

# Avertissement biométéorologique pour lutter contre la cercosporiose noire en plantations de banane plantain au Costa Rica

Thierry Lescot\*  
Hervé Simonot  
Olivier Fages  
Jean-Vincent Escalant  
Cirad-FIhor/IICA, Saint-Domingue,  
République dominicaine

## Developing a biometeorological forecasting system to control the leaf spot disease of plantains in Costa Rica.

**Abstract — Introduction.** A biometeorological forecasting system has been perfected in Costa Rica to control the leaf spot disease or Sigatoka disease caused by the fungus *Mycosphaerella fijiensis* Morelet. After being experimentally tested, this method, which takes into account one climatic factor (the accumulative duration of rain), and/or a biological factor (the infection level in plantain leaf 4), needed to be tested and confirmed under actual production conditions on plantain-growing plots (the *Musa* AAB plantain). **Materials and methods.** The biometeorological forecasting system was tried on four selected sites representative of different plantain cultivated areas in Costa Rica while observing closely the plant condition and the quality of their crops. **Results.** The results obtained confirmed the validity of the system; the disease was efficiently controlled, and the number of fungal treatments was fewer than the number of treatments used with other traditional control methods. **Discussion.** The experiment revealed limits of the recommended method on a technical and economic level, aspects that producers do not always master. **Conclusion.** By significantly limiting the number of yearly treatments, this technique reduces the cost of integrated control against leaf spot disease. However, only an export-oriented production with an appropriate technical framework could overcome the difficulties imposed by the use of this technique. Only the establishment of producer cooperatives would provide such a framework (© Elsevier, Paris).

Costa Rica / *Musa* (plantains) / plant diseases / agricultural forecasting system

## Avertissement biométéorologique pour lutter contre la cercosporiose noire en plantations de banane plantain au Costa Rica.

**Résumé — Introduction.** Une méthode d'avertissement bioclimatique a été mise au point au Costa Rica pour lutter contre la cercosporiose noire ou maladie des raies noires du bananier (MRN), due à *Mycosphaerella fijiensis* Morelet. Jusqu'à présent testée en conditions expérimentales, cette méthode, basée sur la prise en compte d'un seul facteur climatique : la durée cumulée des pluies, et/ou d'un facteur biologique : degré d'infection des plants, devait être validée en milieu réel sur des parcelles de production de bananier plantain (*Musa* AAB). **Matériel et méthodes.** Quatre sites représentatifs des différentes zones de culture du plantain au Costa Rica, utilisant la technique d'avertissement biométéorologiques, ont été choisis ; l'état sanitaire des plants et la qualité de leur production ont été suivis. **Résultats.** Les résultats obtenus ont permis de confirmer la validité du système d'avertissement proposé ; un contrôle satisfaisant de la maladie a été réalisé avec un nombre réduit de traitements fongicides par rapport au contrôle effectué traditionnellement. **Discussion.** La validation a mis en évidence des limites d'utilisation de la technique préconisée, touchant certains aspects techniques et économiques non systématiquement maîtrisés par les producteurs. **Conclusion.** La technique permet de réduire considérablement le nombre de traitements annuels, et donc le coût de la lutte intégrée contre la MRN. Cependant, son application rigoureuse est confrontée à des contraintes qui ne peuvent être contournées que dans le cadre d'une production orientée vers l'exportation, bénéficiant d'un bon encadrement technique. Seul le regroupement en coopératives peut permettre aux producteurs de bénéficier d'un tel encadrement (© Elsevier, Paris).

Costa Rica / *Musa* (plantains) / maladie des plantes / avertissement agricole

\* Correspondance et tirés à part

Reçu le 7 avril 1997  
Accepté le 26 août 1997

Fruits, 1998, vol. 53, p. 3–16  
© Elsevier, Paris

RESUMEN ESPAÑOL, p. 16

## 1. introduction

La banane plantain (*Musa*, génotype AAB) est une culture essentielle et un produit de base pour l'alimentation d'une grande partie des populations des zones intertropicales humides [1].

La production annuelle mondiale, estimée à environ 29 Mt [2, 3], est localisée principalement en Afrique et dans les zones latino-américaine et caraïbe. Une faible part seulement de cette production – environ 0,6 % – est commercialisée sur le marché mondial, principalement à destination des États-Unis et de l'Europe, le reste est destiné aux consommations domestiques nationales ; la demande tant nationale qu'internationale étant en augmentation, la production de plantain conserve un potentiel de croissance intéressant.

La maladie des raies noires (MRN) provoquée par *Mycosphaerella fijiensis* Morelet est, actuellement, un des principaux facteurs limitant la production du bananier plantain dans la plupart des zones de production [4, 5]. En Amérique latine, la maladie a été identifiée pour la première fois en 1972 au Honduras ; elle a atteint, aujourd'hui, la plupart des zones de production, entraînant :

- une diminution des rendements et de la qualité des récoltes [6],
- la disparition de plantations ou/et la délocalisation de plantations traditionnelles,
- la diminution, voire la disparition, dans un premier temps, des productions vouées à l'exportation [7, 8], la réorganisation, ensuite, des systèmes de production aboutissant, souvent, à une utilisation massive de fongicides,
- l'augmentation des coûts de production.

Cette maladie menace aujourd'hui fortement l'Arc antillais.

Au Costa Rica, pays qui exporte près de 15 % de sa production [9], les producteurs de plantain sont généralement des petits producteurs indépendants ou organisés en coopératives ; ils sont,

actuellement, durement confrontés à la baisse de rendement de leurs productions et de la qualité des fruits, due au développement de la maladie des raies noires. Certaines pratiques culturales sont aptes à diminuer l'incidence de la maladie, mais seule la lutte chimique, bien que très onéreuse, permet un contrôle suffisamment efficace pour obtenir la qualité requise pour l'exportation.

Envisagés dans le cadre d'une lutte raisonnée, voire intégrée, contre la maladie, les systèmes d'avertissement permettent :

- une réalisation planifiée et opportune des traitements chimiques,
- une réduction des coûts de production,
- le maintien d'un état sanitaire satisfaisant des plantations,
- un meilleur respect de l'environnement [10].

Différentes recherches ont été menées dans la région atlantique du Costa Rica afin d'étudier les relations existant entre certaines variables météorologiques et le développement de la maladie des raies noires sur le bananier plantain [11]. Elles ont permis d'établir un système d'avertissement biométéorologique reposant sur deux paramètres : une variable épidémiologique, ou biologique, basée sur la lecture hebdomadaire du degré d'infection de la feuille de rang 4 de la plante, et une variable climatique calculée à partir de la durée cumulée des pluies durant les 4 premières des 6 semaines précédant la lecture « biologique ». Cette méthode permet de prévoir l'évolution de la maladie 2 semaines avant les observations au champ.

