

Etude de la microflore fongique et des nématodes associés aux nécroses de l'appareil souterrain du bananier en Martinique.

Mise en évidence du pouvoir pathogène du genre *Cylindrocladium*.

Ph. LORIDAT*

STUDY OF THE FUNGAL MICROFLORA AND NEMATODES ASSOCIATED WITH NECROSIS OF THE UNDERGROUND PARTS OF THE BANANA PLANT IN MARTINIQUE.

Evidencing of the pathogenicity of the *Cylindrocladium* genus.

Ph. LORIDAT.

Fruits, Nov. 1989, vol. 44, n° 11, p. 587-598.

ABSTRACT - The efficiency of the root system of the banana plant is often limited by soil parasites, mainly nematodes and fungi.

In Martinique, the underground system of the plant has been seen to degrade more quickly in recent years and this has led to a drop in output which is particularly noticeable under intensive monoculture.

The parasite complex has been studied in various pedo-climatic areas on the island. The distribution of the main species inventoried is given for each area.

The main two pathogens found are a nematode (*Radopholus similis*) and a fungus (*Cylindrocladium* sp.). *Cylindrocladium* is a new genus of fungi to be described on bananas. Its pathogenicity is found to be high after experimental inoculation in controlled conditions.

The incidence of these parasites seems to be related to cultural factors and the physico-chemical properties of the soils.

ETUDE DE LA MICROFLORE FONGIQUE ET DES NEMATODES ASSOCIES AUX NECROSES DE L'APPAREIL SOUTERRAIN DU BANANIER EN MARTINIQUE.

Mise en évidence du pouvoir pathogène du genre *Cylindrocladium*.

Ph. LORIDAT.

Fruits, Nov. 1989, vol. 44, n° 11, p. 587-598.

RESUME L'efficience du système racinaire du bananier est souvent limitée par les parasites telluriques, essentiellement des nématodes et des champignons.

En Martinique, une dégradation plus rapide du système souterrain de la plante a été observée ces dernières années et est à l'origine d'une baisse de rendement particulièrement sensible en monoculture intensive.

Le complexe parasitaire a été étudié dans diverses zones pédo-climatiques de cette île. La répartition des principales espèces inventorquées est précisée pour chaque zone.

Les deux principaux agents pathogènes mis en évidence sont un nématode (*Radopholus similis*) et un champignon (*Cylindrocladium* sp.). *Cylindrocladium* est un nouveau genre fongique décrit sur bananier. Son pouvoir pathogène s'avère important après réinoculation.

L'incidence de ces parasites paraît liée à des facteurs cultureux et aux propriétés physico-chimiques des sols.

INTRODUCTION

Les nécroses de l'appareil souterrain du bananier sont présentes dans toutes les zones de culture bananière et ont été étudiées dès la fin du 19e siècle. Elles ont d'abord été principalement attribuées ou analysées sous le seul aspect nématologique (COBB, 1893). Les premiers travaux ont essentiellement concerné des essais de produits nématicides (LUC et VILARDEBO, 1961 a). Ces essais constituent toujours une part importante des études nématologiques (SARAH *et al.*, 1988 ; VILARDEBO *et al.*, 1988).

Les principaux nématodes décrits sur bananier (LUC et VILARDEBO, 1961 b ; VILARDEBO, 1971) sont *Radopholus similis*, *Helicotylenchus multicinctus*, *Rotylenchulus reniformis*, *Pratylenchus* spp., *Meloidogyne* spp., et *Hoplolaimus* sp.

pholus similis, *Helicotylenchus multicinctus*, *Rotylenchulus reniformis*, *Pratylenchus* spp., *Meloidogyne* spp., et *Hoplolaimus* sp.

- *R. similis* est considéré comme le nématode parasite le plus dommageable (BLAKE, 1961). Il est présent dans presque toutes les zones de culture du bananier (O'BANNON, 1977).

- *Helicotylenchus multicinctus* est généralement considéré comme un parasite de moindre importance puisque sa pénétration reste localisée aux cellules superficielles du cortex (ZUCKERMAN et STRICH-HARARI, 1963).

- Les *Meloidogyne* spp. d'après VILARDEBO (1971) n'ont que peu d'incidence sur bananier. Dans certains cas

particuliers leur rôle semble cependant être non négligeable (PINOCHET, 1977).

Ces trois nématodes ont déjà été décrits en Martinique (GERMANI, 1983).

La présence simultanée dans les nécroses de champignons et de nématodes a également été observée par quelques chercheurs (BLAKE, 1961 ; PINOCHET et STOVER, 1980 a), mais peu de travaux ont réellement associé l'étude de ces deux groupes de parasites. Il s'agit souvent d'isollements fongiques réalisés dans des nécroses jugées typiques des nématodes (STOVER, 1966).

Certains inventaires fongiques très complets (GOOS, 1961 ; GOOS et TIMONIN, 1962) recensent toutes les espèces fongiques présentes dans les racines et la rhizosphère. Ces travaux sont revus par LAVILLE (1964 a). Plus souvent seuls les champignons potentiellement parasites de racines sont répertoriés ce qui concerne généralement quatre à cinq genres. Leur importance est variable selon les auteurs et en fonction des zones géographiques. *Fusarium oxysporum* et *Fusarium solani* sont les plus fréquemment cités (BRUN et LAVILLE, 1965 ; STOVER, 1966). *Cylindrocarpon musae* semble important en Amérique centrale (BOOTH et STOVER, 1974 ; PINOCHET et STOVER, 1980 b). *Rhizoctonia* sp. est isolé par LAVILLE (1964 b) et STOVER (1966), certaines Pythiacées par BRUN et LAVILLE (1965).

L'action des champignons reste mal définie par rapport aux nématodes qui pourraient favoriser leur pénétration (BLAKE, 1961).

Depuis plusieurs années une baisse de productivité a été enregistrée dans les bananeraies martiniquaises, alors que les techniques culturales semblent correctement appliquées. Cette chute touche plus particulièrement les plantations du Nord de l'île établies sur des sols de texture légère, peu évolués et développés sur cendres et ponces andésitiques.

Des observations préliminaires au niveau des profils culturaux en bananeraies (DELVAUX et GUYOT, 1989) ont permis de souligner le mauvais état sanitaire des racines et du rhizome dans ces sols.

L'étude, en Martinique, des nécroses de l'appareil souterrain du bananier (rhizome et racines) fait suite à ces observations.

Elle a d'abord été menée sous forme d'un inventaire portant à la fois sur la microflore fongique et les nématodes associés à ces nécroses. Cet inventaire a principalement été mené dans le cadre d'une enquête pluridisciplinaire de terrain (1985-1986), visant à déterminer tous les facteurs limitant les rendements de la bananeraie martiniquaise. Cette enquête a conclu notamment, à l'importance des nécroses du rhizome et surtout des racines dans l'élaboration du rendement (DELVAUX *et al.*, 1989).

