

# LES CERCOSPORIOSES DES BANANIERS ET PLANTAINS.

## Programme de recherche à l'IRFA.

## Coopération internationale.

## Le point sur les principaux résultats obtenus récemment.

X.MOURICHON

Cette réunion a permis de faire le point sur les différents aspects de recherches, en cours ou en projet sur les Cercosporioses des Bananiers et Plantains. Elle a donné l'occasion de regrouper pratiquement la totalité des chercheurs de notre département concernés, à des degrés divers, par les différents thèmes de discussion préalablement fixés :

1. Les projets de recherches menées en concertation : CEE, ATP (Action Thématique programmée, Coopération internationale) ;

2. Relations hôte-parasite :

- . techniques d'étude (inoculations expérimentales ...)
- . interactions à l'échelle cellulaire
- . quelques aspects physiologiques des interactions hôte-parasite
- . médiateurs chimiques (toxines)
- . sensibilité variétale ; réflexion sur un (des) schéma (s) de sélection de variétés résistantes.

3. Etudes sur *Mycosphaerella* spp.

- . étude des populations inféodées aux bananiers
- . détermination, systématique
- . variabilité (inter-intraspécifique)
- . sexualité (homo-hétérothallisme) *in vivo*, *in vitro*
- . culture, production conidienne *in vitro* ...

4. Stratégie de lutte

- . les essais fongicides - petites parcelles/grandes surfaces
- . les nouvelles matières actives, leur avenir dans les différentes stratégies de lutte
- . stratégies d'utilisation des m.a., choix des m.a., alternance ...
- . les problèmes de résistance, technique de monitoring
- . les méthodes d'observation et d'évaluation de la maladie : les améliorations possibles ...
- . mise en place d'un réseau d'avertissement
- . analyse des différents contextes [Cameroun, Côte-d'Ivoire, Antilles (Martinique et Guadeloupe), Equateur, Panama].

L'intérêt de cette concertation se justifiait compte tenu d'un certain nombre d'événements nouveaux apparus récemment. Les recherches et les différentes interventions dans le domaine des Cercosporioses des Bananiers et Plantains se sont en effet diversifiées au cours de ces trois dernières années souvent dans le cadre de projets concertés entre laboratoires européens ou PVD (CEE, AUPELF, ATP ...) mais également à la suite de nouvelles actions de recherches/développement initiées dans des zones géographiques de tradition «non conventionnelle» (Panama, Costa Rica, Colombie et Equateur).

### RAPPEL DES DIFFERENTS PROJETS MENES EN CONCERTATION

#### Projet CEE/DG XII - STD 2.

- Intitulé : Elaboration de stratégies de lutte efficaces contre la Cercosporiose noire, maladie très menaçante pour les Bananiers et les productions vivrières de plantains.

- Partenaires :

- . CATIE (Costa Rica) - Proposant principal.
- . IRFA/CIRAD - Laboratoire de Phytopathologie, Montpellier - Coordination du projet.
- . IRA-Cameroun - Laboratoire de Phytopathologie, Nyombé.
- . Université Pierre et Marie Curie - Laboratoire de Cytologie et Morphogénèse végétales - Paris VI.
- . Faculté agronomique de Gembloux - Laboratoire de Pathologie végétale - Gembloux.

- Thèmes de recherches : voir tableaux 1 et 2.

La durée de ce projet, fixée à 4 années, couvre la période 1988-1991.

TABLEAU 1 - Principaux thèmes de recherches.

- 
- Etudes des relations hôtes-pathogènes et des composantes physiologiques et biochimiques de la résistance génétique. Analyse des populations pathogènes et des relations entre elles, tests de sélection précoce sur plantules *in vitro* et sur seedlings.
  - Recherches sur l'évolution des populations pathogènes : épidémiologie et biologie des *Mycosphaerella* spp., relations bioclimatiques et mécanismes de résistance aux fongicides.
  - Amélioration des techniques de lutte basée sur les techniques culturales, l'utilisation de fongicides chimiques et biologiques et sur un avertissement bioclimatique.
- 

TABLEAU 2 - Thèmes de recherches inscrits au Projet CEE - DG XII

---

● RELATIONS HOTES/PARASITES - RESISTANCE GENETIQUE.

IRFA/CIRAD - Montpellier.

Meilleure connaissance des populations pathogènes.

Mise au point de tests précoces de comportement et de sélection de diploïdes fertiles.

IRFA/CIRAD - Montpellier et Université Pierre et Marie Curie.

Etude biochimique et cytologique des interactions hôtes-parasites.

Faculté agronomique de Gembloux.

Utilisation de médiateurs chimiques toxiques comme agant de pression de sélection sur de nouveaux cultivars.

IRFA/CIRAD - Montpellier, CATIE et IRA Cameroun.

Tests de sélection précoce des produits de l'amélioration génétique.

CATIE et IRA Cameroun.

Criblage variétal au champ, en zone infestée, des géniteurs sauvages et améliorés et des produits de l'amélioration.

● EVOLUTION DES POPULATIONS PATHOGENES.

CATIE et IRA Cameroun.

Epidémiologie et biologie de *Mycosphaerella fijiensis*.

Relations bioclimatiques dans l'optique d'une lutte raisonnée.

Mécanismes de résistance aux fongicides.

● AMELIORATION DES TECHNIQUES DE LUTTE.

CATIE et IRA Cameroun.

Avertissements biologiques et climatiques.

Perfectionnement des méthodes d'épandage.

Recherche de systèmes de culture adaptés.

---

Projet AUPELF-URELF (Université des Réseaux d'Expression française).

Deux laboratoires ont été associés au thème de recherche proposé par le comité scientifique de l'Aupelf «résistance ou tolérance du Bananier Plantain à la Cercosporiose noire par la recherche de variant».

. Laboratoire Phytopathologie IRA, Nyombé, Cameroun

. Laboratoire Phytopathologie IRFA/CIRAD, Montpellier.

Durée du projet : 2 ans, 1988-1989.