L'étude présentée a eu pour objectif la validation du système d'avertissement biométéorologique mis au point expérimentalement, et son transfert en milieu paysan – petits producteurs, coopératives paysannes, etc. – dans des conditions réelles de production. Elle a été conduite de 1994 à 1996 au Costa Rica,

dans le cadre d'une coopération entre les équipes de recherche du Cirad-Flhor et du Catie, et a bénéficié de l'appui financier du ministère français des Relations extérieures.

Cette action de vulgarisation des techniques de contrôle « intégré » de la maladie des raies noires, qui a concerné, notamment, le transfert du système d'avertissement biométéorologique, a été conduite chez des producteurs alimentant aussi bien le marché local que celui de l'exportation. Pour ce marché d'exportation, le principal acheteur et exportateur de plantain – Bandeco de la Standart Fruit Co. – impose aux producteurs une norme de qualité basée, d'une part, sur l'aspect et les dimensions du fruit, et, d'autre part, sur un nombre minimal de 7–8 et 4–5 feuilles saines présentes sur la plante, respectivement, à la floraison et à la récolte.

## 2. matériel et méthodes

### 2.1. rappel des techniques de contrôle de la cercosporiose noire

#### 2.1.1. matériel végétal

La principale variété de banane plantain exportée appartient au groupe des plantains de type « Faux-corne » ; elle est appelée « Curare » au Costa Rica, « Hartón » en Colombie, « Baraganete » en Équateur, « Cuerno » ou « Macho » dans d'autres pays de la zone.

#### 2.1.2. pratiques culturales

Pour la grande majorité des producteurs, les pratiques culturales n'ont pas d'impact sur le taux d'infection des parcelles.

Plusieurs techniques culturales simples ont toutefois été utilisées afin de minimiser l'incidence de la maladie et son expansion au sein de la parcelle ;

celles-ci visent à diminuer la pression de l'inoculum qui se trouve dans les nécroses des feuilles et de limiter les conditions d'humidité qui favorisent fortement le développement de la maladie ; ces mesures concernent :

- la réalisation de l'effeuillage du plant : cela consiste à couper les feuilles nécrosées tous les 10 à 12 d<sup>1</sup> en période pluvieuse ou tous les 15 à 20 d en période sèche et à éliminer les pointes nécrosées des feuilles,
- la mise en œuvre d'un bon drainage,
- le contrôle de l'enherbement,
- le contrôle de la densité lors des plantations, replantations et opérations d'œilletonnage.

Toutes ces mesures sont associées à une bonne fertilisation et à un contrôle de l'infestation des plantes par les principaux autres parasites – nématodes et charançons, en particulier. En effet, des études menées actuellement dans la zone cafetière centrale de Colombie tendent à montrer l'influence positive de la nutrition sur la tolérance de la plante à la maladie.

#### 2.1.3. contrôle chimique

L'itinéraire technique proposé aux producteurs pour la lutte chimique contre la maladie des raies noires est le suivant :

- utilisation de produits systémiques, indispensables dans la stratégie d'avertissement du fait de leur durée d'action (*tableau 1*) ; les traitements sont réalisés au moins tous les 22 d, ce qui permet d'observer leur efficacité [12] ;
- traitement à faible volume : 13 à 15 L·ha<sup>-1</sup> de mélange avec de l'huile minérale pure [13] ;
- alternance des produits, ou familles de produits, fongicides – benzimidazoles, triazoles, morpholines, etc. – afin d'éviter l'apparition de résistances, comme cela a été largement observé en plantations industrielles de bananes dessert avec le benomyl et, plus récemment, avec le propiconazole [14].

---

<sup>1</sup> d = day : unité recommandée pour « jour ».

**Tableau I.**

Coûts et dose d'utilisation des principaux fongicides utilisés pour lutter contre la maladie des raies noires, en culture du bananier plantain au Costa Rica (en juillet 1996 : 1 US\$ = 210 colones).

Produit commercial	Prix (US\$:L <sup>-1</sup> )	Dose utile (L:ha <sup>-1</sup> )	Coût (US\$:ha <sup>-1</sup> )
Bavistine	Non connu	0,30	Non déterminé
Baycor	35,35	0,40	14,14
Benlate	20,00	0,28	5,60
Bumper	47,60	0,40	19,00
Calixin	28,60	0,60	17,14
Tilt	47,60	0,40	19,00
« Coctel » (mangozeb + émulsifiant + triazol)	–	–	20,00

### 2.1.4. l'avertissement biométéorologique

Habituellement, les décisions de traitements se font de manière calendaire à un intervalle arbitraire de 20 à 30 d ; les applications sont souvent aléatoires et soumises aux disponibilités des produits chimiques, des huiles, et des avions, la priorité étant souvent donnée aux bananeraies industrielles (50 000 ha dans la zone).

Le système d'avertissement biométéorologique fonctionne sur la base de deux critères [10] :

- le critère biologique qui permet d'évaluer le degré d'infestation de chaque parcelle,
- le critère météorologique constitué par la durée cumulée des précipitations, qui sert de référence pour toute une zone climatique.

Le critère biologique repose sur la lecture de la somme brute de la feuille de rang 4 (SBF4) établie selon l'échelle de Fouré [15] modifiée par Ternisien [16]. Chaque semaine, le niveau d'infection de la feuille de rang 4 (NIF4) est déterminé sur dix plantes représentatives de la parcelle d'une superficie de 0,25 à 2 ha, selon son degré d'homogénéité, en s'appuyant sur les données d'une table de coefficients ; la somme des coefficients relevés pour les dix plantes est comparée à celle de la semaine antérieure.

Le critère météorologique consiste à calculer, durant les 6 semaines – soit 42 d – précédant la lecture du NIF4, la durée cumulée de pluies (DCP), critère se rapprochant de la durée d'humectation de la feuille qui est le principal facteur favorisant l'infection, mais qui s'avère difficilement quantifiable. Une première durée cumulée des pluies journalières est calculée à l'aide des bandes hebdomadaires d'un pluviographe du premier au vingt-huitième jour inclus (DCP1), puis du huitième au trente-cinquième jour inclus (DCP2) et, enfin, du quinzième au quarante-deuxième jour inclus (DCP3).