A la suite de ce premier travail, une étude plus approfondie des principaux microorganismes présents a été entreprise dès 1986. Seuls les résultats des réinoculations fongiques sont abordés dans cet article.

MATERIEL ET METHODES

Inventaire des microorganismes présents dans les nécroses de l'appareil souterrain du bananier.

- Choix des parcelles analysées.

Cet inventaire a été réalisé en plusieurs étapes.

Il a été initié, en décembre 1985 (saison des pluies), dans le cadre de l'enquête de terrain et a concerné 75 parcelles représentant les principaux types de sols (COLMET-DAAGE *et al.*, 1969) et intégrant les variations climatiques de l'île (Nord/Sud, altitude). Les plantations échantillonnées sont conduites de façon intensive avec un bon niveau de technicité.

Un deuxième inventaire a concerné, en avril 1986 (saison sèche) 48 des parcelles précédentes.

Le dernier inventaire (novembre 1987) n'est effectué que dans le Sud de l'île sur des sols vertiques et des ferrisols. Ces sols étaient peu représentés dans les deux premiers inventaires ce qui aurait pu fausser les résultats quant à la fréquence de certains parasites. Ont été prises en compte 37 parcelles menées de façon intensive ou non, en particulier au niveau des traitements nématicides.

- Prélèvement des échantillons.

Lors des premières analyses (décembre 1985), 5 rejets ont été prélevés par parcelle sur un pied-mère au stade fleurs/mains femelles découvertes. Les racines et la partie corticale du rhizome de chaque rejet ont été analysées.

Au cours des analyses suivantes, seul le prélèvement des racines a été effectué directement sur 10 bananiers au stade fleurs/mains femelles découvertes. Les échantillons sont regroupés par parcelle.

- Traitement des échantillons.

Une analyse qualitative des nécroses est réalisée sur l'ensemble de chaque échantillon (type de nécroses et importance) avant l'extraction nématologique et les isollements fongiques.

Le dénombrement des nématodes est effectué après extraction par la technique de centrifugation-flottation, adaptée au bananier par VILARDEBO et GUEROUT (1974).

Les isollements fongiques sont réalisés sur deux milieux gélosés [malt acide : 20 g agar-agar, 10 g extrait de malt, 0,05 g acide citrique par l, et milieu synthétique (MESAÏEN et LAFFONT, 1970)]. Quinze isollements sont au minimum pratiqués pour chaque parcelle.

Réinoculation expérimentale des champignons.

- Production d'inoculum.

Cinq espèces fongiques décelées au cours de l'enquête

sont utilisées pour réaliser ces inoculations : (*Cylindrocladium* sp., *F. oxysporum*, *F. solani*, *Rhizoctonia* sp. et *Pythium* sp.).

L'inoculum fongique est produit à partir d'une souche récemment isolée (moins d'un mois) et repiquée en boîte de Pétri, sur milieu gélosé (malt acide). La durée de culture avant inoculation est de deux semaines pour *Pythium* et de quatre semaines pour les autres genres fongiques.

● Matériel végétal.

Les inoculations expérimentales sont réalisées sur des plants du cultivar Grande Naine (sous-groupe Cavendish) issus de culture *in vitro*. Après 15 jours de sevrage, ces plants sont élevés en pots (de 0,25 l) pendant trois semaines, sur sols ponceux désinfecté à la chaleur (autoclavage). Ils sont ensuite inoculés.

● Inoculation et déroulement du test.

L'inoculum est incorporé directement dans un sol ponceux désinfecté. Le contenu d'une boîte de Pétri (diamètre 90 mm) est mélangé uniformément à 2 litres de sol après découpe du milieu gélosé en petits carrés.

Le jeune plant, dépoté avec sa motte, est repiqué tel quel, donc sans blessure, dans un pot contenant les 2 litres de sol infesté indépendamment avec chaque champignon. Dix répétitions sont mises en place par traitement et dix bananiers plantés dans le sol désinfecté servent de témoin.

Les pots sont placés en conditions thermorégulées (jour/28°C, nuit/25°C) avec éclairage artificiel (photopériode de 12 heures), pendant huit semaines. L'arrosage est réalisé trois fois par semaine. Une solution nutritive complète est apportée après trois semaines.

Huit semaines plus tard les plants sont dépotés sous un jet d'eau.

Les racines et les rhizomes sont alors observés (notation des nécroses : type et importance) et des analyses fongiques sont pratiquées sur chaque plant.

RESULTATS

Caractérisation des nécroses observées à partir d'échantillons prélevés dans la bananeraie martiniquaise.

A partir des observations réalisées avant l'analyse microbiologique, la symptomatologie a été bien caractérisée :

- Sur rhizomes :

Les nécroses ont deux implantations principales qui confirment les observations de BLAKE (1969).

- A la base des rejets, où les nécroses larges et profondes proviennent d'une contamination à partir du pied-mère (figures 1 et 2).

- Autour des points d'insertion des racines où elles correspondent à un développement préférentiel des infestations à partir du sol (figure 2).

Dans les deux cas, les nécroses sont d'abord rougeâtres et ponctuelles puis deviennent, peu à peu, coalescentes et noirâtres. Elles peuvent atteindre le cortex sur toute son épaisseur.

Des nécroses brun jaunâtre avec une marge rouge sont également observées.

- Sur racines.

Les symptômes décrits sont principalement observés sur racines primaires ; les mêmes nécroses sont également présentes sur les radicules et souvent plus précocement (figure 3).

Les nécroses les plus fréquentes sont rougeâtres. Les plus petites ont la forme de tirets (1 à 5 mm) (figure 4). D'autres sont plus larges mais toujours oblongues (1 à 2 cm) (figures 3 et 5). Toutes ces nécroses souvent présentes simultanément deviennent ensuite coalescentes et finissent par nécroser toute une section de racine. Le cylindre central reste cependant apparemment sain (figure 6) et la partie distale de la racine continue à être active.

Il est difficile d'attribuer ces symptômes à des parasites spécifiques à partir d'échantillons prélevés en pleine terre dans les bananeraies, étant donné toutes les interactions possibles entre les nombreux microorganismes présents.

Quelle que soit l'origine des nécroses, les rejets très atteints ne possèdent rapidement plus qu'une couronne de racines, totalement ou partiellement saines, de plus en plus superficielles car nouvellement émises.

La base du rhizome dont les racines plus anciennes sont complètement décomposées, peut être nécrosée jusqu'à la zone de Mangin (limite entre les parties corticale et vasculaire). Cette nécrose peut alors se détacher laissant la zone vasculaire à nu.

Microorganismes inventoriés.

● Nématodes.

Les principales espèces dénombrées sont par abondance décroissante *Radopholus similis*, *Helicotylenchus multicinctus* et *Meloidogyne* sp.

