

LES CERCOSPORIOSES DU BANANIER ET LEURS TRAITEMENTS.

Evolution des populations pathogènes. Généralités.

E. LAVILLE*

LES CERCOSPORIOSES DU BANANIER ET LEURS TRAITEMENTS
I.- Evolution des populations pathogènes - Généralités.

E. LAVILLE (IRFA)

Fruits, Fev. 1983, vol. 38, n° 2, p. 75-82.

RESUME - Les différentes évolutions survenues depuis plusieurs années dans les populations de *Mycosphaerella* inféodées au genre *Musa* se sont faites soit spontanément, soit sous la pression des traitements fongicides et l'on a vu surgir des espèces nouvelles plus pathogènes et des races résistantes aux fongicides.

INTRODUCTION

La notion de variabilité du pouvoir pathogène au sein d'une population de champignons parasites est récente (notion de races), bien que le phénomène soit habituel et lié au monde du vivant.

Si l'on a décelé très tôt les variations morphologiques, il a fallu plus de temps pour reconnaître que sous des morphologies identiques se cachaient en fait des variations notables d'activités pathogènes.

Le genre *Mycosphaerella* (*Cercospora*), dont certaines espèces sont inféodées étroitement au genre *Musa* (bananes et plantains), n'échappe pas à cette loi naturelle et des espèces s'attaquant à un spectre d'hôtes plus large sont apparues.

De plus, la présence de formes parfaites accroît théoriquement les probabilités de voir surgir de nouvelles races hybrides issues de croisements.

Enfin, la généralisation des traitements fongicides, utilisés dans la lutte chimique contre les Cercosporioses des bananiers, répétés tout au long de l'année et sur de grandes surfaces homogènes, a engendré, soit par sélection, soit à l'issue de mutations induites, l'apparition de races résistantes ayant conservé toutes leurs qualités pathogènes.

DIVERSIFICATIONS ET EVOLUTIONS NATURELLES

Parmi les *Mycosphaerella* sp., pathogènes ou non, inféodés aux bananiers et plantains, on distingue actuellement plusieurs espèces.

Mycosphaerella minima.

Cette espèce, décrite en 1937 par STAHEL, présente des périthèces relativement petits ($25 \times 37 \mu$), des ascospores assez grandes ($22 \times 5,6 \mu$), avec un rétrécissement marqué au niveau de l'unique cloison.

On considère habituellement que cette espèce ne possède

* - IRFA - B.P. 5035 - 34032 MONTPELLIER Cedex

aucune activité pathogène, qu'elle colonise seulement les surfaces foliaires, mais elle forme cependant des périthèces dans les tissus âgés.

Elle est classée parmi les formes dites «avirulentes» (avec le sens de «non pathogène»). Cette forme serait également voisine de *Cercospora hayi*, «avirulent» également, signalé sur bananier par CALPOUZOS en 1955.

Mycosphaerella musae (SPEG.) SYDOW.

WARDLAW en 1935 signale cette espèce sur bananiers et plantains et considère qu'elle n'occasionne que des dégâts mineurs. Elle provoque des symptômes apparents, non destructifs, sous forme de petites taches de quelques millimètres, parfois allongées, sur le limbe des feuilles.

Ses périthèces noirs portent des asques de 40μ de long et des ascospores bicellulaires ($2\mu \times 13\mu$) légèrement rétrécies au niveau de l'unique cloison.

En revanche, en Australie, cette espèce est considérée comme pathogène (STOVER et PONT). Elle provoque un «leaf speckle» sur les feuilles (ponctuations plus ou moins denses rouge foncé à noir).

Ces symptômes s'observent préférentiellement sur les feuilles de rang 5 et 6. Ses ascospores sont plus petites que chez *Mycosphaerella musicola*, mais sa croissance *in vitro* est cinq fois plus élevée. Les pénétrations sont plus fréquentes sur la face inférieure du limbe.

Il est intéressant de noter que c'est seulement en Australie que cette espèce est redoutée et combattue ; elle cohabite avec *M. musicola*. S'agit-il d'une race particulière ou seules les conditions climatiques favorisent-elles ses activités pathogènes ?

Dans les autres zones bananières, est-elle masquée ou dominée par d'autres espèces plus compétitives ?

Mycosphaerella musicola LEACH.

C'était l'espèce la plus répandue et la plus redoutée jusqu'à une dizaine d'années. Les premières observations ont été faites par ZIMMERMANN en 1902 à Java puis dans l'île de Viti Levu aux Fidji, dans le district de Sigatoka. La maladie fut ensuite observée en Australie, à Ceylan, puis vers 1930 dans les Caraïbes, en Amérique centrale et en Amérique latine. Elle fut observée en 1938 en Ouganda, puis le long des côtes et partout en Afrique. Elle est maintenant connue dans toute la zone tropicale humide du monde (carte C.M.I. n° 7, édition 1969).