La décision d'une nouvelle application fongique ne peut intervenir avant que 3 semaines, au moins, ne se soient écoulées depuis le précédent traitement ; cela permet de laisser un temps maximal au produit pour agir. Cette décision intervient lorsque l'une des deux conditions suivantes est réunie :

- soit le NIF4 a augmenté d'au moins 200 unités par rapport au NIF4 de la semaine précédente,
- soit la valeur de la DCP2 dépasse celle de la DCP1 d'au moins 5 h et celle de la DCP3 est elle-même supérieure à la DCP2 de 5 h ou plus.

## 2.2. méthodologie

Afin de pouvoir valider le système d'avertissement biométéorologique dans les conditions réelles de production du



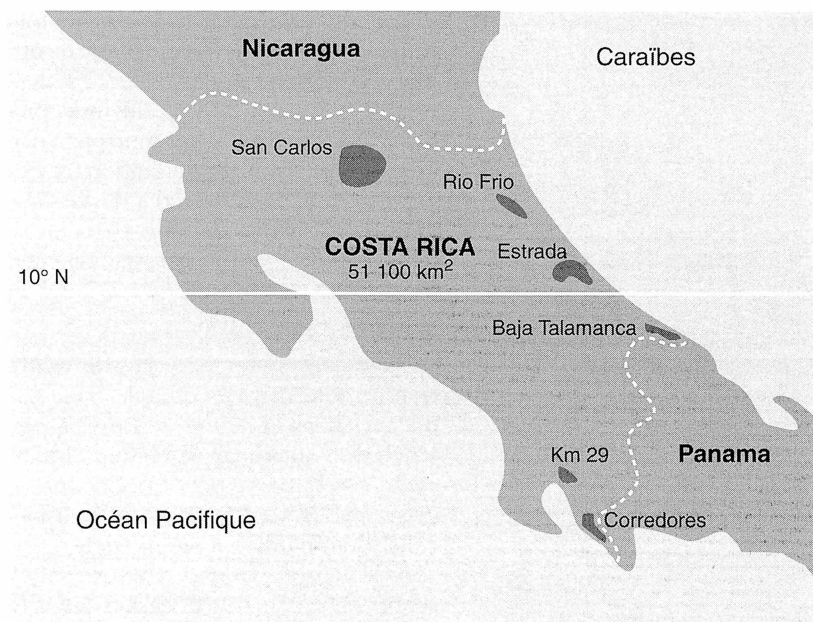
plantain au Costa Rica, quatre sites représentatifs des différentes zones de production du pays ont été choisis (figure 1). Ces zones, soumises à des conditions climatiques légèrement différentes, notamment pour la pluviométrie, sont toutes situées dans la région centrale et offrent, en général, des conditions pédoclimatiques propices à la culture du bananier plantain.

Sur deux des quatre sites, une évaluation du niveau d'infestation (NIF4) a pu être réalisée sur une parcelle témoin voisine du site expérimental. Sur un troisième site, seul le nombre de traitements ainsi que certaines données économiques de plusieurs parcelles non soumises à l'expérimentation ont pu être relevés.

### 2.2.1. région Huetar, sur la côte atlantique

Le site 1 a concerné certaines plantations d'une coopérative de petits producteurs – Coopepalacios R.L. – située dans la zone de Estrada, canton de Matina, dans la province de Limon. L'expérimentation a porté sur 7 ha cultivés pour un marché d'exportation, appartenant à quatre producteurs. Les sols sont de type alluviaux, du fait de la proximité de la rivière Chirripo, et de textures diverses. La pluviométrie est de 3 000 à 4 000 mm par an. Près de 1 000 ha sont plantés dans la zone, dont 450 sont exploités pour l'exportation. La pression de la maladie des raies noires y est importante.

Le site 2 a été choisi dans la zone basse de Talamanca, à l'extrême sud-est du pays, à la frontière du Panama. La superficie de production du plantain y est estimée à près de 1 500 ha, dont près de 250 ha sont destinés à l'exportation. Les caractéristiques du sol sont proches de celles décrites pour la région précédente, bien que la pression d'inoculum et la pluviométrie y soient moins fortes. Les parcelles sont, en revanche, plus regroupées ; parmi elles, une parcelle de 0,50 ha destinée à l'ex-



**Figure 1.** Carte du Costa Rica montrant l'emplacement des quatre sites choisis pour étudier la validation du système d'avertissement biométéorologique, dans des conditions réelles de production du plantain.

portation a été choisie pour valider l'avertissement.

Le site 3 a été localisé sur la parcelle de « Finca 1 » à Rio Frio (0,25 ha destiné au marché local), dans la province de Heredia. C'est une zone de production anciennement vouée à l'exportation, dont l'activité, orientée actuellement vers la production nationale, a beaucoup diminué du fait de l'incidence de la maladie des raies noires. Les parcelles sont de tailles très variables et très dispersées. La pluviométrie annuelle, de 4 000 mm environ, est bien répartie sur toute l'année.

### 2.2.2. région de Huetar Nord : canton de San Carlos, province de Alajuela

Le site 4 a été choisi dans la région de Huetar nord qui était la principale zone de production de banane plantain au Costa Rica, avant l'arrivée de la maladie des raies noires. Au début des années quatre-vingt, près de 3 000 ha furent abandonnés et arrachés pour freiner la progression de la maladie vers l'Atlantique [17]. Depuis, la production de banane plantain a beaucoup dimi-

nué dans cette zone, mais la proximité du marché nicaraguayen pourrait être une opportunité pour relancer l'activité régionale. La zone reçoit des précipitations de plus de 3 500 mm par an et l'ensoleillement est plus important que dans la province d'Heredia. L'avertissement a été suivi sur une parcelle de 0,5 ha orientée vers l'approvisionnement du marché local, localisée à la Vega de Florencia à San Carlos.

Quelques autres parcelles de validation ont été établies dans la zone sud du pays dans la région de Brunca, province de Puntarenas, Pacifique Sud, au sein des coopératives « Coopecobi » et « Asoprobita » à Rio Claro, et une parcelle a été étudiée à Santa Lucia. Cette zone a la particularité d'avoir une saison sèche marquée qui nécessite un système d'irrigation durant la période sèche. Le marché local dont disposent ces coopératives est assez exigeant, ce qui justifie l'application de traitements contre la maladie des raies noires et le gainage des régimes. Cependant, faute d'un suivi expérimental suffisant, les résultats obtenus n'ont pas été suffisamment fiables pour les prendre en compte dans la synthèse de cette étude.

### 2.3. validation et transfert technologique

Dans le cadre du transfert et de la vulgarisation d'un système de contrôle intégré de la MRN, l'objectif principal a été de valider le système d'avertissement – donc de vérifier la fiabilité des critères de décision – et de sensibiliser un nombre maximal de personnes concernées – vulgarisateurs et agriculteurs – en s'assurant de la pérennité de l'utilisation de ces techniques de contrôle de la maladie.