En Martinique, à partir du premier inventaire (tableaux 1A, 1B, 1C), il est difficile d'établir clairement une relation entre l'importance des populations nématologiques, le type de sol et le climat (nord/sud, altitude).

Les variations de populations à l'intérieur de chaque zone géographique et entre différentes zones sont souvent occultées par d'autres facteurs tels que : la proximité du dernier traitement nématicide, le précédent cultural ou l'âge de la plantation.

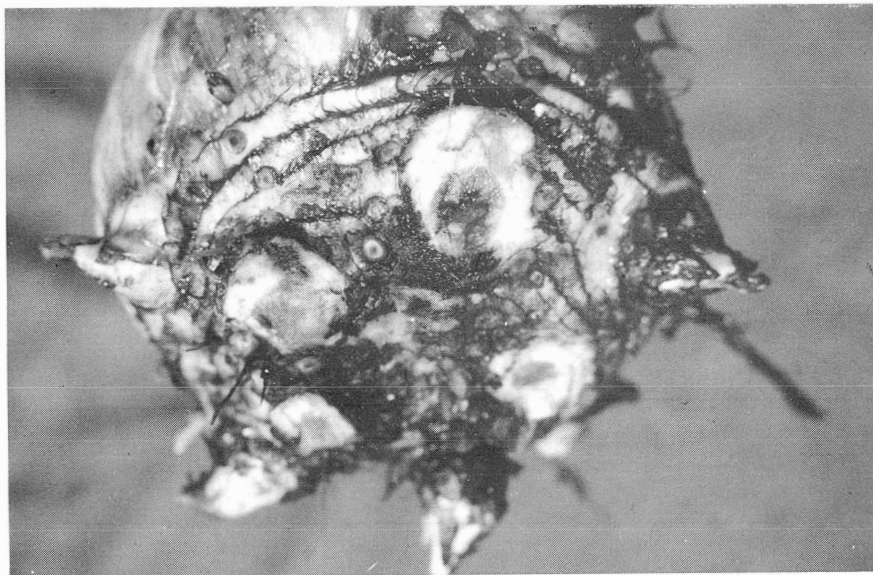


Figure 1 : Nécroses localisées autour des points d'émission des rejets.

Figure 2 : Rejet nécrosé à la base du pont le reliant au pied-mère et au niveau des points d'émission des racines.

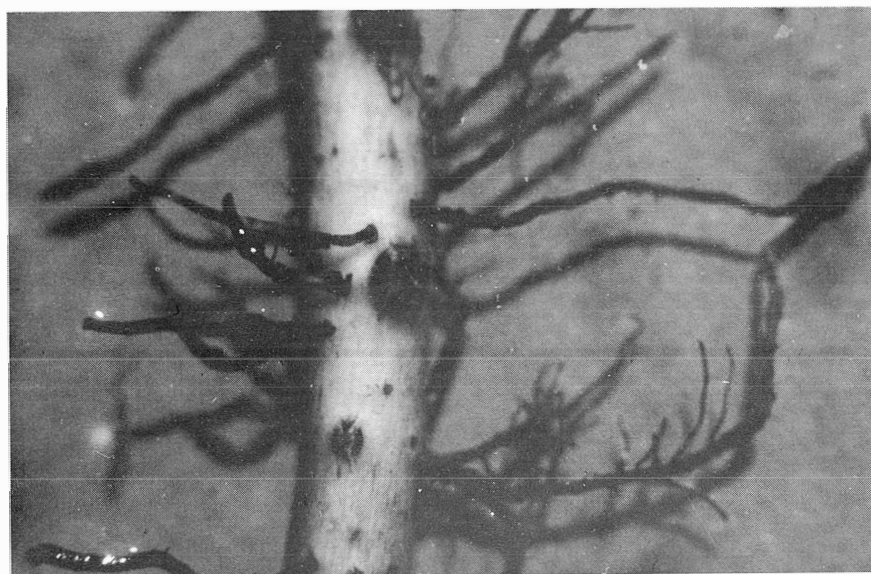


Figure 3 : Radicelles nécrosées précocement.

Figure 4 : Racines nécrosées :
a) tirets,
b) tirets coalescents
c) nécroses oblongues.

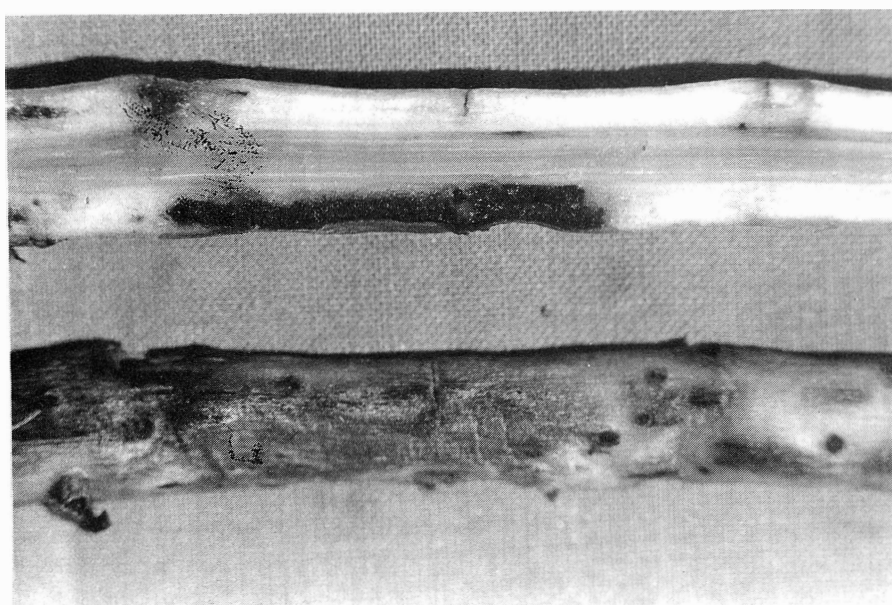
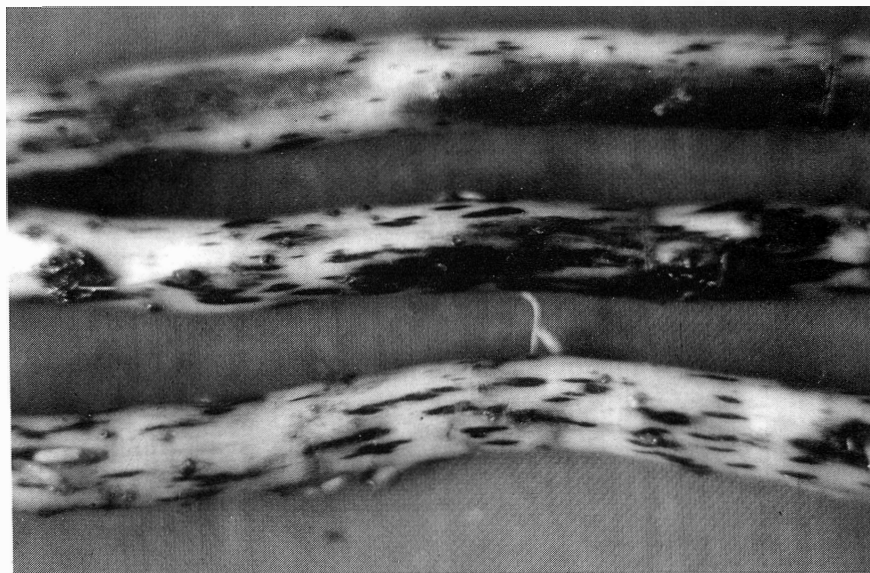


Figure 5 : Coupe longitudinale d'une racine présentant une nécrose oblongue.