Les caractéristiques de ses stades conidiens et parfaits sont bien connues ; elles sont mentionnées dans les tableaux 1 et 2 et les figures 1 à 3.

Ce ne sont que des mesures moyennes, car il est intéressant d'observer que les différents auteurs qui ont étudié cette espèce ont très rapidement noté des variations impor-

tantes dans les dimensions des conidiophores et des conidies selon les régions géographiques où étaient effectués les isolements.

On peut penser qu'une certaine variabilité morphologique existe au sein de cette espèce. En culture pure, on note également des variations selon le milieu de culture et la température.

Tout aussi intéressantes sont, en culture pure, les apparitions de «secteurs», signalées par J. BRUN (1963). Ces «secteurs» se remarquent par des couleurs différentes, gris ou rose, ou par une production plus intense de conidies (secteurs sporulants).

Un autre phénomène, lié semble-t-il à la «plasticité» de cette espèce et d'un grand intérêt en épidémiologie, a été dans certains pays le passage de la forme asexuée (*Cercospora*) à la forme sexuée (*Mycosphaerella*) dominante (Guinée - J. BRUN).

S'agit-il d'une évolution inhérente à cette espèce ou a-t-elle été induite sous la pression des techniques culturales pratiquées en bananeraies ?

En effet, la survie des conidies dispersées par les pluies est mieux assurée par des cultures en «touffes», alors que la dispersion des ascospores par les vents latéraux est plus efficace en plantations industrielles menées à un ou deux pieds porteurs.

Sans tomber dans une explication «finaliste» sommaire de ce phénomène, il est intéressant de noter cette modification de la forme dominante.

On peut s'étonner que ces modifications épidémiologiques et morphologiques n'aient pas été accompagnées de variations du pouvoir pathogène, se traduisant, par exemple, au sein de *M. musicola*, par un élargissement de la gamme des espèces hôtes sensibles. Mais si ces variations de pathogénie se sont produites, il est vraisemblable qu'elles sont passées inaperçues, car l'uniformisation des variétés de bananes dessert, dans les plantations industrielles des cinquante dernières années, ne leur permettait pas de se révéler et n'exerçait certainement pas de pression de sélection suffisamment forte pour les engendrer.

Il faudra attendre la «naissance» d'une nouvelle espèce «*Mycosphaerella fijiensis*» pour voir s'exprimer des potentialités pathogènes supplémentaires.

Mycosphaerella fijiensis.

Cette nouvelle forme, découverte par LEACH (1964) et toujours associée à la «maladie des raies noires», présente suffisamment de caractéristiques morphologiques différentes de *M. musicola*, au niveau des conidies et des conidiophores notamment, même si ses périthèces et ses asques sont voisines de *M. musicola*, pour être considérée comme une espèce différente (tableaux 1-2, figures 1 à 3). On a pu discuter de savoir si *M. musicola* et *M. fijiensis* pouvaient être considérées comme deux souches (races) d'un même pa-

TABLEAU 1 - Comparaison des stades conidiens. (d'après MEREDITH et LAWRENCE, 1969, 1970 a, MUDLER et STOVER 1976). (repris par P. FROSSARD).

CONIDIOPHORES	<i>C. musae</i>	<i>C. fijiensis</i>	<i>C. fijiensis</i> var. <i>difformis</i>
première apparition	tache noire stade 4 (BRUN 1963)	point initial ou tiret premier stade	a) tirets stade avancé et jeunes taches b) tache stade avancé
organisation	en faisceaux denses (sporodochies) issus d'un stroma foncé sous-stomatique	sortant isolément ou par groupe de 2 à 8 des stomates, pas de stroma ni de sporodochies	a) comme <i>C. fijiensis</i> b) en faisceaux serrés issus de stroma
face de la feuille	abondants sur les deux faces, souvent plus nombreux à la face inférieure	principalement à la face inférieure	a) comme <i>C. fijiensis</i> b) amphigènes mais surtout à la face supérieure
morphologie	presque droits hyalins le plus souvent sans cloison, ni géniculation, pas de cicatrice d'insertion visible	droits ou diversement courbés, brun plus ou moins foncé, 0-5 cloisons, souvent géniculés. Parfois ramifiés à la base, cicatrices d'insertion des spores bien visibles légèrement épaissies	a) non ramifiés, droits ou courbés, géniculés, brun clair avec cicatrices conidiennes, 0-3 cloisons b) à peu près semblables
dimensions (μ)	5 - 20 x 2 - 5 (Australie, MEREDITH et LAWRENCE, 1970 a)	16,5 - 62,5 x 4 - 7 N'Toum (Gabon) 28 - 84 x 3 - 5 (moy. 50 x 4,5)	a) 12 - 55 x 4 - 6 b) 13 - 42 x 3 - 6
CONIDIES			
stroma	25 - 63 x 20 - 63 (Australie, MEREDITH et LAWRENCE, 1970 a)	pas de stroma	b) 25 - 51 x 8 - 30
morphologie	cylindriques à obclavato-cylindriques ; droites ou courbées, olivacé pâle à très pâle, 0-8 cloisons, pas de cicatrice visible.	obclavates à cylindro-obclavates droites ou courbées, hyalines à olivacé très pâle, 1-10 cloisons, hile distinct légèrement épaissi, base tronquée	a et b) principalement obclavates ou cylindro-obclavates, hyalines à olivacé très pâle, multiseptées, droites ou courbées, apex étréci, hile basal épaissi
dimensions (μ) moyennes	10 - 109 x 2 - 6 59 x 3	30 - 132 x 2,5 - 5 72,5 x 4 N'Toum (Gabon) 51 - 123 x 3 - 5 moy. : 83 x 4,1	51 - 108 x 3 - 6,0 77 x 4,6