Pour la partie « transfert technologique », deux méthodologies distinctes ont été employées.

1. Une formation de vulgarisateurs du ministère de l'Agriculture et de l'Éle-

vage (MAG), aptes à pouvoir, ensuite, mener eux-mêmes le transfert et la vulgarisation de ces techniques.

2. Une formation directe d'agriculteurs appartenant à des coopératives ou à des associations de producteurs de banane plantain, dont la production est destinée au marché local ou à l'exportation.

À San Carlos et à Rio Frio, deux parcelles du service de « Contrôle intégré des parasites » (MIP) du MAG ont été établies dès 1994 et suivies grâce au concours d'un agronome du programme conjoint MIP-GTZ<sup>1</sup> du département de Protection végétale du MAG. La variété naine du Faux-corne, localement appelée « Currare enano », a été utilisée à cause de ses propriétés agronomiques intéressantes : port bas et bonne production. Une densité de plantation de 1 600 plants par hectare, effectuée en double ligne : 1,3 × 2,5 × 4 m, a été préconisée pour sensibiliser les agriculteurs à des densités plus élevées que celles de 800 à 1 000 plants par hectare traditionnellement pratiquées, mais également pour augmenter la production à l'hectare et faciliter les pratiques culturales de traitements fongicides, effeuillage, fertilisation, etc. Sur ces deux sites, deux parcelles témoins ont pu être mises en place selon le même itinéraire technique, mais elles n'ont pas reçu d'application fongicide.

À la coopérative Coopepalacios, la validation du système d'avertissement a été menée sur Faux-corne grâce à la collaboration de deux agents de la coopérative formés à l'utilisation de ces techniques. Au sein de l'association des petits producteurs de Margarita (Talamanca), un agriculteur a été formé pour appliquer le système au contrôle d'une petite parcelle.

Les pluviographes utilisés au cours de ces expérimentations ont été répartis dans les différentes zones de validation. Quatre d'entre eux ont été mis à notre disposition par le programme MIP-GTZ

<sup>1</sup> La GTZ, Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit, est une société allemande dont les activités s'inscrivent dans le cadre de la coopération technique.

du département de Protection végétale du MAG et un cinquième nous a été prêté par le Catie.

### 3. résultats

#### 3.1. transfert de technologie

Si la présentation et la validation des techniques de contrôle intégré contre la MRN ont retenu fortement l'attention des agriculteurs concernés et des agents d'évaluation du ministère, le suivi des expérimentations a été très différent d'un cas à l'autre. Deux raisons principales peuvent être proposées pour expliquer cela :

- différentes restructurations internes du ministère de l'Agriculture ont contrarié la continuité des actions menées et ont nui à la motivation des responsables locaux ;

- certains petits producteurs, travaillant de manière isolée, ont eu des difficultés à suivre et à bien appliquer les recommandations techniques d'avertissement biométéorologique, soit par manque de connaissances de base, soit par manque de temps disponible pour effectuer correctement les contrôles, soit par manque d'organisation.

À partir d'octobre 1995, le mode opératoire d'application du système a donc dû être redéfini et les actions d'appui recentrées. Cependant, malgré ces quelques difficultés, certains aspects de l'opération, portant, notamment, sur la formation d'agriculteurs et la vulgarisation des techniques de contrôle intégré et d'avertissement, ont pu être menés à terme. Ainsi :

- vingt-cinq agents d'extension des régions Huetar Nord et atlantique ont été formés et savent utiliser les techniques décrites précédemment,
- trente agents de la région Pacifique sud ont été sensibilisés à ces méthodes,
- dix agriculteurs soit indépendants, soit appartenant aux principales coopératives, ont été également réceptifs à ces méthodes et certains d'entre eux la pratiquent actuellement.

Ce travail a permis, ensuite, à ces agents sensibilisés aux méthodes d'avertissement, d'organiser plusieurs journées d'information qui ont touché une centaine d'agriculteurs.

#### 3.2. validation de l'avertissement biométéorologique

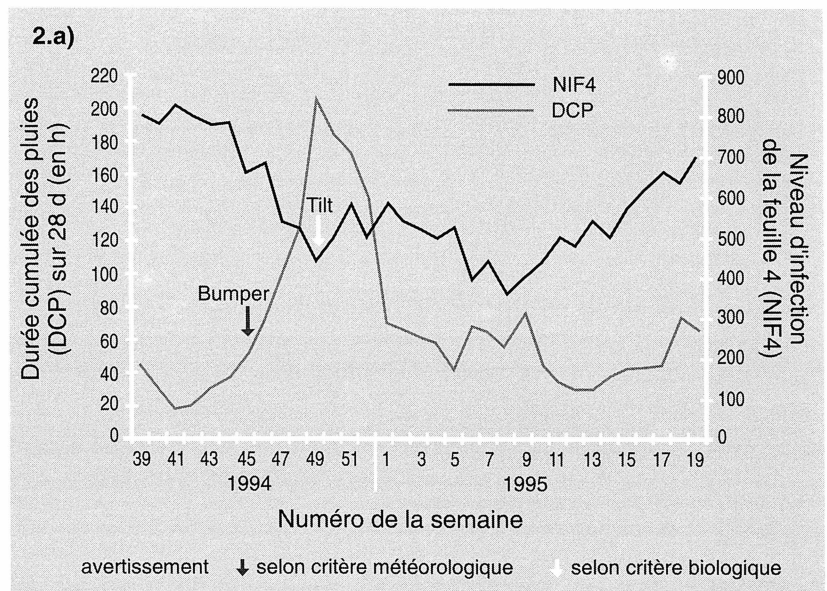
Dans les différentes zones où l'avertissement a été vulgarisé et validé – sauf dans la région de Brunca où le suivi n'a pu être réalisé correctement –, les résultats ont été très intéressants tant pour la réduction du nombre d'applications que pour la mise en évidence de l'importance du facteur climatique face au facteur biologique. Dans certains cas, il a fallu ajuster les règles de prise de décision.