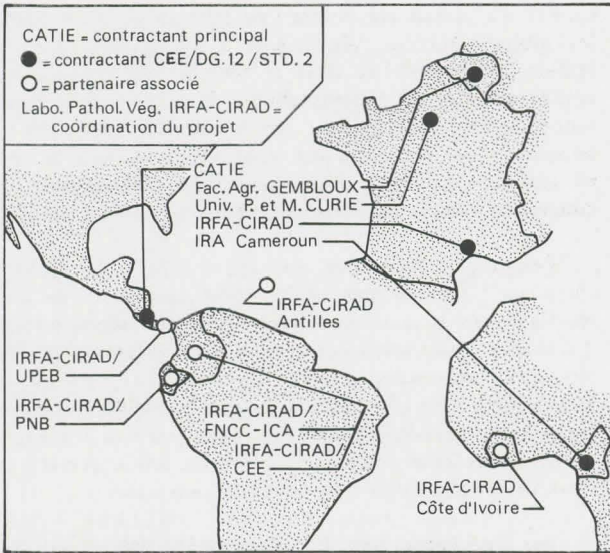
ATP/CIRAD.

Le laboratoire de Phytopathologie de Montpellier est associé à 3 ATP (Action Thématique Programmée) en cours, récemment initiées :

1. «Utilisation de la reproduction sexuée des champignons parasites pour l'étude génétique des relations hôte-parasite, application aux Cercosporioses des Bananiers et à la Pyriculariose du riz (tous deux parasites ascomycètes)».

Durée des recherches : 3 ans (1988-1990).

2. ATP «aide au diagnostic».



PROJET CEE/DG.12/STD.2 \* CERCOSPORIOSES DES BANANIERS ET PLANTAINS.

Action thématique CIRAD, 1987-1990.

3. «Analyse de la diversité et de la taxonomie des plantes tropicales et de leurs parasites fongiques, par l'étude de l'ADN cytoplasmique et nucléaire».

Durée des recherches : 3 ans (1988-1990). Travaux effectués en partie au laboratoire de Phytopathologie IRFA et en partie au laboratoire d'Electrophorèse et Biologie moléculaire du CIRAD.

Convention recherche-développement avec des structures professionnelles.

Le département IRFA/CIRAD a été sollicité en 1988 par plusieurs pays producteurs afin d'y développer une stratégie raisonnée de lutte contre les Cercosporioses des Bananiers. Plusieurs conventions lient le département IRFA à plusieurs structures professionnelles ou Centre de Recherches dans ce domaine avec détachement de chercheurs :

- . IRFA/COBANA } Côte d'Ivoire
- . IRFA/Fruitière des Lagunes }
- . IRFA/UPEB - Amérique latine (poste au Panama)
- . IRFA/PNB - Equateur
- . IRFA/FNCC/ICA - Colombie

**LE POINT SUR LES PRINCIPAUX RESULTATS OBTENUS RECEMMENT**

Etudes sur les *Mycosphaerella* spp.

Détermination - Systématique - Variabilité (inter-intra-spécifique).

Aucune différence ne permet de différencier les 2 espèces *M. musicola* et *M. fijiensis* par l'observation des seuls stades sexués ascomycètes. De plus la symptomatologie ne peut être considérée aujourd'hui comme un critère totalement discriminant (présence souvent de symptômes «atypiques»).

La détermination précise de ces deux espèces n'est possible que par l'étude de la morphologie de la forme *Cercospora* : morphologie caractéristique du stade conidien (conidies et conidiophores).

L'observation de ce stade asexué (photo 1) est possible *in situ* sur échantillons foliaires ou en milieu de culture après isolement du parasite mais :

1. on assiste aujourd'hui le plus souvent à la quasi-disparition de la forme *Cercospora* au profit de la forme *Mycosphaerella* dans les zones à traitements fongicides généralisés (plantations industrielles).

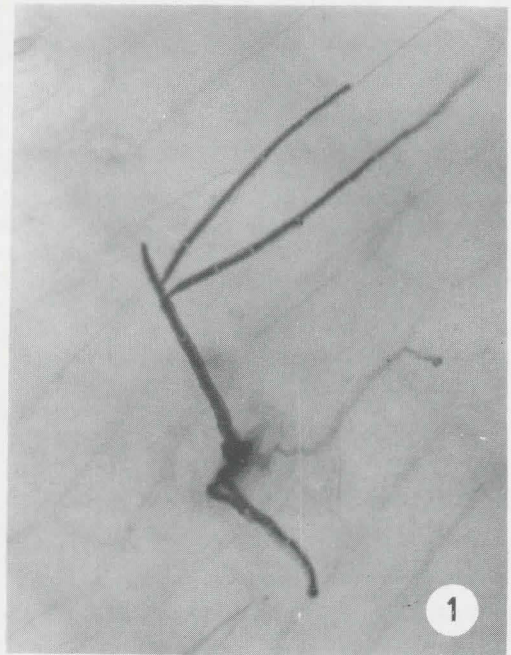


Photo 1 - Conidiophore avec 2 conidies typiques de *M. fijiensis* sur feuille cv Grande Naine.

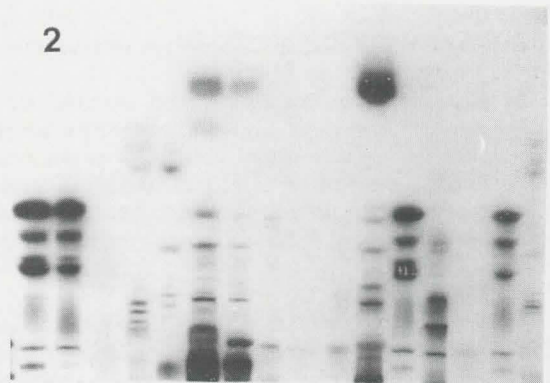


Photo 2 - Zymogrammes obtenues pour différents isolats de *M. musicola*, *M. fijiensis*, *M. minima* et autres espèces isolées de feuille.

2. l'aptitude à la sporulation conidienne n'est pas générale à toutes les souches isolées et clonées.

La recherche d'une technique d'aide au diagnostic apparaissait donc nécessaire.