a) obclavate : les spores sont nettement plus larges vers la base qu'à l'apex

b) hile : point d'insertion de la conidie.

thogène.

Ces deux espèces ont été isolées conjointement sur de mêmes feuilles et actuellement aucune observation n'est venue confirmer la possibilité pour ces deux espèces de s'hybrider entre elles.

M. fijiensis possède surtout une activité pathogène très supérieure à *M. musicola*. L'évolution de la maladie qu'elle engendre est plus rapide, et elle est capable de s'attaquer

avec succès à un spectre plus large de variétés de bananes et de plantains. Pour ces deux caractères, cette espèce est plus redoutable que *M. musicola*.

La variation de la population de *Mycosphaerella* s'est faite en quelques dizaines d'années dans le sens de l'acquisition d'une activité pathogène plus intense et plus large, extrêmement menaçante pour le genre *Musa*.

TABLEAU 2 - Comparaison des stades parfaits de *Mycosphaerella musicola* et de *Mycosphaerella fijiensis* et *M. fijiensis* var. *difformis* (d'après MEREDITH, 1970 ; MULDER et STOVER, 1976) (repris par P. FROSSARD).

	Périthèces (μ)		Ascospores (μ)	
	long.	moy.	long.	moy.
<i>M. musicola</i> MULDER et STOVER BRUN (1963)	47-72	62	14,5-18,0	16,5
<i>M. fijiensis</i> LEACH (1964)	51-86	65,3	10,1-17,2	14,2
<i>M. fijiensis</i> MORELET (1969)	47-70	60,6	11,8-15,3	13,5
<i>M. fijiensis</i> var. <i>difformis</i> MULDER et STOVER (1976)	50-85	63	11,5-15,6	13,7
<i>M. du Gabon</i> (a)	42-81	57	14-20	17,0
<i>M. musicola</i> Côte d'Ivoire (a)	56-88	67,7	11,2-15,8	13,5
	47-74	59,8	11,6-17,5	13,9

(a) nos mensurations ont été faites le jour même sur 100 ascospores après projection sur verre nu et coloration au bleu coton dans le lactophénol.

Mycosphaerella fijiensis var. *difformis*.

Le cas de cette espèce est très intéressant. En effet, une dizaine d'année après les premières descriptions de *M. fijiensis*, STOVER, au Honduras, observait une espèce très proche de *M. fijiensis*, mais qui en différait par la présence de sporodochies (tableaux 1-2, figures 1 à 3). Ce caractère est normalement propre à *M. musicola*, mais absent de *M. fijiensis*. Cette nouvelle espèce était ensuite observée à Tonga, Samoa et Taïwan, etc.

M. fijiensis var. *difformis* possède donc des caractères propres à *M. musicola* et à *M. fijiensis* décrits dix ans avant.

S'agit-il de la coexistence sur une même feuille des deux premières espèces, ce qui est peu probable vu la morphologie des conidies issues des sporodochies ; s'agit-il d'une espèce nouvelle née spontanément dans un nouveau foyer (Honduras) ou s'agit-il d'une espèce hybride issue d'un croisement *M. musicola* x *M. fijiensis* ? Il est actuellement assez difficile de répondre, d'autant que des observations récentes laissent entendre que le caractère «présence de sporodochies» propre à *M. fijiensis* var. *difformis* (SHILLINGFORD, communication personnelle) est de plus en plus difficile à observer, car on assisterait à une diminution du nombre de sporodochies et à une réduction de leur taille.

Il y aurait donc une sorte d'évolution de *M. fijiensis* var. *difformis* vers le type originel *M. fijiensis*, mais toujours nettement distinct de *M. musicola*.