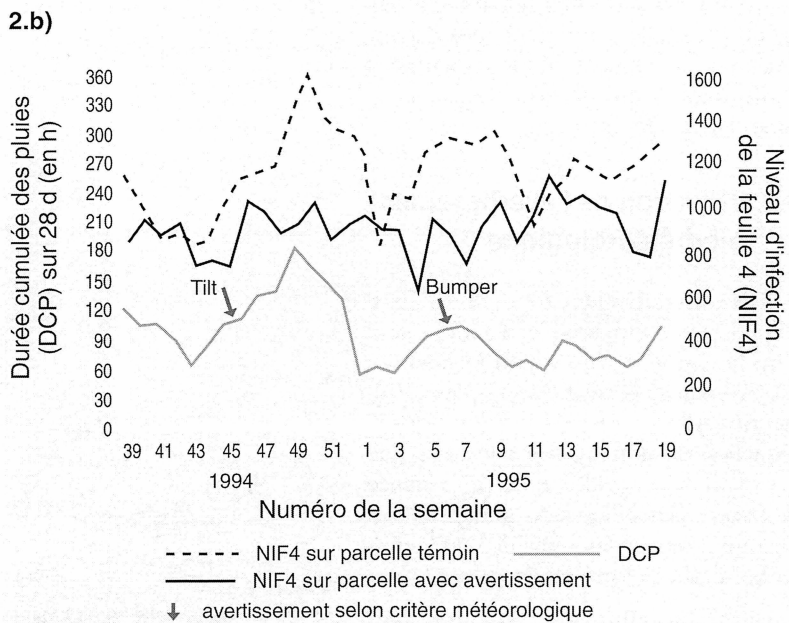
Sur l'ensemble des parcelles étudiées, quatre comportements différents de la plante face à la maladie ont pu être mis en évidence.

Dans la zone de Talamanca, où les époques pluvieuses et sèches sont bien marquées, ainsi que dans la zone de Rio Frio, le contrôle a été efficace. Seulement deux traitements ont été nécessaires pour maintenir un NIF4 relativement constant (*figure 2.a*) et satisfaisant :

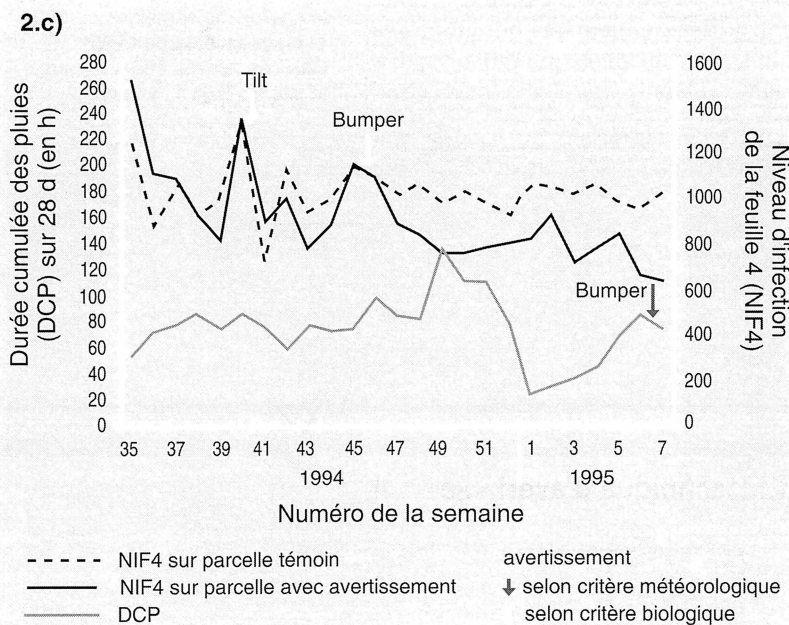
**Figure 2.a.**

Évolution du paramètre biologique du niveau d'infection de la feuille de rang 4 du bananier par la maladie des raies noires (NIF4), en fonction des traitements fongiques effectués et des variations de la durée cumulée des pluies (DCP) mesurée durant les 6 semaines précédant la lecture du NIF4 (Costa Rica, durant les dernières semaines de 1994 et les premières de 1995). Cas des relevés effectués sur le site de Beja Talamanca.





**Figure 2.b.** Même légende que pour la *figure 2.a*. Cas des relevés effectués sur le site de Rio Frio.



**Figure 2.c.** Même légende que pour la *figure 2.a*. Cas des relevés effectués sur le site de San Carlos.

plus de neuf feuilles saines à la floraison et de quatre à la récolte et fruits de bonne qualité avec environ 2,2 régimes par carton exporté, ce qui est un bon rapport. Les deux critères de déclenchement des traitements – le critère météorologique DCP et le critère biologique NIF4 – ont été utilisés l'un après l'autre.

À Rio Frio, il n'y a pas eu de différence de poids de régime entre la parcelle témoin et celle traitée, 7,1 kg en moyenne, ce qui correspond à des résultats de production peu satisfaisants, mais le nombre de feuilles saines à la floraison et à la récolte a été satisfaisant (*figure 2.b*). Dans cette expérimentation, les applications de fongicides ont été faites sur la seule base du critère climatique, à la suite de deux augmentations successives de la DCP.

Dans la zone nord (zone de San Carlos), les variations du NIF4 ont été importantes (*figure 2.c*). La pression d'inoculum a été forte et le nombre de feuilles saines a toujours été inférieur à celui fixé pour l'exportation. Trois traitements ont été appliqués parmi lesquels deux ont été déclenchés à partir du critère biologique (NIF4) et le troisième a été provoqué par le critère climatique (DCP). Sur ce site, la corrélation entre les deux critères n'a pu être mise en évidence. Dans ce cas, un ajustement des règles de prise de décision est donc nécessaire.

Le dernier type de comportement a été obtenu dans la zone centrale de la côte Atlantique, où est localisée la coopérative Coopepalacios (zone d'Estrada). Six applications annuelles ont été nécessaires pour bien contrôler la maladie en 1994/1995 (*figure 2.d*) ; parmi ces traitements, trois ont été déclenchés en appliquant le critère météorologique, deux ont été consécutifs à la mesure du NIF4 et le sixième a été déterminé par la prise en compte simultanée des deux critères DCP et NIF4. Cette zone a reçu des précipitations importantes, notamment durant ces dernières années, et les résultats sont satisfaisants, puisque, en moyenne,