Une première étude utilisant des marqueurs enzymatiques (ATP «aide au diagnostic») a été initiée en 1987. Elle permet par l'utilisation de deux systèmes enzymatiques, estérases et PGI, d'une part une bonne discrimination des 2 espèces et également, d'autre part, de bien les différencier des populations de *Mycosphaerella* spp (photo 2) dites «non virulentum». La recherche d'un polymorphisme intraspécifique est à l'étude aujourd'hui, elle nécessitera des techniques plus discriminantes (ATP 3, taxonomie) comme l'étude de l'ADN nucléaire et cytoplasmique, par l'intermédiaire des RFLP (analyse plus fine de la variabilité génétique). Ces études sont possibles aujourd'hui grâce à la présence à Montpellier d'une collection de plus de 130 souches clonées, isolées à partir d'échantillons en provenance de zones de productions bananières et de plantains très variées : Sud-est asiatique, Pacifique, Afrique, Amérique latine (cette collection est unique, semble-t-il, compte tenu de la situation géographique, en zone de non production, du laboratoire de Montpellier).

Ces travaux vont se poursuivre en association avec des études d'évaluation du pouvoir pathogène. Ils conduiront à une meilleure connaissance des populations de *Mycosphaerella* et de leurs phylogénies. Ils apporteront notamment des éléments de réflexion sur les phénomènes de dérive de populations actuellement observés dans certaines régions (développement récent de *M. musicola* sur plantain au Cameroun et en Colombie).

- Maîtrise de la production conidienne *in vitro*.

Celle-ci apparaît aujourd'hui indispensable pour étudier de façon contrôlée les différents aspects des interactions hôte-parasite (physiologie ; à l'échelle cellulaire ...) après inoculations expérimentales avec un inoculum calibré. Si la production de conidies ne pose plus en principe de problème, il n'en demeure pas moins vrai qu'il est nécessaire d'optimiser la technique en la rendant plus fiable par la recherche de milieux de culture et de conditions d'environnement encore plus favorables.

- Maîtrise de la reproduction sexuée *in vitro/in vivo*.

La reproduction sexuée chez les ascomycètes tels que *Podospora*, *Neurospora*, est largement utilisée par les généticiens. Bien que de très nombreuses maladies des plantes soient dues à des ascomycètes, les phytopathologistes utilisent encore rarement cette possibilité parce que la reproduction sexuée est difficile à obtenir *in vivo* pour les parasites des plantes.

Les expérimentations réalisées au CIRAD à Montpellier (ATP 3) portent sur les genres *Mycosphaerella* et *Magnaporthe* agents de la Cercosporiose des bananiers et plantains et de la pyriculariose du riz et autres céréales. Les travaux proposés sur ces deux modèles portent sur les thèmes suivants :

- pour *Magnaporthe grisea*, agent de la pyriculariose du riz, la reproduction sexuée, jamais observée dans la nature, est réalisée depuis 2 ans *in vitro* au laboratoire.

- pour *Mycosphaerella musicola* et *M. fijiensis* la reproduction sexuée est fréquemment observée dans la nature mais,

celle-ci n'a jamais été obtenue en laboratoire. Cependant, les progrès obtenus, récemment à Montpellier, dans la culture du parasite et dans la réussite des inoculations confirmant l'aspect hétérothallique de ce parasite, permettent d'espérer des progrès : soit *in vitro* en améliorant les conditions de réalisation des confrontations, soit *in vivo* en réalisant des inoculations contrôlées de mélanges de couples de souches préalablement clonées.

Des hétérocaryons ont déjà été obtenus au laboratoire entre ces 2 espèces après anastomoses mais ceux-ci se sont révélés instables, sans doute parce que cette première étape d'échanges d'informations n'a pas été suivie par des recombinaisons mitotiques stables (travaux de LAVILLE et MONNIER). Ceci n'exclut pas les possibilités d'hybridation vraies entre les 2 espèces en plein champ par la voie sexuelle et que nous nous sommes proposés de démontrer soit *in vitro*, soit *in vivo*, après infections expérimentales.

Des périthèces ont été récemment obtenus en très grandes quantités après inoculation croisée sur plantules de bananiers de différentes souches de *M. fijiensis* clonées. Cependant des progrès restent à accomplir au niveau de la fertilité des croisements en recherchant notamment des couples de souches qui aient la meilleure aptitude spécifique à la reproduction sexuée. Le problème est beaucoup plus délicat *in vitro*. Mais déjà plusieurs croisements ont abouti à la formation de périthèces dans certaines conditions de culture (MOURICHON *et al.*, 1990). (photo 3).

- Etudes *in vitro* des populations inféodées aux bananiers.

L'utilisation de la chimiotaxonomie (étude des isoenzymes par électrophorèse) associée à l'étude des caractères morphologiques des souches et leur aptitude à la reproduction asexuée et sexuée sont des éléments qui permettent de différencier les différentes espèces entre elles, qu'elles soient pathogènes (*M. musicola*, *M. fijiensis*) ou non. Dans cette optique, il a été étudié en collaboration étroite avec le programme de Mme VAN DEN BERG en Martinique, la possibilité de discriminer les différentes populations présentes en Martinique sur bananiers.

Toutes les souches étudiées (22) ont été clonées monospore (elles présentent donc toutes un stade ascomycète). Il a été ensuite observé leur aptitude à la production de conidies (et leur morphologie) et à la production de périthèces dans le cas de souches homothalliques (faciès des ascospores). Toutes ces souches ont été comparées par électrophorèse en utilisant les estérases comme système enzymatique et ont été regroupées selon le profil des zymogrammes. Cinq groupes ont été ainsi constitués (tableau 3). L'espèce *M. musicola* est bien caractéristique : conidie typique *in vitro*, hétérothallisme. Deux autres espèces sont bien caractérisées :

- *M. minima* : taille et faciès caractéristiques des ascospores, homothallique, souches en général sensibles à 5 ppm de benomyl (BMC).