Conclusion.

Comme le signalait FAYOLA (1978), la classification des espèces du genre *Mycosphaerella* (*Cercospora*) est à revoir, mais elle se fera inévitablement sur du matériel en pleine évolution avec apparition et disparition de formes.

Elle devra nécessairement tenir compte des activités pathogènes des espèces, sur un spectre de variétés hôtes très large.

Elle entraînera donc la recherche de variétés nouvelles durablement résistantes, permettant ainsi de définir le type de relation hôte-parasite régissant le couple *Mycosphaerella-Musa*.

SELECTION ET MUTATIONS ENGENDREES PAR L'EMPLOI DE FONGICIDES

C'est vers les années 1969-1970 que les fongicides systémiques du groupe des benzimidazoles ont été introduits dans les programmes de lutte et de traitement des Cercosporioses du bananier.

Compte tenu de la nature de ces maladies et des particularités des cultures bananières, l'emploi de ces fongicides a été massif et très fréquent à la fois dans le temps et dans l'espace.

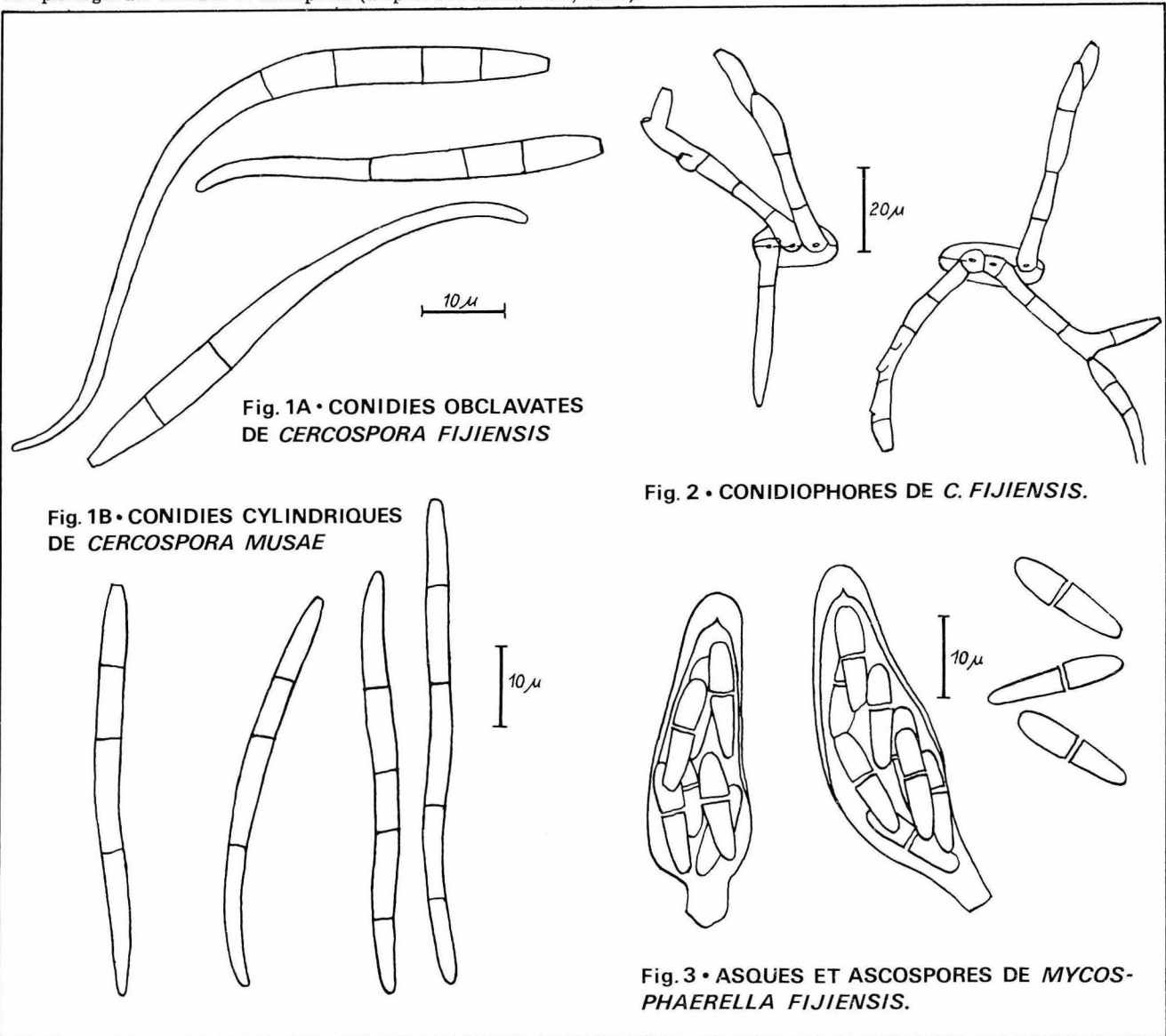
Dans certaines zones (formulations aqueuses et applications systématiques), il était nécessaire de traiter de 20 à 30 fois par an le même hectare, en appliquant à chaque fois 150 à 200 g de matière active, ce qui conduisait à déverser en un an sur un hectare de culture (environ 5 hectares de feuilles) près de 6 kilogrammes de matière active pour lutter contre 20 à 30 générations de millions de conidies ou d'ascospores.