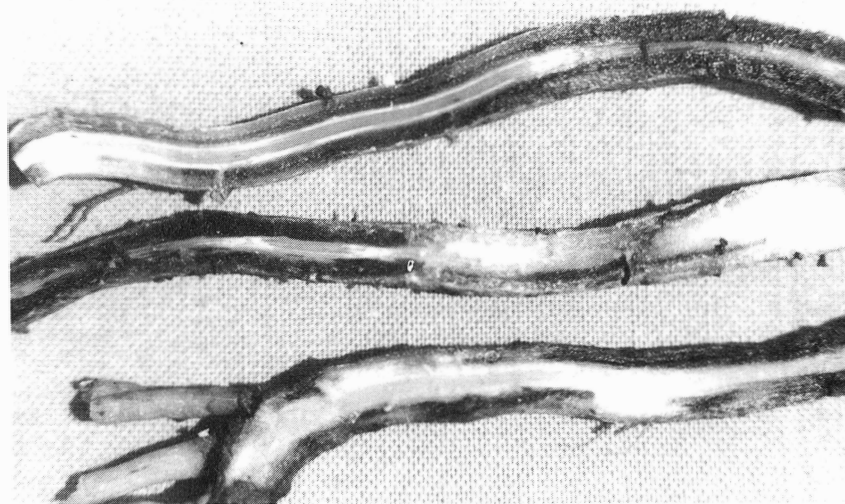


Figure 6 : Coupe longitudinale de racines nécrosées dont le cylindre central reste blanc.

Il ressort néanmoins, surtout au niveau des maximums de populations (tableau 1A), que les sols ponceux du Nord sont les plus infestés par *Radopholus similis*.

L'analyse nématologique de la partie corticale (tableau 1B) met en évidence une infestation par *R. similis*, importante et comparable à celle des racines, à la différence de *H. multincinctus* faiblement présent.

Les populations importantes de *R. similis* (10 à 20 000/100 g de tissus) correspondent généralement à des rejets fortement et profondément nécrosés.

L'interruption de la monoculture bananière permet globalement un assainissement mais de qualité variable (tableau 1C) particulièrement dans les sols développés sur cendres et ponces.

Cet effet d'assainissement n'est que très fugace lorsque le matériel végétal bananier replanté n'est pas lui-même assaini, ce qui est le cas des parcelles étudiées.

Quel que soit le type de sol et le précédent cultural, la recontamination du sol par *R. similis* à partir du matériel végétal est rapide.

Les populations dénombrées peuvent même atteindre des niveaux plus élevés que dans les monocultures où les traitements nématicides sont faits régulièrement.

C'est particulièrement le cas avec la parcelle sur sols vertiques où les populations de nématodes auraient dû rester modérées avec l'application de traitements réguliers.

Concernant *H. multincinctus*, le parage superficiel (élimination de la partie externe du cortex des rhizomes) classiquement opéré lors de l'élimination des racines au moment de la replantation semble suffisant pour ralentir la recontamination. Le tableau 1B montre d'ailleurs que cette espèce est peu présente dans le cortex du rhizome.

Le deuxième inventaire (avril 1986) confirme (tableau 2) au niveau nématologique les premiers résultats. Il faut tout de même noter les très fortes infestations dans les trois types de sols du Nord de l'île (sols ponceux d'altitude et de basse altitude et sols bruns andiques) alors que ces parcelles reçoivent normalement trois traitements nématicides par an, ce qui n'est pas le cas des sols vertiques (un traitement par an ou tous les deux cycles).

Le prélèvement des racines sur le pied-mère et non plus sur le rejet, permet de mettre en évidence des populations nématologiques plus importantes même en période de sécheresse surtout pour *Helicotylenchus*.

Inventaire n° 3 réalisé dans le Sud de l'île. La moindre infestation des sols vertiques par les nématodes (tableau 1A) confirme les résultats précédents sur un plus grand nombre de parcelles.

Cet inventaire met aussi en évidence l'effet bénéfique des traitements nématicides appliqués régulièrement. Les plantations traitées épisodiquement atteignent des niveaux d'infestation très élevés (tableau 3B) particulièrement pour *R. similis* mais également pour *H. multincinctus*, ceci même dans les sols vertiques (26 000 *R. similis*/100 g de racines).

● Champignons.

Le premier inventaire de décembre 1985 a permis d'isoler des champignons appartenant principalement aux genres *Fusarium*, *Cylindrocladium*, *Rhizoctonia*, *Cylindrocarpon*, *Pythium* et *Botryodiplodia*.

Les tableaux 4A, 4B et 4C résument la fréquence d'isolement des quatre principaux genres isolés à partir du rhizome, des racines et en fonction des précédents culturaux.

Cylindrocladium sp. et *Fusarium* spp. sont ceux qui sont le plus fréquemment inventoriés dans les racines (tableau 4A) et dans le rhizome (tableau 4B).

Au sein du genre *Fusarium*, *F. oxysporum* est l'espèce qui prédomine. Elle représente 60 à 80 p. 100 des isoléments du genre. *Fusarium moniliforme* et *Fusarium solani* ont également été isolés ainsi que d'autres *Fusarium* spp.

Les résultats mettent en évidence l'absence virtuelle du genre *Cylindrocladium* dans les sols vertiques du Sud de l'île et sa nette prédominance dans ces sols développés sur cendres et ponces du Nord.

Cette répartition est à rapprocher d'une plus faible intensité des nécroses observées dans les sols vertiques.

Les racines des bananiers non assainis et replantés après rotations culturales, sont infestées par les mêmes champignons (tableau 4C). On note tout de même une baisse de fréquence d'isolement de *Cylindrocladium* sp. due essentiellement aux parcelles ayant eu un précédent ananas ou verger et récemment replantées.

Ces deux précédents culturaux semblent ne pas être hôtes de *Cylindrocladium* sp.