- *Cercospora* «non virulentum» : cette espèce déjà décrite par STOVER présente des conidies typiques granuleuses *in vitro*. Aucune forme sexuée n'avait été décrite. Celle-ci existe pourtant puisque ces isolats sont isolés par mono-

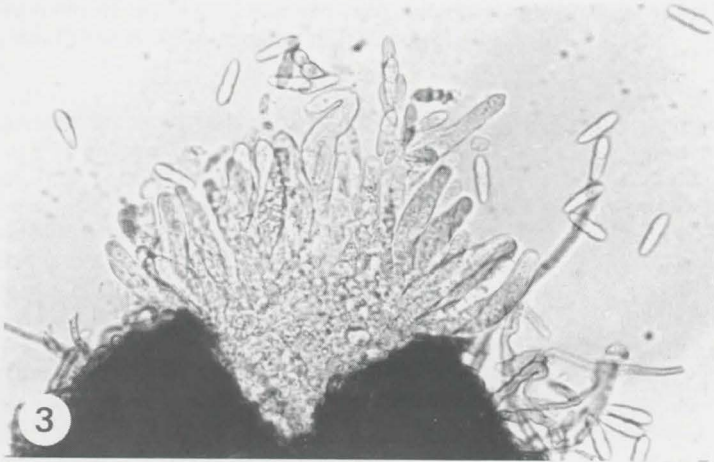


Photo 3 - Périthèce avec asques et ascospores obtenus *in vitro* après croisement de 2 isolats compatibles de *M. fijiensis*.

ascospore. Pas de périthèce observé *in vitro*. Toutes les souches testées sont résistantes à 100 ppm.

Deux autres groupes sont mis en évidence, tous deux homothaliques (ascospores 11-13  $\mu\text{m}$  de long). Dans l'un des deux, des conidies peuvent être observées avec une morphologie très différente de *M. musicola* et de «non virulentum». L'espèce *M. musae* appartient peut-être à l'un de ces groupes mais l'absence de souche de référence officielle rend difficile toute affiliation.

On comprend ainsi la grande difficulté rencontrée lors des études de population du type «monitoring» de résistance par l'observation des ascospores et les risques de confusion quasi-évidente entre l'espèce *M. musicola* et les autres populations d'ascospores (exceptée l'espèce *M. minima*). C'est pour cette raison que les suivis de population utilisent aujourd'hui, sur la base d'une méthodologie adaptée par VAN DEN BERG (1989) aux Antilles, la forme conidienne caractéristique de l'espèce *M. musicola*. Cette technique offre comme autre avantage de permettre un meilleur échantillonnage et une représentation sans doute plus rigoureuse de la population pathogène au champ.

**Biologie des interactions hôte-parasite.**

La mise au point de techniques d'inoculation expérimentale et la maîtrise de la production de matériel végétal par la voie *in vitro* a considérablement dynamisé les études

concernant les relations hôte-pathogène. Ces inoculations expérimentales sont aujourd'hui réalisées sans difficulté majeure soit, en condition contrôlée en laboratoire (photo 4) en zone de non production (Montpellier), soit en condition naturelle (IRA, Cameroun, IRFA Martinique). Elles permettent d'étudier avec plus de précisions certains aspects difficiles à aborder, jusqu'ici, sous une pression naturelle d'inoculum.

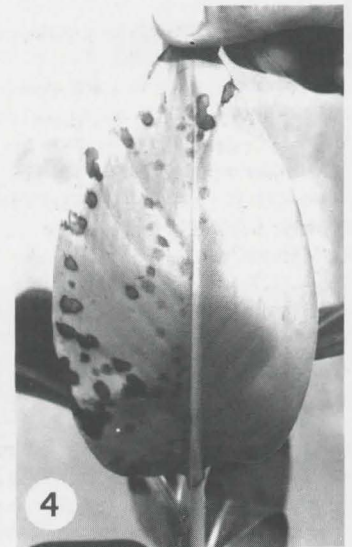


Photo 4 - Symptômes obtenus après inoculation expérimentale de *M. fijiensis* sur cv Grande Naine.

TABLEAU 3

<i>In vitro</i>		Type de zymogramme (estérases)		Niveau de résistance au BMC <i>in vitro</i>	
Conidies	Périthèces				
+	-	1	<i>M. f.</i>		
+	-	2	<i>M. m.</i>		populations Martinique
-	+	3	<i>M. minima</i>	S à 5 ppm	
+	(«n.v.»)	4	C. non virulentum	R à 100 ppm	
-	+	5	?		
+	+	6	?		

- Etude physio-pathologique de la résistance des bananiers au *M. fijiensis*.

Ce travail a été initié à Montpellier dans le cadre d'un DEA (A. BEVERAGGI) en 1987-1988. Il avait comme principal objectif de maîtriser parfaitement toutes les étapes permettant de réaliser, dans les meilleures conditions, l'inoculation expérimentale des bananiers, issue de culture *in vitro* par *M. fijiensis*. Cet objectif a été atteint en apportant des améliorations notables dans la technique même d'inoculation et la recherche des conditions optimales pour l'incubation et l'expression de la maladie.

Il a été montré, sur une gamme d'hôtes connus pour leur comportement vis-à-vis de la maladie au champ (les cv Grande Naine, Fougamou, Yangambi), la très bonne conformité de leur réaction après inoculation expérimentale avec *M. fijiensis*, tant au cours de la phase précoce de l'infection que lors des étapes qui succèdent à la pénétration stomatique et qui conduisent au développement des symptômes.

Ce résultat est très encourageant quant à l'utilisation des plantules *post vitro* comme matériel de sélection dans un programme d'amélioration génétique et également comme support à l'étude de la variabilité des différentes populations pathogènes.

Ainsi les 3 cultivars retenus dans cette étude, associés à une technique d'inoculation contrôlée constituent un bon modèle expérimental pour étudier certains aspects des interactions hôte-pathogène et notamment pour une recherche des facteurs explicatifs des différentes composantes de la résistance. Ce modèle a été utilisé pour initier un programme d'étude dont l'objectif était de mettre en évidence dans les 3 cultivars étudiés la présence éventuelle de composés fongitoxiques préformés pouvant expliquer en partie le comportement du cv. Fougamou qui se distingue du cv. sensible Grande Naine par un développement très lent des symptômes.