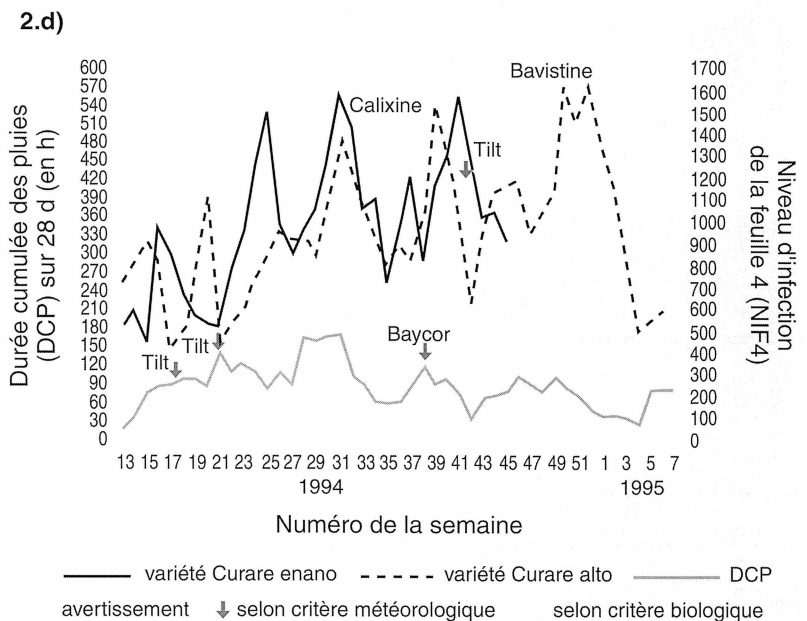
dans cette zone, c'est entre 12 et 16 traitements fongiques qui sont habituellement appliqués annuellement en l'absence d'avertissement biométéorologique. Les données de ce suivi nous serviront de référence pour l'étude de la validité économique du système d'avertissement (tableau II).

Compte tenu des résultats obtenus, les membres de la coopérative ont été convaincus de l'efficacité de l'avertissement pour le contrôle de la MRN et de son intérêt économique. Actuellement, plus de 25 ha sont gérés sur avertissement et le responsable de la coopérative compte étendre cette technique dans un premier temps sur 50 ha, puis sur la totalité des parcelles de la coopérative, soit sur près de 270 ha. Il dispose d'un agent qui, pratiquant depuis plus de 2 ans la technique, est apte à vulgariser le systèmes auprès des planteurs rattachés à la coopérative et auprès de cultivateurs indépendants, dans le cadre d'un programme national de vulgarisation encadré par le MAG.

### 3.3. suivi et durabilité du système d'avertissement

À cette date, seule la coopérative Coopepalacios utilise le système d'avertissement préconisé et tend à élargir la surface des parcelles ainsi contrôlées. En complément de l'étude technique qui vient d'être présentée, il était donc important d'étudier l'impact socio-économique de la méthode, afin de mesurer les limites de son application et sa durabilité.

En effet, si les différents cas d'applications étudiés démontraient la validité technique du système d'avertissement biométéorologique, il se posait le problème de la durabilité de son application et de la mise au point de son suivi chez les petits et moyens producteurs. Une validation économique apparaissait, ainsi, être un élément complémentaire à prendre en compte pour juger de l'efficacité du système.



## 4. discussion

### 4.1. intérêt d'un traitement à faible volume

L'utilisation d'un atomisateur à dos permettant d'appliquer, par hectare, 13 L de mélange d'une huile minérale pure et d'un fongicide (figure 3) a été très bien acceptée dans toutes les zones. Auparavant, la technique consistait à utiliser jusqu'à 60 L·ha<sup>-1</sup> d'un mélange d'eau et d'huile, ce qui se traduisait par un coût d'application important. Grâce, notamment, à l'instauration de la lecture du paramètre NIF4, nous avons pu démontrer l'efficacité de la technique préconisée moins onéreuse.

### 4.2. technique d'avertissement

Le système d'avertissement biométéorologique testé en conditions réelles de culture du plantain a donc montré son efficacité pour contrôler de la MRN. Cependant, certains ajustements apparaissent nécessaires dans certaines zones.

Figure 2.d.

Même légende que pour la figure 2.a. Cas des relevés effectués sur les plantations de la coopérative Coopepalacios R.L. (zone de Estrada). À noter qu'aux semaines 19 et 39, du fait de la prise en compte du critère météorologique, il n'y a pas eu de traitement sur critère biologique, alors qu'il y avait des valeurs élevées de NIF4.



**Tableau II.** Bilan économique de l'avertissement biométéorologique, effectué de 1992 à 1996, à partir d'une étude des coûts liés au traitement contre la maladie des raies noires sur plantain, chez des petits producteurs du Costa Rica.

Analyse des coûts	Coûts en US\$·ha <sup>-1</sup> en culture traditionnelle : 800 régimes·ha <sup>-1</sup> ·an <sup>-1</sup> sans traitement fongicide	Coûts en US\$·ha <sup>-1</sup> en culture d'exportation : 1 000 régimes·ha <sup>-1</sup> ·an <sup>-1</sup> avec traitements fongicides
Coûts fixes	0	Atomiseur à dos <sup>1</sup>
Main-d'œuvre pour le traitement		12,7
Main-d'œuvre pour les banderoles	2	0
Huile de mélange (12 L·ha <sup>-1</sup> )	5,7	5,7
Total coûts fixes par traitement	Avion : 11,5 Hélicoptère <sup>2</sup> : 16,5	18,4
Total coûts fixes annuels (dont lecture de l'avertissement = 20\$·ha <sup>-1</sup> ·an <sup>-1</sup> )	Sans avertis. biométéo. (12 à 14 trait. par an) : 230,4 à 268,8 Moy. avion : 249 Moy. hélico : 315	Sans avertis. biométéo. (12 à 14 trait. par an) : 220,8 à 257,6 Moy. : 239
Fongicides pour un cycle annuel, avec rotation de produits	12 trait. par an : 205,1 14 trait. par an : 243,1 Moy. : 224	Avec avertis. biométéo. (4 à 7 trait. par an) : 98,6 à 148,8 Moy. : 121
Coût total moyen de production (pour l'exportation : 1 000 US\$ en plus du contrôle cerco)	700	1 513
Produit d'exploitation	900 <sup>3</sup>	2 902
Bénéfices nets	200	1 389

<sup>1</sup> dont l'amortissement d'un pluviographe (1 300 US\$) et de l'achat de l'atomiseur (400 US\$).

<sup>2</sup> prix moyen à l'hectare, calculé pour de petites surfaces ; sur de grandes surfaces, ce prix peut être divisé par 2.

<sup>3</sup> calculé sur la base de 50 % de la production vendue à 1,43 US\$ par régime et 50 % vendue à une moyenne de 0,83 US\$, en fonction du nombre de doigts du régime.

<sup>4</sup> calculé sur la base de 450 caisses de 23,5 kg chacune, vendues à la parcelle 6 US\$ l'unité, plus 10 % de la production vendue en caisse sur le marché national à 4,5 US\$ l'unité.

Dans le cas de la parcelle témoin de Rio Frio (*figure 2.b*), nous avons observé que la courbe de variation du NIF4 de la parcelle témoin suivait la courbe de variation de la DCP ; cela est cohérent avec les observations de Jimenez et al. [11] qui avaient mis en évidence une corrélation entre le NIF4 et la DCP mesuré en bananeraie sur une durée de 28 d.