L'inventaire n° 2 (avril 1986) confirme la prépondérance du genre *Cylindrocladium* sp. dans les sols où l'état sanitaire des racines est mauvais ce qui est particulièrement le cas dans les andosols sur ponces (tableau 5).

L'inventaire n° 3 réalisé dans le Sud de l'île souligne sur un plus grand nombre de parcelles la quasi-absence de *Cylindrocladium* dans les sols vertiques (tableau 6).

Réinoculation des quatre principaux genres fongiques.

La réinoculation des genres *Cylindrocladium*, *Fusarium* (*F. oxysporum* et *F. solani*), *Pythium* et *Rhizoctonia* a pour but de vérifier leur degré de pathogénie.

La souche de *Pythium* sp. réinoculée semble être non pathogène. Aucun symptôme grave n'est observé sur les racines et il n'est pas possible de réisoler ce champignon.

Rhizoctonia sp. est responsable de quelques nécroses brunes superficielles dont il n'est réisolé que dans 39 p. 100 des cas.

Fusarium solani n'induit que quelques nécroses souvent localisées à l'extrémité de la racine. Il est réisolé dans 50 p. 100 des cas.

INVENTAIRE NEMATOLOGIQUE REALISE EN DECEMBRE 1985
TABLEAUX SYNTHETIQUES DE DENOMBREMENT DES DEUX PRINCIPALES ESPECES
DE NEMATODES PRESENTES SUR BANANIER DANS DIFFERENTES ZONES
PEDO-CLIMATIQUES DE LA MARTINIQUE

TABLEAU 1A - Dénombrement à partir des racines.

Zone pédo-climatique	Nombre	Nombre de nématodes/100 g de racines *					
		<i>Radopholus similis</i>			<i>Helicotylenchus multicinctus</i>		
		minimum	maximum	moyenne	minimum	maximum	moyenne
Sols vertiques	3	400	12 100	5 900	200	7 000	3 100
Ferrisols	4	700	6 300	2 970	0	2 100	570
Alluvions argilo-limoneuses	4	100	8 400	3 450	0	1 200	600
Sols peu évolués sur cendres et ponces	38	0	37 500	4 800	0	8 400	780
Andosols sur ponces	9	100	15 200	2 850	0	700	310
Sols bruns andiques	6	100	10 900	3 100	0	2 600	880

TABLEAU 1B - Dénombrement à partir de la partie corticale du rhizome.

	Nombre	Nombre de nématodes/100 g de cortex *					
		minimum	maximum	moyenne	minimum	maximum	moyenne
Sols vertiques	3	0	2 700	970	0	200	70
Ferrisols	4	100	14 700	3 800	0	500	130
Alluvions argilo-limoneuses	4	0	20 700	6 200	0	300	80
Sols peu évolués sur cendres et ponces	38	0	23 200	3 430	0	500	120
Andosols sur ponces	9	400	13 500	4 400	0	300	50
Sols bruns andiques	6	0	22 800	7 650	0	700	270

TABLEAU 1C - Influence des rotations culturales sur le dénombrement des nématodes à partir des racines

	Précédent cultural	Nombre	Nombre de nématodes/100 g de racines *					
			minimum	maximum	moyenne	minimum	maximum	moyenne
Sols vertiques	bananier	2	400	5 200	2 800	2 100	7 000	4 550
	autre	1	-	12 100	12 100	-	200	200
Ferrisols	bananier	3	700	2 900	1 860	0	2 100	700
	autre	1	-	6 300	6 300	-	200	200
Sols peu évolués sur cendres et ponces	bananier	27	0	37 200	5 200	0	8 400	1 070
	autre	11	0	16 500	3 900	0	700	140
Sols andiques	bananier	5	700	10 900	3 100	200	2 600	880
	autre	1	-	100	100	0	0	0

Nombre : de parcelles échantillonnées par zone.

* - Ces tableaux présentent pour chaque zone :

- deux parcelles dont les dénombrements nématologiques sont extrêmes (populations maximales et minimales)

- la moyenne des parcelles de la zone.

TABLEAU 2 - Inventaire nématologique réalisé en avril 1986.

Dénombrement des deux principales espèces présentes dans les racines de bananiers prélevées dans différentes zones pédo-climatiques de la Martinique.

Zone pédo-climatique	Nombre	Nombre de nématodes/100 g de racines *					
		<i>Radopholus similis</i>			<i>Helicotylenchus multicinctus</i>		
		minimum	maximum	moyenne	minimum	maximum	moyenne
Sols vertiques	3	1 200	24 300	9 100	1 200	2 600	1 700
Alluvions argilo-limoneuses	3	7 000	17 500	10 700	200	39 000	15 600
Sols peu évolués sur cendres et ponces	30	500	48 800	15 000	0	33 000	5 900
Andosols sur ponces	7	8 000	35 200	17 900	1 200	17 600	5 300
Sols bruns andiques	5	1 000	47 700	18 980	2 200	60 500	22 600

Nombre : de parcelles échantillonnées

* - Pour chaque zone sont présentées :

- deux parcelles dont les dénombrements nématologiques sont extrêmes (populations maximales et minimales).

- la moyenne des parcelles de la zone.

INVENTAIRE REALISE DANS LE SUD DE LA MARTINIQUE SUR SOLS VERTIQUES ET FERRISOLS EN 1987

TABLEAU 3A - Comparaison des dénombrements nématologiques effectués sur racines prélevées dans chaque type de sol.

Parcelles	Nombre	Nombre de nématodes/100 g de racines *					
		<i>Radopholus similis</i>			<i>Helicotylenchus multicinctus</i>		
		minimum	maximum	moyenne	minimum	maximum	moyenne
Sols vertiques	11	0	26 000	7 400	100	28 300	8 500
Ferrisols	26	4 700	72 000	25 600	0	68 000	12 200

TABLEAU 3B - Comparaison des dénombrements nématologiques effectués sur racines prélevées dans des parcelles régulièrement traitées ou non.

	Nombre	minimum	maximum	moyenne	minimum	maximum	moyenne
Traitées régulièrement	13	0	16 200	5 400	100	28 300	8 000
Non traitées régulièrement	24	9 400	72 000	28 200	0	68 000	12 700

Nombre : de parcelles échantillonnées

* - Pour chaque type de sol sont présentées :

- deux parcelles dont les dénombrements nématologiques sont extrêmes (populations maximales et minimales).

- la moyenne des parcelles de la zone.

INVENTAIRE REALISE DANS DIFFERENTES ZONES PEDO-CLIMATIQUES DE LA MARTINIQUE EN DECEMBRE 1985

TABLEAU 4A - Principaux genres fongiques isolés à partir des racines de bananiers.