L'utilisation de tests biologiques en chromatographie couche mince et la mise au point d'un test de toxicité sur *M. fijiensis* ont permis de mettre en évidence une très forte fongitoxicité des extraits obtenus à partir des cv Fougamou et Yangambi comparée à celle obtenue à partir du cv sensible Grande Naine. Les quantités d'extraits nécessaires pour contrôler le développement du parasite *in vitro* (soit 5 à 10 mg de matière fraîche pour 100 µl de milieu) sont très proches, voire même inférieures, à celles citées déjà comme phytoncides dans la littérature sur d'autres plantes hôtes.

Ces premiers résultats vont être complétés par des recherches plus approfondies sur tissus sains et orientées notamment vers des analyses de nature qualitative.

Toutefois, le comportement particulier du cv. Yangambi (blocage des premiers stades de l'infection) comparé à celui du cv Fougamou ne peut s'expliquer par la seule existence de ces composés fongitoxiques mis en évidence dans ces extraits. Ces composés préformés ne doivent être considérés ici que comme une composante éventuelle de la résistance (dans ce modèle tout au moins) associé à d'autres mécanismes tels que ceux mis en place au cours de l'interaction hôte-parasite, comme par exemple :

- augmentation au cours de l'infection de composés pré-existants déjà dans l'hôte mais à des concentrations non toxiques ;

- élicitation par l'agent pathogène de la synthèse de nouveaux composés toxiques du type Phytoalexines ;

- détoxification des médiateurs chimiques du parasite de nature enzymatique (pectinases, cellulases, hemicellulases ...) ou toxique, médiateurs chimiques dont le rôle dans le pouvoir pathogène est actuellement étudié.

Ce travail se poursuit dans le cadre d'une thèse au laboratoire de Phytopathologie à Montpellier.

- Etude cytologique des interactions.

Le modèle H-P décrit précédemment a été utilisé pour initier une étude sur les interactions à l'échelle cellulaire. Ce travail a également été effectué dans le cadre d'un DEA (Mlle PICHARD) dans le laboratoire de Cytologie et Morphogénèse végétale de l'Université Pierre et Marie Curie de Paris VI (projet CEE/DG XII) en relation étroite avec le laboratoire de Montpellier (SALLE *et al.*, 1989).

- Etude sur les médiateurs chimiques toxiques.

Ce travail, mené au laboratoire de Pathologie végétale de la Faculté agronomique de Gembloux (projet CEE-DG XII) s'intègre aux recherches décrites précédemment. Les principaux objectifs recherchés concernent l'étude des médiateurs toxiques sécrétés par les *Mycosphaerella* spp., de leur rôle dans le pouvoir pathogène et des possibilités de leur utilisation dans un programme d'amélioration génétique comme agent de pression de sélection (sur cals, cellules isolées ...).

Ces recherches actuellement en cours emploient une méthodologie déjà utilisée et développée dans ce laboratoire sur une autre espèce de *Cercospora* (*C. beticola*).

D'autres travaux importants concernant l'étude des interactions H-P sont actuellement en cours au Cameroun (E. FOURE, IRA, Nyombé). Ils portent notamment sur l'étude des phases précoces de l'infection (contamination, pénétration, ...) en relation avec les principaux facteurs du climat, après inoculation expérimentale avec les deux espèces de *Mycosphaerella* (une première partie de ce travail a déjà été publié dans la revue FRUITS).

- Sensibilité variétale.

Nous ne reviendrons pas sur les résultats déjà obtenus au Cameroun et qui se poursuivent notamment par l'étude du comportement d'un nombre de plus en plus important de cultivars introduit à l'IRA-Nyombé vis-à-vis de *M. fijiensis*. Signalons toutefois que des niveaux de résistance très prononcés ont été relevés sur de récentes introductions lesquelles feront l'objet d'études plus approfondies par E. FOURE (cf. Doc. R.A.).



Photo 5 - Traitement par avion d'une bananeraie contre la cercosporiose.

TABLEAU 4

**Matières actives homologuées (France)**

Triazoles	Propiconazole	(Tilt)	100 g m.a./ha
	Flusilazole	(Punch)	100 g m.a./ha
	Hexaconazole	(Anvil)	150 g m.a./ha
	Triadimenol	(Bayfidan)	100 g m.a./ha
Morpholines	Tridemorphe	(Calixine)	300 g m.a./ha
Benzimidazoles	Benomyl	(Benlate)	150 g m.a./ha
	Carbendazime	(Bavistine)	150 g m.a./ha
		(Derosal) (Rhoduil)	
	Methylthiophanate (Peltis)		240 g m.a./ha

**Matières actives à l'étude ou en cours d'homologation.**

Triazoles	LS 880263 (Rhône-Poulenc)		
	Diniconazole (SUMI 8 - Sumitomo)		
	Fenetrazole (FOLICUR - Bayer)		
Pyrimidines	Pyrazophos (AFUGAN - Hoechst)		
Pyridines	Pyrifenox (DORADO - Quinoléine)		
Morpholines	Fenpropimorphe (CORBEL - Quinoléine)		

Concernant le problème de sensibilité variétale, une attention toute particulière est portée aujourd'hui sur la sensibilité des plantains au *M. musicola*, observée au Cameroun mais également dans d'autres zones de productions comme la Colombie et la République Dominicaine par exemple. Ce comportement atypique des Plantains vis-à-vis de *M. musicola*, décrit en détail par FOURE et LES-COT (1988), a été mis en évidence sur tous les plateaux de l'Ouest Cameroun (au-dessus de 700 m environ d'altitude).

- en dessous de 300 m d'altitude tous les plantains sont apparemment sains. Entre 500 et 800 m des symptômes typiques de *M. musicola* sont observables mais les attaques très sévères sont relevées, surtout en premier cycle, entre 800 et 1 300 m d'altitude [il n'est pas rare d'observer des PJFN (Plus Jeune Feuille Nécrosée) voisines de 3,5 avant floraison, et parfois aucune feuille saine à la récolte].

Deux hypothèses sont avancées pour expliquer le comportement particulier des plantains vis-à-vis de *M. musicola* :

1. présence d'une nouvelle race de *M. musicola* ayant acquis des caractéristiques propres à une augmentation du pouvoir pathogène (avec éventuellement des températures optimales de développement adéquat en zone d'altitude). Dans ce cas, on serait en présence d'un phénomène de dérive génétique de l'espèce *M. musicola*.