C'est à la coopérative de Coopepalacios (*figure 2.d*) que l'étude a pu être menée le plus longtemps et de manière la plus complète. La courbe illustre le caractère préventif de la DCP : aux semaines 19 et 39, du fait de la prise en compte du critère météorologique, il n'y a pas eu de traitement, alors qu'il y avait des valeurs élevées de NIF4.

Dans deux zones très pluvieuses – à San Carlos et à Rio Frio –, nous aurions pu légitimement nous attendre à un nombre important de traitements annuels. Seuls quatre traitements ont été réalisés, mais le nombre de feuilles saines à la récolte a été peu satisfaisant. Dans ce cas, il serait donc nécessaire d'ajuster les règles de prise de décision pour prendre en compte, principalement, la forte pression d'inoculum au champ. Ainsi, la valeur critique de l'augmentation du NIF4, qui est considérée comme critère de décision biologique, devra être abaissée de la valeur 200 à celle maximale de 180.

### 4.3. validation économique

Les premiers résultats qui viennent d'être discutés confirment la validation technique du système d'avertissement biométéorologique ; cependant, ils mettent également en évidence plusieurs problèmes liés au transfert du système et à son acceptation durable en milieu paysan.

Pour un certain nombre de raisons techniques, il apparaît que la technique d'avertissement biométéorologique proposée ne peut être appliquée que par des exploitations dont la production est exportée. En effet, les plantations qui alimentent le seul marché local peuvent



**Figure 3.**

Atomiseur à dos, utilisé pour le traitement contre la maladie des raies noires, permettant d'appliquer  $13 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$  de mélange d'une huile minérale pure et d'un fongicide.

difficilement assumer les frais occasionnés par l'emploi d'intrants chimiques, a fortiori fongiques dans le cas de la MRN, étant donné les prix offerts pour ce marché de proximité : moins de 2 US\$ pour un régime vendu localement au lieu des 2,7 US\$ proposés pour un régime exporté. D'autre part, ces petites exploitations agricoles ne peuvent pas, non plus, consacrer suffisamment de temps aux pratiques culturales nécessitées par l'application de la technique, et leurs structures ne permettent pas de mettre en place une organisation suffisante pour la pratique et le suivi durable du système d'avertissement. Il serait envisageable, dans ce cas, qu'un technicien formé puisse apporter un appui à ce type d'exploitation, soit en conduisant lui-même l'avertissement, soit en assurant l'observation des symptômes au champ, la lecture du pluviographe et l'analyse finale des résultats.

Le système d'avertissement biométéorologique est-il rentable économiquement, pour les autres exploitations ?

Une étude a été menée à la coopérative de Coopepalacios où il était possible de suivre les données de production et celles d'exploitation (*tableau II*).



Il s'agissait de comparer les coûts du contrôle habituel de la MRN tel qu'il est pratiqué en cultures d'exportation – à raison de 12 à 14 traitements par an en moyenne – et ceux du contrôle préconisé par l'avertissement biométéorologique – quatre à sept traitements par an en moyenne. Les résultats de cette étude ont été obtenus en extrapolant les données réelles dont nous disposons. Les coûts du système de culture traditionnelle, sans aucun traitement fongicide, ont été choisis comme élément de référence de cette analyse économique.

Dans la description et l'analyse des coûts fixes du contrôle de la MRN, nous avons également voulu comparer les coûts des deux principaux moyens de traitement des parcelles qui se font :

- par voie aérienne ; il y a alors la prise en charge de la location du service par avion ou, plus récemment, par hélicoptère,

- par atomiseur à dos, appareillage le plus utilisé en production de plantain, notamment dans les petites parcelles.

Étonnamment, les coûts fixes imputables au traitement par hectare effectué par voie aérienne s'avèrent presque équivalents à ceux faits par atomiseur à dos ; cela peut être expliqué par le coût important de la main-d'œuvre requise pour les applications faites à l'atomiseur, alors que, au contraire, la quantité de main-d'œuvre qui a été nécessaire au balisage des passages aériens tend à disparaître avec l'emploi de plus en plus généralisé du système GPS (global position system : appareil utilisant des satellites géostationnaires permettant de connaître le positionnement de l'avion et de la parcelle à traiter). En outre, les coûts présentés ont été extrapolés à partir de ceux obtenus sur de petites surfaces. En fait, les traitements aériens étant facturés en temps de vol, des économies d'échelle peuvent être réalisées lors d'un regroupement parcellaire – cas des coopératives de producteurs, par exemple –, ce qui revient à réduire de près de la moitié le coût du service avion. L'hélicoptère qui commence à s'introduire dans la zone, est actuelle-

ment plus cher mais cette différence de prix pourrait être compensée par une meilleure efficacité des traitements du fait d'une vitesse de passage plus lente.

En divisant par deux, en moyenne, le nombre de traitements fongicides – 4–7, au lieu de 12–14 –, l'avertissement biométéorologique réduit donc, dans le même rapport, le coût total du contrôle de la cercosporiose noire. En prenant en compte le coût de main-d'œuvre supplémentaire nécessaire par la lecture de l'avertissement, cela permet de dégager une économie annuelle de près de 250 US\$·ha<sup>-1</sup>, en moyenne, et aboutit à un bénéfice net annuel d'environ 1 385 US\$·ha<sup>-1</sup>. À titre de comparaison, la culture traditionnelle ne permet de dégager, en moyenne, qu'un bénéfice net annuel de 200 \$·ha<sup>-1</sup>, ce qui ne permet pas d'envisager, dans ce cas, l'utilisation de la technique d'avertissement biométéorologique (*tableau II*).

L'avertissement biométéorologique permet de réduire de près de 16 % le coût de la lutte chimique qui, sans l'utilisation de cette technique, représente environ 35 % des coûts de production : la rentabilité économique de la technique d'avertissement, dans le cadre de productions vouées à l'exportation, est donc indéniable et les investissements parfois importants nécessités par l'adoption de la méthode – coût des pluviographes, par exemple – sont très rapidement amortis, notamment lors du regroupement des producteurs en coopératives.

## 5. conclusion

La validation de la technique d'avertissement biométéorologique en milieu réel a permis de confirmer la forte corrélation, mise en évidence à l'issue d'études préliminaires, entre l'évolution de la maladie des raies noires et la durée de pluies reçues pendant les 6 semaines précédant la lecture de cette évolution. Cette technique permet de

réduire considérablement le nombre de traitements annuels, et donc le coût de la lutte intégrée contre la MRN.