Zone pédo-climatique	Nombre	Champignons en p. 100 d'isolements *											
		<i>Cylindrocladium</i>			<i>Fusarium</i> spp.			<i>Rhizoctonia</i>			<i>Pythium</i>		
		mini.	maxi.	moy.	mini.	maxi.	moy.	mini.	maxi.	moy.	mini.	maxi.	moy.
Sols vertiques	3	0	0	0	45	91	63	0	5	2	0	0	0
Ferrisols	4	17	31	26	44	65	53	0	19	9,4	0	0	0
Alluvions argilo-limoneuses	4	10	40	20	17	60	42	0	10	3,3	0	0	0
Sols peu évolués sur cendres et ponces	38	0	83	36,5	0	100	38	0	40	12	0	31	4,6
Andosols sur ponces	9	17	80	44,5	15	75	37	0	25	8,5	0	33	8,1
Sols bruns andiques	6	31	60	45	25	65	41	0	25	6	0	20	5,5

TABLEAU 4B - Principaux genres fongiques isolés à partir de la partie corticale des rhizomes de bananiers.

	Nombre	mini.	maxi.	moy.	mini.	maxi.	moy.	mini.	maxi.	moy.	mini.	maxi.	moy.
Sols vertiques	3	0	0	0	25	30	27	0	17	5,7	0	17	11,4
Ferrisols	4	6	15	8,3	6	75	28,8	0	5	1,3	0	0	0
Alluvions argilo-limoneuses	4	15	25	20	12	25	19,8	0	12	3	0	15	3,8
Sols développés sur cendres et ponces	38	0	100	30,6	0	58	26	0	25	5,6	0	25	2,0
Andosols sur ponces	9	0	46	29,3	0	25	11,9	0	10	3,4	0	25	5,4
Sols bruns andiques	6	10	44	27,3	5	30	16,9	0	15	4,2	0	20	3,3

TABLEAU 4C - Influence des rotations culturales sur la fréquence d'isolement des principaux genres fongiques dans les racines de bananiers.

	Nombre	mini.	maxi.	moy.	mini.	maxi.	moy.	mini.	maxi.	moy.	mini.	maxi.	moy.
Sols peu évolués sur cendres et ponces	b*												
	27	8	83	39,7	8	70	39,6	0	33	12,2	0	18	3,2
	a*												
	11	0	70	22,1	0	100	36,7	0	25	10	0	31	8,1

Nombre : de parcelles échantillonnées par zone.

b* : précédent cultural bananier.

a* : précédent cultural autre que bananier

* - plusieurs champignons peuvent être notés à partir d'un même échantillon.

TABLEAU 5 - Inventaire réalisé dans différentes zones pédo-climatiques de la Martinique en avril 1986.
Principaux genres fongiques isolés à partir des racines de bananiers.

Zone pédo-climatique	Nombre	Champignons en p. 100 d'isolements *											
		<i>Cylindrocladium</i>			<i>Fusarium</i> spp.			<i>Rhizoctonia</i>			<i>Pythium</i>		
		mini.	maxi.	moy.	mini.	maxi.	moy.	mini.	maxi.	moy.	mini.	maxi.	moy.
Sols peu évolués sur cendres et ponces	30	0	92	54,6	0	87	44,7	0	37,5	3,2	-	-	-
Andosols sur ponces	7	50	100	79,4	0	50	22,2	0	0	0	-	-	-

Nombre : de parcelles échantillonnées par zone.

* Plusieurs champignons peuvent être notés à partir d'un même échantillon.

TABLEAU 6 - Inventaire réalisé dans le Sud de la Martinique en 1987.
Principaux genres fongiques isolés à partir des racines de bananier.

Zone pédo-climatique	Nombre	Champignons en p. 100 d'isolements *											
		<i>Cylindrocladium</i>			<i>Fusarium</i> spp.			<i>Rhizoctonia</i>			<i>Pythium</i>		
		mini.	maxi.	moy.	mini.	maxi.	moy.	mini.	maxi.	moy.	mini.	maxi.	moy.
Sols vertiques	11	0	36,8	8,6	15,8	75	41,6	0	15,8	3,2	0	0	0
Sols ferrallitiques	26	0	86,6	34,5	0	84,6	43,8	0	33,3	5,1	0	13,3	1,0

Nombre : de parcelles échantillonnées par zone.

* - plusieurs champignons peuvent être notés à partir d'un même isolement.

Les racines inoculées avec *Fusarium oxysporum* ne présentent que des symptômes mineurs (taches rouges ponctuelles). Ce champignon est réisolé à partir de 75 p. 100 des nécroses.

Les plants inoculés avec *Cylindrocladium* sp. présentent des symptômes importants. Les nécroses, de couleur rouge et brun-noir, peuvent être ponctuelles ou plus allongées. Elles s'étendent parfois à toute la racine. Le système racinaire est peu développé surtout au niveau des racines secondaires et du chevelu qui restent très restreints. Ce champignon est réisolé à partir de 75 p. 100 des nécroses.

DISCUSSION

Le prélèvement des racines et des rhizomes dans les bananeraies de diverses zones pédo-climatiques de l'île confirme le mauvais état sanitaire des parties souterraines des bananiers, avec une moindre gravité dans les sols vertiques et des nécroses très abondantes dans les sols développés sur cendres et ponces particulièrement en altitude.

L'observation des symptômes en relation avec les analyses microbiologiques met en évidence la complexité de l'origine des nécroses.

Les symptômes rougeâtres de l'appareil souterrain du bananier semblent être le résultat d'une oxydation caractérisant toute blessure des tissus. L'attribution à un agent pathogène précis des symptômes observés ponctuellement aux champs apparaît donc aléatoire. Ceci doit inciter à la prudence quant à la liaison souvent systématiquement

faite entre les nématodes et les nécroses rougeâtres des racines, ce qui va dans le sens des observations réalisées par HUGON et PICARD (1988).

Les nématodes.

Les nématodes identifiés sont tous connus sur bananier comme nous l'avons vu en introduction.

- La prédominance de *R. similis* est confirmée en Martinique. Les populations de ce parasite sont particulièrement nombreuses dans les échantillons prélevés dans les sols du Nord de l'île malgré l'application de 3 traitements nématicides par an. Sa prolifération semble par contre bien contrôlée dans les sols vertiques et ferrisols avec l'application d'un seul traitement nématicide par an. La recontamination de parcelles assainies par rotation culturale semble rapide à partir de matériel végétal infesté. Cela s'explique par l'abondance de ce nématode dans le cortex des rhizomes, ce qui confirme les travaux de QUEHENERVE et CADET (1985).

- *H. multicinctus* peut également être présent en grande quantité sur les racines de bananiers adultes. Il est par contre peu fréquent dans les nécroses et quasiment absent du cortex des rejets. Le nématode apparaît comme un parasite des racines plus que du rhizome (MATEILLE *et al.*, 1984) et semble se développer plus particulièrement dans les organes plus âgés. Son faible taux d'infestation des rejets (matériel végétal couramment utilisé à la replantation en Martinique) explique certainement son faible taux de réinfestation dans les sols assainis.