2. diminution en région d'altitude des capacités de résistance de la plante hôte, à savoir une diminution de facteurs ou composantes de nature physiologique connus pour avoir un rôle important dans les mécanismes de résistance.

Ce comportement atypique de l'espèce *M. musicola* doit être pris en compte avec beaucoup d'attention car il constitue une réelle menace pour les plantains et les bananiers du groupe Pome (Cameroun). Cela est d'autant plus fâcheux que ces zones d'altitudes apparaissent, semble-t-il peu propices au développement de *M. fijiensis* (conditions limitantes pour cette espèce, moins grande compétitivité par rapport à *M. musicola* dans ces conditions particulières ?). Ce problème a été en partie traité par M. MOULIOM PEFOURA dans le cadre d'un DEA effectué dans le laboratoire de Phytopathologie IRFA de Montpellier (MOULIOM PEFOURA et MOURICHON, 1990).

La sensibilité des différents cultivars peut être étudiée, comme cela est réalisé aujourd'hui, par l'étude de leur comportement en plein champ sous une pression naturelle d'inoculum. Ces dispositifs de terrain pourraient être allégés compte tenu de la maîtrise des inoculations expérimentales précoces et conformes. Un premier screening pourrait permettre de cibler rapidement les génotypes intéressants avant confirmation de leur comportement au champ. Il est nécessaire pour cela que soit établi entre les différents partenaires (généticiens, améliorateurs, pathologistes) un protocole qui prenne en compte les possibilités de chacun dans le cadre d'un schéma de sélection pour la résistance aux Cercosporioses. Signalons que dès à présent le laboratoire de phytopathologie de l'IRA-Nyombé est prêt à s'investir en partie dans cette voie. Il constitue en effet un site privilégié pour cette sélection en offrant la possibilité d'expérimenter avec les deux espèces de *Mycosphaerella*.

#### Le point sur le contrôle des Cercosporioses.

##### • Les principales matières actives étudiées.

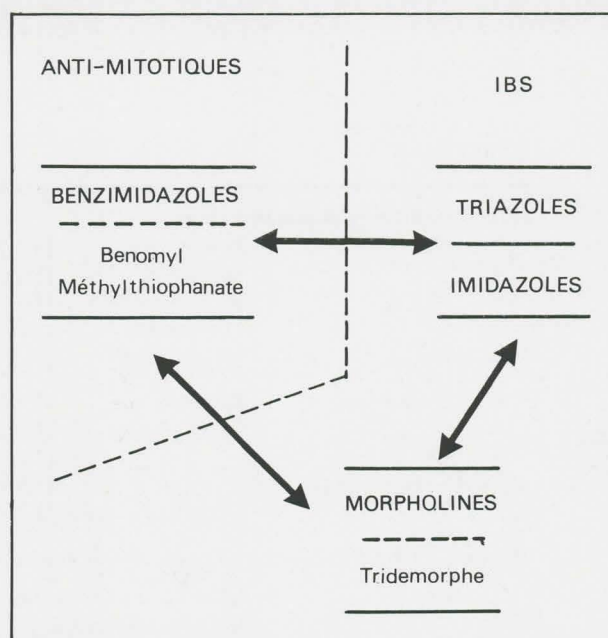
Il n'y a pas beaucoup de nouveautés parmi les fongicides expérimentés. Les «triazoles» représentent certainement le groupe le plus étudié et qui intègre des matières actives proposées par la plupart des sociétés phytosanitaires (tableau 4). Si seulement trois d'entre elles (propiconazole, flusilazole et hexaconazole) sont homologuées, les autres (diniconazole, triadimenol) seront très prochainement proposées à la commission. D'autres matières actives sont à l'étude, elles ont été retenues de par leur mode d'action différent de celui des triazoles dans l'optique de pouvoir les utiliser dans le cadre d'un programme d'alternance.

Signalons que des expérimentations sont en cours en Côte d'Ivoire sur l'intérêt d'utiliser le triadimenol en application au sol, dans l'optique bien particulière de conférer à des vitroplants une protection la plus longue possible après plantation (applications au cours du sevrage ou après plantation en zones fortement contaminées). Mis à part cette approche de nature expérimentale, il nous semble évident que les objectifs qui avaient été fixés lors des études sur l'efficacité du bayfidan, à savoir l'intervention sur plantains en plantations villageoises, sont aujourd'hui repris dans un cadre élargi aux plantations industrielles de bananiers. Nous l'avons constaté dans certaines zones de production d'Amérique latine mais c'est également le cas dans des plantations industrielles en Afrique de l'Ouest où il n'est pas rare que des traitements sur grandes surfaces soient réalisés à l'initiative des planteurs mais surtout à la suite d'actions incitatives de la part de la société phytosanitaire

intéressée. Nous ne reviendrons pas sur le danger d'une utilisation abusive de ce type de traitement, rappelons que celle-ci est très favorable à la sélection de races résistantes, de nature à remettre en cause la stratégie actuelle basée en grande partie sur l'utilisation des triazoles.

##### • Stratégie d'utilisation des matières actives.

Le choix des fongicides dans le cadre d'une stratégie d'alternance doit tenir compte à la fois des matières actives homologuées et disponibles localement, de la pression parasitaire et de la structure des populations pathogènes (résistance). On ne peut guère s'écarter aujourd'hui encore du schéma traditionnel «Inhibiteurs de la biosynthèse des stérols (IBS)»/benzimidazoles. Compte tenu des deux modes d'action différents parmi les IBS les programmes d'alternance peuvent utiliser diversement les trois composantes suivantes :



L'expérience montre qu'il est préférable de limiter l'usage du tridemorphe aux périodes plutôt défavorables à la maladie. L'utilisation des benzimidazoles doit prendre en compte les résultats d'analyse des niveaux de résistance relevés au champ.

Le point sur les différentes huiles utilisées : actuellement, 4 spécialités commerciales sont disponibles :

Sprayban (BP)  
 Linex (Mecanoil)  
 Prorex 37 (Mobil)  
 Spraytex (Texaco)

Les trois premières sont assez voisines quant à leurs caractéristiques physico-chimiques leur conférant l'activité fongistatique nécessaire et une faible phytotoxicité (voir également documents sur expérimentations de différentes huiles rédigés par E. TERNISIEN à l'occasion de la réunion).