Dans d'autres zones, les techniques de lutte étant sensiblement différentes (formulations huileuses et avertissement), le nombre de traitements annuels par hectare était moitié moindre, la dose aussi (environ 3 kg de m.a. par an et par hectare), mais la production des générations successives de conidies ou d'ascospores était à peu près moitié moindre également.

Par ailleurs, des recherches effectuées *in vitro* (FOURCADE, LAVILLE, 1973) avaient montré qu'on pouvait obtenir des races de *Mycosphaerella musicola* résistantes au Benomyl, avec une fréquence d'environ 1/10⁶, ce qui peut

Figures 1 à 3.

Morphologie des conidies et ascospores (d'après P. FROSSARD, 1980).



être considéré comme un taux très élevé de probabilité.

Il n'est donc pas étonnant que l'apparition de races résistantes aux benzimidazoles ait pu se réaliser aux champs dans les années suivantes et que ce phénomène ait touché la totalité des zones bananières traitées avec ces fongicides.

Il est intéressant de noter que les premières races apparues ont été décelées dans les zones où les traitements étaient les plus fréquents (vers 1974) et seulement ensuite dans les zones où les méthodes d'application différentes avaient permis de diminuer le nombre de traitements annuels (vers 1978-1981). Mais dans ces dernières zones, ce sont également les parcelles les plus fréquemment traitées qui ont révélé le plus tôt la présence de races résistantes.

Il semble donc qu'avec ce type de fongicide systémique assez rémanent, le risque de voir apparaître des races résistantes augmente corrélativement avec le nombre de conidies ou d'ascospores en contact avec les produits, ce qui rend bien compte des apparitions plus précoces là où, pour maintenir une situation sanitaire correcte, il a été nécessaire d'effectuer un plus grand nombre de traitements annuels, sur des plantations où l'on avait observé un nombre plus élevé de générations de spores, produites dans le même temps.

Mais là encore, à l'intérieur de ce phénomène global de résistance aux benzimidazoles, qui touche aussi bien le *M. musicola* que les *M. fijiensis* et les races avirulentes comme *M. minima*, des variantes existent.

On note en effet des variations dans la réponse de ces races résistantes aux doses différentes de benzimidazoles et des variations dans le mode d'acquisition et de transmission de cette résistance.

Parmi la population des races résistantes, certaines le sont vis-à-vis de 5 à 10 ppm de Benomyl, c'est-à-dire de 5 à 10 fois la dose efficace sur les races sensibles sauvages, d'autres le sont à 100 ppm (ou plus) de Benomyl, c'est-à-dire à plus de 100 fois la dose initialement active.

Ces dernières races sont en général très stables, alors que les premières peuvent, dans certains cas, réverser vers le mode sensible.

Par ailleurs, si l'on analyse une à une les ascospores de plusieurs périthèces, on constate que l'on peut classer ceux-ci en deux catégories. Dans certains toutes les ascospores sont résistantes, dans d'autres la moitié des ascospores sont résistantes, les autres demeurant sensibles (STOVER, 1979). Il y a donc une transmission très classique de ce caractère par le génome. Mais STOVER (1977) a mis également en évidence une transmission extrachromosomique de ce caractère de résistance.

Ces modes de transmission héréditaire du caractère de résistance expliquent très bien que les races résistantes aux benzimidazoles puissent persister longtemps après l'arrêt des applications de ces fongicides.

EVOLUTION DES MELANGES DE POPULATIONS

Dans le cas des Cercosporioses du bananier, on a pu suivre empiriquement l'évolution de deux cas de mélanges de populations, mais si l'on a pu comparer les situations finales aux situations de départ, les étapes successives intermédiaires ont échappé partiellement aux observations précises.

Dans le premier exemple, il s'agit de l'évolution de la population de *Mycosphaerella musicola* en Amérique centrale, à partir du moment où est apparue (ou a été introduite) la Sigatoka noire à *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis* au Honduras.

Dans un premier temps *M. fijiensis* var. *difformis* bien que présent était difficilement observable, puis son développement s'est amplifié et en quelques années il a complètement supplanté le *M. musicola* moins compétitif, indépendamment des traitements effectués.