Sa pénétration restant superficielle, il est généralement considéré, particulièrement en présence de *R. similis*, comme un nématode dont l'incidence reste faible sauf en cas de très forte infestation. Son interaction avec des parasites fongiques pourrait par contre avoir un effet synergique et aboutir à la destruction des racines.

- *Meloidogyne* sp. peut prendre une certaine importance dans les racines peu infestées par les deux nématodes précédents. Son rôle sera certainement à considérer lors de re-plantations à partir de plants issus de culture *in vitro* dans des sols sains vis-à-vis des nématodes plus spécifiques du bananier.

La flore fongique.

A l'exception de *Cylindrocladium* sp. tous les agents fongiques inventoriés ont été couramment décrits sur bananier. Le genre *Cylindrocladium* a cependant déjà été isolé sur bananier en Guadeloupe dans les années 1970 (MES-SIAEN, communication personnelle) mais aucune suite n'a été donnée à ce travail. Récemment SEMER *et al.* (1987) ont également isolé un *Cylindrocladium* sur bananier au Costa Rica.

Cylindrocladium sp. par sa fréquence d'isolement et sa pathogénie apparaît comme le principal parasite fongique d'origine tellurique sur racines et rhizomes de bananier en Martinique.

Son importance est cependant variable suivant les zones pédo-climatiques. Il est fréquemment isolé dans les sols développés sur ponces et particulièrement dans les andosols d'altitude à forte pluviométrie. Il est par contre quasiment absent des sols vertiques du Sud de l'île qui sont aussi ceux présentant le moins de nécroses.

Actuellement, seules des hypothèses peuvent être émises sur les facteurs induisant cette répartition.

Certains facteurs liés à la nature des constituants des sols peuvent influencer les équilibres microbiologiques telluriques. Ces facteurs ont été revus par MARSHALL (1976) et concernent les interactions constituants solides-microorganismes. Ainsi, la texture légère des sols développés sur cendres et ponces (Nord) peut apparaître comme un facteur propice à la prolifération des parasites. Au contraire, les teneurs en argile élevées et la dominance de smectites (argiles gonflantes) dans les sols vertiques pourraient modifier les équilibres microbiologiques dans un sens de réduction de la pression parasitaire. Ces facteurs peuvent être : la difficulté de mouvement des nématodes dans ces sols lourds à caractère gonflant, une meilleure adsorption des nématicides susceptibles d'améliorer la régulation de leur action (GREEN, 1981), l'effet catalytique des smectites sur l'activité fongostatique des bactéries, les mouvements de retrait et de gonflement susceptible de perturber le cycle de certains champignons (MARSHALL,

1976, références citées). A ce titre, il est particulièrement intéressant de relever que la maladie de Panama présentait une très faible extension dans les sols vertiques (STOTZKY et MARTIN, 1963).

Les différences climatiques (période sèche dans les sols vertiques du Sud, pluviométrie élevée et plus constante dans le Nord) peuvent aussi être incriminées. Le degré d'intensification culturale est par contre à exclure, les petites plantations très extensives présentant la même répartition pour *Cylindrocladium*.

La présence de ce champignon dans les nécroses de la partie corticale des rejets est un moyen de dissémination du parasite, comme pour *Radopholus similis*.

Les autres champignons inventoriés peuvent être considérés comme des parasites secondaires ou de faiblesse étant donné leur modeste taux d'isolement et/ou leur faible pouvoir pathogène. Ils pourraient par contre agir en colonisateurs précoces des nécroses dues en particulier aux nématodes. Ils joueraient le rôle d'agent d'extension de ces nécroses comme le supposent STOVER (1966) et PINOCHET et STOVER (1980).

CONCLUSION

La détermination des microorganismes présents dans les nécroses des racines et du rhizome des bananiers, aboutit à souligner l'importance de deux agents parasitaires : l'un nématologique et déjà connu (*Radopholus similis*) ; l'autre fongique et nouvellement décrit sur bananier (*Cylindrocladium* sp.).

Cet inventaire ne doit être considéré que comme une première approche à l'étude des nématodes et champignons observés afin de déterminer leur contribution exacte dans le développement des nécroses.

Dans un premier temps il paraît plus important de s'attacher à l'étude de *R. similis* et de *Cylindrocladium* sp. afin de préciser leur pathogénie et les facteurs influençant la gravité de leurs attaques.

La recherche d'une explication des différences observées naturellement entre sols vertiques et sols développés sur cendres et ponces pourrait initier cette étude.

Concernant *Cylindrocladium* sp., il est également indispensable de mieux déterminer ce champignon et d'acquérir quelques connaissances de base à son sujet (biologie, plantes hôtes ...).

Dans un second temps il serait intéressant de reconstituer la complexité des attaques sur racines et rhizomes en faisant intervenir plusieurs agents parasitaires à la fois.

