi sul decorso del mal secco degli agrumi e primi risultati relativi al contenuto fenolico delle tesi a confronto.
Phytopath. Medit., 9, 1, 22-28.
- SCARAMUZZI (G.) et al. 1964.
Ricerche sul Mal secco degli agrumi (*Deuterophoma tracheiphila* PETRI). II.- Influenza delle basse temperature sul decorso della malattia.
Riv. Pat. Vegetale, III, n° 4.
- SCARAMUZZI (G.). 1970.
Nuove possibilità per una lotta in campo contro il mal secco degli agrumi.
Infotore fitopatol., 20, 14, 5-6.
- SCRIVANI (P.). 1954.
Patogenesi riproduzione sperimentale del mal secco da *Deuterophoma tracheiphila* PETRI e ricerche sulla formazione di metaboliti tossici in cultura.
Phytopath. Z., 22, 1, 83-108.
- SOLEL (Z.) et al. 1972.
Evaluation of systemic fungicides and mineral oil adjuvants for the control of mal secco disease of lemon plants/*Deuterophoma tracheiphila*.
Phytopathology, 62, 9, 1007-1013.
- SOMMA (V.) et al. 1969.
Ricerche sul mal secco degli agrumi (*Deuterophoma tracheiphila* PETRI). VIII.- Ulteriori prove di campo sull'efficacia di alcuni anticrittogamici.
Notiz. Mal. Piante, 80-81, série III, n° 78, 77-83.
- TRAMIER (R.) et MERCIER (S.). 1963.
Sur la présence en France d'une maladie du citronnier, le mal sec, *Deuterophoma tracheiphila* PETRI.
Rev. Path. Vég. et Ent. Agr. Fr., XLII, 4, 211-216.