Dans le second exemple, il s'agit de l'évolution des populations de *M. musicola* ou de *M. fijiensis* devenues résistantes aux benzimidazoles, par rapport aux races initiales demeurées sensibles.

Cette situation est plus complexe, car malgré les efforts faits, les techniques actuelles d'analyse ne permettent pas d'estimer avec certitude les pourcentages respectifs des deux types de populations sensibles et résistantes dans une bananeraie donnée. On ne peut dégager que des tendances. De

plus, dans toutes les zones bananières où ces races résistantes aux benzimidazoles ont été décelées, alors que vraisemblablement leurs importances respectives étaient très variables selon les régions, le changement des molécules fongicides utilisées pour les traitements a fortement perturbé (avec succès heureusement) ces évolutions qu'il aurait pu être intéressant de suivre jusqu'au bout.

C'est pourquoi les seules références sur lesquelles il reste possible de s'appuyer sont, d'une part les réflexions mathématiques portant sur des modèles théoriques et d'autre part les essais réalisés sur plantules en serre, mais qui l'ont été sur d'autres cultures et avec d'autres pathogènes que ceux des Cercosporioses du bananier.

En expérimentant en serre sur de jeunes plantules de semis de pommier, inoculés par *Venturia inaequalis*, OLIVIER et coll. (1979) et MARTIN (1981) ont pu faire un certain nombre d'observations intéressantes.

En mettant en mélange des souches présentant des niveaux de résistance ou de sensibilité au Benomyl différents, ils ont pu constater que les races à haut niveau de résistance sont devenues dominantes dans toutes les situations où elles ont été placées en compétition, mais que celles résistantes à un faible niveau ne se sont que modérément maintenues.

Ils ont également mis en évidence l'importance, pour le sens des évolutions, de deux paramètres : la concentration totale d'inoculum (somme des races sensibles et résistantes R + S) et le rapport de concentration entre les races différentes lors de la première contamination (R/S).

«Pour un rapport de concentration donné, plus l'inoculum total de départ est faible, plus longtemps se maintient la souche (ou race) la moins compétitive ; et pour un inoculum total constant, les variations du rapport de concentration affectent peu la vitesse relative de disparition de la souche la moins compétitive» (MARTIN, 1982). Ceci signifie, par exemple pour la Cercosporiose du bananier, que le risque de ne plus pouvoir utiliser les benzimidazoles est d'autant plus grand que ces produits continuent d'être appliqués sur de mauvaises situations sanitaires (R + S élevé) quel que soit le rapport R/S, même si celui-ci est faible au départ. Ceci signifie également qu'il faut changer de stratégie et de fongicide aussitôt qu'ont été décelées les premières races résistantes, pendant que la situation sanitaire est encore bien contrôlée (R + S faible et R/S faible).

Ces résultats ont le mérite de dire clairement que lorsqu'on change de fongicide, souvent au cours d'une phase d'état sanitaire médiocre, le plus urgent, et le plus intéressant pour l'avenir, c'est de faire baisser le plus vite possible la quantité d'inoculum. Une fois ceci acquis, on dispose de plus de temps pour élaborer éventuellement une stratégie de traitement plus fine.

Les réflexions théoriques s'appuyant sur des modèles mathématiques sont plus difficiles à appliquer, d'autant que différents auteurs travaillant sur ce sujet n'ont pas toujours été d'accord entre eux sur les conclusions présentées.

Leurs réflexions s'inspirent des modèles de dynamique des populations, qui ne peuvent être que partiellement transposables au problème de compétitivité entre races sensibles et résistantes. ZADOKS (1982) indique clairement les limites et les contraintes de ce type de réflexions, car les modèles doivent combiner à la fois les éléments de génétique et de dynamique des populations. Ils doivent être élaborés pour chaque cas, en tenant compte de la culture, du pathogène et de la molécule chimique en jeu ; ils doivent enfin être comparés à des situations concrètes pour être ultérieurement utilisables.

STRATEGIES DE LUTTE CHIMIQUE

Ces réflexions conduisent naturellement à s'interroger sur les moyens à mettre en oeuvre soit pour éviter de telles évolutions, soit les retarder, soit les contrôler mieux, puisqu'il est momentanément impossible, pour un grand nombre de maladies, et en particulier les Cercosporioses du bananier, de se priver de l'arme chimique, et qu'on risque par conséquent de voir se reproduire, avec de nouvelles molécules, les situations antérieures dont on vient juste de sortir à grand peine.

Il y a tout d'abord à distinguer parmi les molécules actives synthétisées celles que l'on peut qualifier de molécules à risque et celles dont on peut espérer un plus long usage.