Des expérimentations sont actuellement en cours en Martinique (E. TERNISIEN) et au Cameroun (E. FOURE) d'une part pour étudier l'impact des traitements huileux sur la physiologie des bananiers et d'autre part pour analyser les propriétés de nouvelles huiles non minérales siliconées (comme la Baysilone) ou paraffiniques de synthèse (Isohexadecan).

● Résistance aux fongicides, techniques de monitoring.

Le choix des fongicides va dépendre des niveaux de résistance mis en évidence *in vitro*. Cela concerne actuellement les populations de *M. musicola* résistantes aux benzimidazoles. Nous avons précisé précédemment la méthodologie utilisée aux Antilles (VAN DEN BERG-LORIDAT, 1989). De même au Cameroun, un suivi systématique de la population de *M. fijiensis* est réalisé sur un rythme bisannuel à titre préventif puisqu'aucune résistance n'y a encore été décelée. Ces études de populations portent à la fois sur les benzimidazoles et les triazoles. Les stratégies d'alternance (voir document Cameroun, E. FOURE), mis en place au Cameroun (utilisation des fongicides en «blocs» de 4/5) devraient éviter tout risque de dérive de la population actuelle (au moins dans un avenir rapproché).

● Amélioration des méthodes d'évaluation de la maladie.

Le seul fait nouveau important dans ce domaine concerne l'amélioration apportée dans la méthode d'observation de la maladie des raies noires décrite par E. FOURE (1988). Il est en effet pris en compte, désormais pour le calcul de l'état d'évolution, un facteur «quantitatif» représentatif de la pression d'inoculum. Cet aspect est très important compte tenu des modalités de réinfestation précoce et des risques de nécroses en plages de jeunes feuilles. Cette amélioration devrait rendre encore plus performant l'avertissement biologique contre l'espèce *M. fijiensis*.

● Mise en place de réseaux d'observation - Avertissement biologique.

Notre département a acquis une maîtrise certaine dans ce domaine et cela dans des conditions écologiques et des contextes socio-professionnels très différents (Antilles, Afrique). L'avertissement sur des bases biologiques est totalement opérationnel pour les deux cercosporioses, au Cameroun sur *M. fijiensis* (cf. Doc. R.A. E. FOURE) et aux Antilles sur *M. musicola*. Il est en phase de développement aujourd'hui en Côte d'Ivoire. On doit noter que ces zones de production ont en commun 2 caractéristiques importantes :

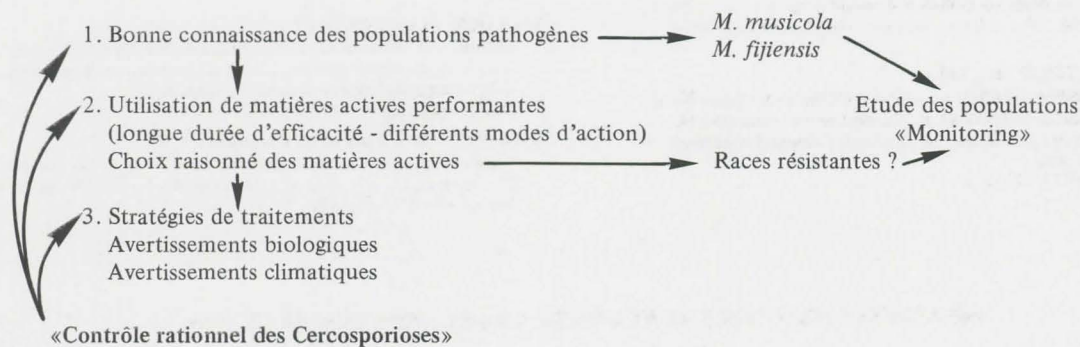
- leur surface, de 4 000 à 7 000 ha environ,
- des systèmes de culture analogues.

Dans ces conditions seulement, notre savoir faire est indéniable et nous permet aujourd'hui de proposer puis de développer des systèmes de lutte rationnelle dans de nouvelles zones bananières analogues (le meilleur exemple étant celui de la Côte d'Ivoire (cf. Doc. R.A. D. KERMARREC).

Cela est moins vrai dans d'autres contextes.

Le département IRFA est depuis deux ans environ sollicité par un certain nombre de structures professionnelles latino-américaines (contrat PNB/IRFA-CIRAD en Equateur ; UPEB/IRFA-CIRAD pour différents pays membres de l'UPEB ; IRFA/CATIE) et, il est envisageable de penser que de nouvelles actions de recherche-développement seront très prochainement initiées dans le cadre de la maladie des raies noires sur ce continent.

Il appartient donc de réfléchir aux méthodologies à adopter devant des situations inhabituelles et d'étudier comment utiliser dans un nouvel environnement les acquis techniques basés sur les trois composantes suivantes :



Si les points 1 et 2 sont aisément transposables d'un lieu à un autre, il n'en est pas moins vrai qu'un certain nombre

de facteurs limite l'usage du «système» sans adaptation préalable et, même plus, sans recherches complémentaires.