Cependant, l'application rigoureuse de cette technique n'est pas à la portée de tous les producteurs. En effet, des contraintes d'ordre technique – utilisation d'un pluviographe, lecture et transcription des bandes hebdomadaires produites par cet appareil – et économique – coût, même minimal, des traitements – ont été mises en évidence ; elles ne peuvent être contournées que dans le cadre d'une production orientée vers l'exportation, car les marges de rentabilité sont, alors, suffisamment élevées pour supporter le coût des traitements. En outre, un bon encadrement technique est nécessaire. Or, dans la majorité des cas au Costa Rica, aussi bien que dans la plupart des pays des zones latino-américains ou caraïbe, seul le regroupement en coopératives efficaces peut permettre aux producteurs de bénéficier d'un encadrement de qualité.

En définitive, cette étude montre comment la vulgarisation des résultats de la recherche agronomique peut être parfois difficile à mettre en œuvre dans le contexte d'une culture traditionnelle de base, lorsqu'il s'agit de faire adopter des solutions efficaces et durables face au contrôle d'une maladie grave.

## remerciements

Les auteurs remercient la direction de la Coopération scientifique et technique du ministère français des Affaires étrangères pour son appui financier et logistique durant plusieurs années, ainsi que M. Armando Foster, administrateur de la coopérative de producteurs de plantain (Coopepalacio), et le Ministerio de Agricultura y Ganaderia du Costa Rica qui ont permis, par leur soutien, le développement de cette étude.

## références

- [1] Lescot T., Culture de la banane plantain et durabilité des systèmes de production, in : Cirad / ministère de la Coopération (éd.), Actes du séminaire sur la fertilité du milieu et stratégies paysannes sous les tropiques humides, Cirad, Montpellier, France, 1995, pp. 419–426.
- [2] FAO, La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture, Agriculture, collection FAO, Rome, Italie, 1995, 306 p.
- [3] INIBAP, Annual Report, Montpellier, France, 1994, 56 p.
- [4] Fouré E., Moreau A., Contribution à l'étude épidémiologique de la cercosporiose noire dans la zone bananière du Moungo au Cameroun de 1987 à 1989, *Fruits* 47 (1992) 3–16
- [5] Marín D., Romero R., El combate de la Sigatoka negra, Corbana, Boletín No 4, San José, Costa Rica, 1992, 22 p.
- [6] Grisales F., Aspectos generales sobre Sigatoka negra : *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis* en el cultivo del plátano en Colombia, *Agronomía* 3 (1987) 30–32.
- [7] Stover R.H., Effet du Cercospora noir sur les plantains en Amérique centrale, *Fruits* 38 (1983) 326–329.
- [8] Bustamente M., Impact du Cercospora noir sur la production du plantain au Honduras, *Fruits* 38 (1983) 330–332.
- [9] MAG, Producción y exportación de plátano, Sepsa, San José, Costa Rica, 1996, 1 p.
- [10] Jimenez F., Études agrométéorologiques appliquées à la lutte contre la Sigatoka noire (*Mycosphaerella fijiensis*) du bananier plantain (*Musa AAB*), thèse de doctorat, Institut national agronomique Paris-Grignon, Paris, France, 1994, 129 p.
- [11] Jimenez F., Tapia A.C., Gribuis N., Escalant J.V., Relation entre la durée de pluie et le développement de la cercosporiose noire sur le bananier plantain. Proposition d'un système d'avertissement biométéorologique, *Fruits* 50 (1995) 87–99.
- [12] Fouré E., Stratégies de lutte contre la cercosporiose noire des bananiers et plantains provoquée par *Mycosphaerella fijiensis* Morelet. L'avertissement biologique au Cameroun. Évaluation des possibilités d'amélioration, *Fruits* 43 (1988) 269–274.

- [13] Bureau E., Adaptation d'un système d'avertissement à la lutte contre la cercosporiose noire (*Mycosphaerella fijiensis*, Morelet) en plantation de banane plantain au Panama, *Fruits* 45 (1990) 329–338.
- [14] Romero C.R., Sensibilidad de *Mycosphaerella fijiensis*, agente causal de Sigatoka negra, a los fungicidas benomil y propiconazole, Corbana, Informe Anual 1994, San José, Costa Rica, 1995, pp. 45–46.
- [15] Fouré E., Études de la sensibilité variétale des bananiers et des plantains à *M. fijiensis* Morelet et de quelques caractéristiques biologiques de la maladie des raies noires au Gabon, *Fruits* 39 (1984) 365–378.
- [16] Ternisien E., Les cercosporioses des bananiers et plantains. Méthodes de lutte – avertissements. Perspectives au Cameroun, Enith, mémoire de fin d'études, 1985, 210 p.
- [17] CINDE, Informe anual. San José, Costa Rica, 1992, 51 p.

---

### Previsión biometeorológica para luchar contra la Sigatoka negra en los platanos costarricenses.

**Resumen — Introducción.** Se ha puesto a punto en Costa Rica un método de previsión bioclimática para combatir la Sigatoka negra o estría negra de la hoja del banano, ocasionada por el hongo *Mycosphaerella fijiensis* Morelet. Este método, que tiene en cuenta un factor climático: la duración acumulada de la lluvia, y un factor biológico: el nivel de infección en la hoja 4, sólo se había probado en condiciones experimentales y debía validarse en parcelas de producción de plátanos (*Musa* AAB). **Material y métodos.** Se seleccionaron cuatro lugares representativos de las diferentes zonas de cultivo del plátano en Costa Rica que utilizaban la técnica de previsión biometeorológica, se efectuó un seguimiento del estado sanitario de las plantas y la calidad de su producción. **Resultados.** Los resultados obtenidos han permitido confirmar la validez del sistema de previsión propuesto; se ha llevado a cabo un control satisfactorio de la enfermedad con un número reducido, comparado con los controles efectuados tradicionalmente, de tratamientos fungicidas. **Discusión.** La validación ha evidenciado una serie de límites de utilización de la técnica prescrita relativos a ciertos aspectos técnicos y económicos que no son sistemáticamente dominados por los productores. **Conclusión.** La técnica permite una considerable reducción del número de tratamientos anuales y, consiguientemente, se reduce también el coste de la lucha integrada contra la Sigatoka negra. Sin embargo, su correcta aplicación se halla confrontada a ciertos inconvenientes que sólo pueden salvarse en el ámbito de una producción destinada a la exportación que cuente con un buen personal dirigente técnico. Sólo mediante la agrupación en cooperativas podrán los productores sacar provecho de dicha coordinación técnica (© Elsevier, Paris).

Costa Rica / *Musa* (platanos) / enfermedades de las plantas / avisos agrícolas