Ce n'est pas par hasard que l'augmentation, ces dernières années, des cas de races résistantes, a coïncidé avec l'utilisation de molécules fongicides plus sophistiquées (actives à très faible dose, systémiques, spécifiques).

S'il est possible d'obtenir des races résistantes aux sels de cuivre (*in vitro*), ce phénomène n'est jamais apparu dans la nature, soit parce que ce type de mutation complexe est hautement improbable, soit parce que les races mutées pour le cuivre le sont également pour d'autres facteurs, qui diminuent leur compétitivité en réduisant ou même en annulant leur pouvoir pathogène.

En revanche, maintenant que l'on sait que les sites de la résistance au Benomyl sont gouvernés par un ou deux gènes, on ne peut plus être étonné de la rapidité avec laquelle, chez un grand nombre d'espèces, sont apparues des races résistantes à ce fongicide.

On peut donc tester très précocement, avant la mise sur le marché, le risque propre à chaque molécule par mutations induites *in vitro*. Les résultats obtenus n'indiquent pas d'une manière précise les délais d'utilisation future, mais ils donnent une bonne idée du risque encouru.

C'est ainsi que lorsque notre Institut a pu obtenir *in vitro*, facilement des races de *Mycosphaerella musicola* résistantes au Benomyl, alors qu'à cette époque aucune race résistante n'avait été observée en bananeraie, nous avons su d'une manière certaine que ce phénomène avait de grandes chances d'apparaître dans les années à venir, mais nous ne pouvions en indiquer les délais exacts.

Il est donc préférable de privilégier les molécules actives dont on peut espérer un usage plus long. A ce propos, on peut penser que la nouvelle génération de produits qui, tels que le Phoséthyl Al, ou la nouvelle molécule active sur la pyriculariose du riz, qui n'ont pas d'action directe sur le pathogène, mais vraisemblablement induisent des phénomènes de résistance chez les plantes sensibles, présentent moins de risques, vu la complexité des mécanismes physiologiques en jeu, aboutissant à faire fonctionner une plante sensible sur un registre résistant.

On peut rapprocher ces situations de résistance ponctuelle ou complexe vis-à-vis des fongicides avec ce que l'on sait des risques encourus avec les variétés possédant soit une résistance de type monogénique ou oligogénique (verticale), soit de type polygénique (horizontale) vis-à-vis des races de pathogènes.

La sélection de variétés résistantes a montré que le deuxième type de résistance (polygénique) avait le plus de chance de durer.

Mais, dans la réalité, il n'est pas toujours possible d'utiliser de préférence les fongicides «inhibiteurs multisites» aux fongicides «inhibiteurs unisites». Il faut donc établir une stratégie d'emploi des molécules disponibles.

Le problème se résume à choisir entre les appliquer en mélange, ou en alternance, selon les cas de figures suivantes :

- mélange : application d'un mélange homogène de deux fongicides (ou plus) au même moment sur la totalité de la culture à protéger.
- juxtaposition : application de deux fongicides, au même moment, mais chacun sur la moitié du lot à traiter (ex. : graines), puis mélange des deux lots ; ou chacun sur un arbre sur deux (ex. : verger d'espèces pérennes).
- alternance : application alternée de l'un puis de l'autre fongicide, selon une séquence à définir, sur la totalité de la culture à traiter.

Ces techniques ont été expérimentées sur différentes plantes vis-à-vis de plusieurs pathogènes, mais en ce qui concerne les Cercosporioses du bananier des essais sont en cours, et il n'est pas encore possible de se prononcer avec certitude en faveur de telle ou telle stratégie.