## PUBLICATIONS DU DEPARTEMENT IRFA (depuis 1988)

- BEVERAGGI (A.). 1988.**  
Contribution à l'étude physiopathologique de la résistance des Bananiers et Plantains au *Mycosphaerella fijiensis* (maladie des raies noires).  
Utilisation d'un modèle expérimental hôte-parasite.  
DEA, USTL, Montpellier.
- BUREAU (E.). 1989.**  
Adaptation of a forecasting system to control Black Sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis*) in a traditional smallholding of plantains in Panama.  
Workshop on Sigatoka leaf spot diseases, San José, Costa Rica, INIBAP.
- BUREAU (E.). 1989.**  
Black and Yellow banana Sigatoka control.  
A few remarks concerning disease observation method applied in the framework of the forecasting.  
Workshop on Sigatoka leaf spot disease, San José, Costa Rica, INIBAP.
- ESCALANT (J.V.). 1989.**  
Using tissue culture techniques for plantain new varieties production and early screening against Black Sigatoka.  
Workshop on Sigatoka leaf spot disease, San José, Costa Rica, INIBAP.
- FOURE (E.), TERNISIEN (E.) et MOURICHON (X.). 1988.**  
Control of Sigatoka and Black leaf streak diseases in Banana with Diniconazole.  
5th. Int. Cong. Plant Pathology, August 20-27, Kyoto.
- FOURE (E.). 1988.**  
Stratégie de lutte contre la cercosporiose noire des bananiers et des plantains provoquée par *Mycosphaerella fijiensis* MORELET. L'avertissement biologique au Cameroun.  
Evaluation des possibilités d'amélioration.  
Fruits, 43 (5), 269-274.
- FOURE (E.). 1988.**  
Activités comparées de différentes molécules fongicides sur *Mycosphaerella fijiensis*, agent de la maladie des raies noires des Bananiers et Plantains au Cameroun.  
Fruits, 43 (1), 15-19.
- FOURE (E.). 1988.**  
Efficacités comparées du pyrazophos et du triadimenol sur *Mycosphaerella fijiensis* lors de traitements sur grandes surfaces.  
Fruits, 43 (3), 143-147.
- FOURE (E.). 1989.**  
Contribution to genetic control of banana and plantains Sigatoka leaf spot in Cameroon.  
Studies on varietal susceptibility.  
Early inoculation trials on plantlets produced by *in vitro* culture.  
Workshop on Sigatoka leaf spot diseases, San José, Costa Rica, INIBAP.
- FOURE (E.) et LESCOT (T.). 1988.**  
Variabilité génétique des *Mycosphaerella* inféodées au genre *Musa*. Mise en évidence de la présence au Cameroun sur bananiers et plantains d'une cercosporiose (*M. musicola*) au comportement pathogène atypique.  
Fruits, 43 (7-8), 407-415.
- FOURE (E.) et MOULIOM PEFOURA (A.). 1988.**  
La cercosporiose noire des bananiers et plantains au Cameroun. Contribution à l'étude des premières phases de l'infection parasitaire.  
Fruits, 43 (6), 339-348.
- MOULIOM PEFOURA (A.) et FOURE (E.). 1988.**  
Efficacités comparées de différentes formulations de triadimenol appliquées au sol sur *M. fijiensis*.  
Evaluation des possibilités de lutte en milieu paysan.  
Fruits, 43 (4), 201-210.
- MOULIOM PEFOURA (A.) et MOURICHON (X.). 1990.**  
Développement de *Mycosphaerella musicola* (maladie de Sigatoka) et *M. fijiensis* (maladie des raies noires) sur bananiers et plantains.  
Etude du cas particulier des productions d'altitude.  
Fruits, 45 (1), 17-24.
- MOURICHON (X.), BEVERAGGI (A.), RICHARD (V.) et SALLE (G.). 1988.**  
Host parasite relation in Banana and Plantain leaves disease caused by *Mycosphaerella fijiensis* (Black leaf streak).  
5th Int. Cong. Plant Pathology, August 20-27, Kyoto.
- MOURICHON (X.), BEVERAGGI (A.) et SALLE (G.). 1989.**  
Preformed substances as potential protectants against *Mycosphaerella fijiensis* in banana leaves.  
Workshop on Sigatoka leaf spot diseases, San José, Costa Rica, INIBAP.
- MOURICHON (X.) et FULLERTON (R.A.). 1990.**  
Geographical distribution of the two species *Mycosphaerella musicola* LEACH (*Cercospora musae*) and *M. fijiensis* MORELET (*C. fijiensis*), respectively agents of Sigatoka and Black leaf streak diseases in Bananas and Plantains.  
Fruits, (en préparation).
- MOURICHON (X.), ZAPATER (M.F.) et BIVIGOU (Y.). 1990.**  
Obtention *in vitro* du stade *Mycosphaerella fijiensis*, forme parfaite de *Cercospora fijiensis*.  
(en préparation).
- SALLE (G.), PICHARD (V.) et MOURICHON (X.). 1989.**  
Cytological study of interaction between *Mycosphaerella fijiensis* and three cultivars of *Musa* presenting different levels of resistance.  
Workshop on Sigatoka leaf spot disease, San José, Costa Rica, INIBAP.
- TEZENAS DU MONTCEL (H.). 1989.**  
The susceptibility of various cultivated bananas to Sigatoka diseases  
Workshop on Sigatoka leaf spot diseases, San José, Costa Rica, INIBAP.
- VAN DEN BERG-LORIDAT (Johanna). 1989.**  
Méthode de surveillance des populations de *Mycosphaerella musicola*, devenant plus ou moins résistantes aux fongicides utilisés dans les bananeraies martiniquaises.  
Fruits, 44 (11), 599-602.
- VAN DEN BERG-LORIDAT (Johanna). 1989.**  
Etude de la fréquence et du niveau de résistance des populations de *Mycosphaerella musicola* aux benzimidazoles, en Martinique.  
Fruits, 44 (12), 649-654.

## DOCUMENTS PRESENTES AU COURS DE LA REUNION ANNUELLE 1989

- 68 - BUREAU (E.).  
Adaptation d'un système d'avertissement à la lutte contre la cercosporiose noire (*M. fijiensis*) en plantation de Bananes plantain au Panama.
- 72 - de LAPEYRE (L.).  
Les avertissements *Cercospora* en Guadeloupe.  
Evolution 1985-1989.
- 17 - KERMARREC (D.).  
Mise en place de l'avertissement *Cercospora* en Côte d'Ivoire.
- 18 - FOURE (E.).  
Les différentes formes de cercosporioses inféodées au genre *Musa* au Cameroun.
- 19 - La lutte intégrée contre la cercosporiose noire des Bananiers au Cameroun.
- 20 - Contribution à la lutte génétique contre les cercosporioses des Bananiers et Plantains au Cameroun.
- 55 - TERNISIEN (E.).  
Etude de la phytotoxicité de différentes huiles utilisées en traitement phytosanitaire sur bananier.  
Le point sur l'efficacité de différentes matières actives sur *Mycosphaerella musicola*.