BIBLIOGRAPHIE

- BRUN (J.). 1963.
La Cercosporiose du bananier en Guinée: Etude de la phase ascosporee du *Mycosphaerella musicola* LEACH.
Thèse n° 35, série A, Faculté des Sciences de Paris, Centre Orsay.
- CALPOUZOS (L.). 1954.
Controlled sporulation of *Cercospora musae* ZIMM. in pure culture.
Nature, 173, 4414, 1084-1085.
- CALPOUZOS (L.). 1955.
Studies on the Sigatoka disease of bananas and its fungus pathogen.
Atkins garden and Research Laboratory - Cienfuegos - Cuba.
- DELP (C.J.). 1980.
Fungicide resistance in crop protection.
Plant Disease, 64 (7).
- FAYOLA (A.O.). 1978.
Cercospora : how many genera, how many species.
3th International Congress of Plant Pathology, Munich.
- FOURCADE (I.) et LAVILLE (E.). 1973.
Obtention *in vitro* de souches résistantes au Benomyl chez *Cercospora musae* ZIMM.
Fruits, 28 (2), 103-106.
- FROSSARD (P.). 1980.
Apparition d'une nouvelle et grave maladie foliaire des bananiers et plantains au Gabon : la maladie des raies noires *Mycosphaerella fijiensis* MORELET.
Fruits, 35 (9), 519-527.
- KABLE (P.F.) et JEFFERY (H.). 1980.
Selection for tolerance in organisms exposed to sprays of biocide mixture : a theoretical model.
Phytopathology, 70, 8-12.
- Mc GEE (D.C.). 1978.
Competition between Benomyl resistant and sensitive populations of *Venturia inaequalis* in the absence of Benomyl.
p. 37 in : *Abstracts of papers, 3rd Int. Cong. Plant. Pathol., Munich, Germany*.
- Mc GEE (D.C.) et ZUCK (M.G.). 1981.
Competition between Benomyl resistant and sensitive strains of *Venturia inaequalis* on apple seedlings.
Phytopathology, 71 (5), 529-532.
- MEREDITH (D.S.). 1970.
Banana leaf spot disease (Sigatoka) caused by *Mycosphaerella musicola* LEACH.
Phytopathological Papers, n° 11 - C.M.I., Kew Surrey, England.
- MULDER (J.L.) et STOVER (R.H.). 1976.
Mycosphaerella species causing banana leaf spot.
Transactions of the British Mycological Society, 67 (1), 77-82.
- OLIVIER (J.M.), LESPINASSE (Y.), GODICHEAU (M.), BOUREAU (M.) et MARTIN (D.). 1979.
Etude de compétitions entre des souches sauvages de *Venturia inaequalis* et des isolats ayant acquis une nouvelle virulence ou une résistance au Benomyl.
Proc. Angers, Fruit. Breed. Symp. ENCARPLA, 145-156.
- PONT (W.). 1960.
Three leaf speckle diseases of the banana in Queensland.
Qd J. Agric. Sci., 17, 273-309.
- RUPPEL (E.G.), JENKINS (A.D.) et BURTCH (L.M.). 1980.
Persistence of Benomyl tolerant strains of *Cercospora beticola* in the absence of Benomyl.
Phytopathology, 70, 25-26.
- SHABI (E.) et KATAN (T.). 1979.
Genetic, pathogenicity and stability of carbendazim resistant isolates of *Venturia pirina*.
Phytopathology, 69, 267-269.
- SHILLINGFORD (C.A.). 1982.
Manejo de la resistencia de *Mycosphaerella* sp. a los benzimidazoles.
Ciencias y tecnologia, UPEB (49) april-mayo 1982, p. 32-36.
- SKYLAKAKIS (G.). 1980.
Estimating parasitic fitness of plant pathogenic fungi : a theoretical contribution.
Phytopathology, 70 (8), 696-698.
- SKYLAKAKIS (G.). 1982.
Epidemiological factors affecting the rate of selection of biocide resistant genotypes of plant pathogenic fungi.
Phytopathology, 72 (3), 271-273.
- STOVER (R.H.). 1972.
Banana, plantain and abaca diseases.
C.M.I. Kew Surrey, England.
- STOVER (R.H.). 1976.
Distribution and cultural characteristics of the pathogens causing banana leaf spot.
Trop. Agric. (Trinidad), 53, (2), april.
- STOVER (R.H.). 1977.
Extranuclear inherited tolerance to Benomyl in *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis*.
Trop. Agric. Res. Serv., La Lima, Honduras - Trans. Bri. Mycol. Soc., 68 (1), 122-124.
- STOVER (R.H.). 1977.
A non virulent Benomyl tolerant *Cercospora* from leaf spots caused by *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis* and *M. musicola*.
Trans. Br. Mycol. Soc., 69 (3), 500-502.
- STOVER (R.H.). 1977 a.
Extranuclear inherited tolerance to Benomyl in *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis*.
Trans. Brit. Mycol. Soc., 68, 122-124.
- STOVER (R.H.). 1977 b.
Behaviour of Benomyl tolerance in *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis*.
Proceedings Ann. Phyto. Soc., 4.
- STOVER (R.H.). 1979.
Field observations on Benomyl tolerance in ascospores of *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis*.
Trans. Brit. Myc. Soc., 72 (3), 518-519.
- STOVER (R.H.). 1980.
Sigatoka leaf spots of bananas and plantains.
Plant Disease, 64 (8), 750-755.
- WARDLAW (C.W.). 1972.
Banana diseases including plantains and abaca.
2th edition, Longman Ed.
- WICKS (T.). 1976.
Persistence of Benomyl tolerance in *Venturia inaequalis*.
Plant Dis. Rep., 60, 818-819.
- ZADOKS (J.C.). 1982.
Can we use models describing the population dynamics of fungicide resistant strains ? - Fungicide resistance in crop protection.
J. Dekker and S.G. Georgopoulos Ed., Wageningen N.I.