BIBLIOGRAPHIE

- BLAKE (C.D.). 1961.**
Root rot of bananas caused by *Radopholus similis* (COBB) and its control in New South Wales.
Nematologica, 6, 295-310.
- BLAKE (C.D.). 1969.**
Nematodes parasites of banana and their control.
Nematode of tropical Crops, Ed. CAB, 111-132.
- BOOTH (C.) et STOVER (R.H.). 1974.**
Cylindrocarpon musae sp. nov., commonly associated with burrowing nematode (*Radopholus similis*) lesions on bananas.
Trans. Br. Mycol. Soc., 63 (3), 503-507.
- BRUN (J.) et LAVILLE (E.). 1965.**
Etude de la mycoflore du bananier 'Poyo'.
II.- Côte d'Ivoire, Guadeloupe, Mali.
Fruits, 20 (3), 123-128.
- COLMET-DAAGE (F.). 1969.**
Carte pédologique au 1/20 000 de la Martinique.
ORSTOM.
- DELVAUX (B.) et GUYOT (Ph.). 1989.**
Caractérisation de l'enracinement du bananier au champ.
Incidence sur les relations Sol-Plante dans les bananeraies intensives de la Martinique.
Fruits, 44 (12),
- DELVAUX (B.), PERRIER (X.) et GUYOT (Ph.). 1989.**
Diagnostic de la fertilité du système monoculturel bananier en Martinique.
Fruits, à paraître.
- GERMANI (G.). 1983.**
Les nématodes parasites associés aux plantes cultivées en Martinique et en Guyane.
Rapport de Mission de l'ORSTOM, 25 p.
- GOOS (R.D.). 1961.**
Soil fungi from Costa Rica and Panama.
Mycologia, 52, 877-883.
- GOOS (R.D.) et TIMONIN (M.I.). 1962.**
Fungi from the rhizosphere of banana in Honduras.
Can. J. Bot., 40, 1371-1377.
- GREEN (R.E.). 1981.**
Pesticides-Clay-Water interactions.
in : *Pesticides in soil and water* W.D. Guenzi. Ed. Soil Science Society of America, 3-38.
- HUGON (R.) et PICARD (H.). 1988.**
Relations spatiales entre taches et nécroses racinaires et nématodes endoparasites chez le bananier.
Fruits, 43 (9), 491-498.
- LAVILLE (E.). 1964 a.**
Etude de la mycoflore des racines du bananier 'Poyo'.
I.- Etude du système radiculaire.
Fruits, 19 (8), 435-449.
- LAVILLE (E.). 1964 b.**
Etude de la mycoflore des racines du bananier 'Poyo'.
II.- Principales données géographiques, climatiques et pédologiques de la région où se situe l'étude.
Fruits, 19 (9), 521-528.
- LUC (M.) et VILARDEBO (A.). 1961 a.**
Les nématodes associés aux bananiers cultivés dans l'Ouest Africain.
II.- Les essais de traitements nématicides.
Fruits, 16 (6), 261-279.
- LUC (M.) et VILARDEBO (A.). 1961 b.**
Les nématodes associés aux bananiers cultivés dans l'Ouest Africain.
I.- Espèces parasites. Dommages causés.
Fruits, 16 (5), 205-219.
- MARSHALL (K.C.). 1976.**
Interfaces in microbial ecology.
Ed. Harvard University Press, 152 p.
- MATEILLE (T.), CADET (P.) et QUENEHERVE (P.). 1984.**
Influence du recépage du bananier Poyo sur le développement des populations de *Radopholus similis* et d'*Helicotylenchus multicinctus*.
Rev. Nématol., 7 (4), 355-361.
- MESSIAEN (C.M.) et LAFFONT (R.). 1970.**
Les maladies des plantes maraichères.
2e Ed. INRA, 441 p.
- O'BANNON (J.H.). 1977.**
Worldwide dissemination of *Radopholus similis* and its importance in crop production.
Jour. of Nematol., 9 (1), 16-25.
- PINOCHET (J.). 1977.**
Occurrence and spatial distribution of root-knot nematodes on bananas and plantains in Honduras.
Plant Dis. Repr., 61 (6), 518-520.
- PINOCHET (J.) et STOVER (R.H.). 1980 a.**
Fungi in lesions caused by burrowing nematodes on bananas and their root and rhizome rotting potential.
Trop. Agric., 57 (3), 227-232.
- PINOCHET (J.) et STOVER (R.H.). 1980 b.**
Fungi associated with nematode lesions on plantains in Honduras.
Nematologica, 10 (2), 112-115.
- QUENEHERVE (P.) et CADET (P.). 1985.**
Localisation des nématodes dans les rhizomes du bananier cv. Poyo.
Rev. Nématol., 8 (1), 3-8.
- SARAH (J.L.), KEHE (M.), BEUGNON (M.) et MARTIN (P.). 1988.**
Expérimentation avec l'aldicarbe pour lutter contre *Radopholus similis* COBB (*Nematoda, Pratylenchidae*) et *Cosmopolites sordidus* (GERMAR) (*Coleoptera, Curculionidae*) en bananeraie.
II.- Expérimentations réalisées en Côte d'Ivoire.
Fruits, 43 (9), 475-484.
- **SEMER (C.R.), MITCHELL (D.J.), MITCHELL (M.E.), MARTIN (F.R.) et ALFENAS (A.C.). 1987.**
Isolation, identification and chemical control of *Cylindrocladium musae* sp. nov. associated with toppling disease of banana.
APS Abstracts of Presentations, 334.
- STOTZKY (G.) et MARTIN (R.T.). 1963.**
Soil mineralogy in relation to the spread of *Fusarium* wilt of banana in Centrale America.
Plant Soil, 18, 317-338.
- STOVER (R.H.). 1966.**
Fungi associated with nematode and non-nematode lesions on banana roots.
Can. J. Bot., 44, 1703-1710.
- VILARDEBO (A.). 1971.**
Les nématodes des cultures.
J. fr. Etudes et Inf., ACTA-FNGPC, 481-498.
- VILARDEBO (A.) et GUEROUT (R.). 1974.**
Techniques d'extraction de *Radopholus similis* à partir des racines de bananier.
in : *Methodes d'essai d'efficacité pratique de nématicides étudiés sur Radopholus similis* COBB en bananeraie.
Soc. Fr. Phyt. Phytoph., 49, annexe 1, 21-23.
- VILARDEBO (A.), BOISSEAU (M.), LASSOUDIÈRE (A.), MELIN (Ph.) et TERNISIEN (E.). 1988.**
Expérimentation avec l'aldicarbe pour lutter contre *Radopholus similis* COBB (*Nematoda, Pratylenchidae*) et *Cosmopolites sordidus* (GERMAR), (*Coléoptère, Curculionidae*) en bananeraie.
Fruits, 43 (7-8), 417-431.
- ZUCKERMAN (B.M.) et STRICH-HARARI (D.). 1963.**
The life stages of *Helicotylenchus multicinctus* (COBB) in banana roots.
Nematologica, 9, 347-353.

STUDIUM DER PILZMIKROFLORA UND DER NEMATODEN, DIE MIT NEKROSEN DES WURZELAPPARATS VON BANANENPFLANZEN AUF MARTINIQUE IN ZUSAMMENHANG GEBRACHT WERDEN. NACHWEIS DES KRANKHEITSPOTENTIALS DER GATTUNG *CYLINDROCLADIUM*.

Ph. LORIDAT.

Fruits, Nov. 1989, vol. 44, n° 11, p. 587-598.

KURZFASSUNG - Die Leistungsfähigkeit des Wurzelsystems der Bananen pflanze wird des öfteren durch Erdparasiten und insbesondere durch Nematoden und Pilze beeinträchtigt.

Auf Martinique wurde in den letzten Jahren eine zunehmende Verschlechterung des unterirdischen Pflanzensystems beobachtet, welche zu einem Ertragsrückgang geführt hat, der sich vor allem in intensiv betriebenen Monokulturen bemerkbar macht.

Die Schädlingsbevölkerung dieser Insel wurde in verschiedenen Boden- und Klimazonen untersucht. Für jede Zone wird die Streuung der wichtigsten Arten beschrieben.

Unter den nachgewiesenen Krankheitserreger sind in erster Linie zwei zu nennen : eine Nematode (*Radopholus similis*) und ein Pilz (*Cylindrocladium* sp.). *Cylindrocladium* ist eine neue Pilzgattung der Bananenpflanze. Ihr Krankheitspotential erweist sich nach erfolgter Wiederholungsimpfung als virulent.

Der Befall durch die genannten Schädlinge hängt offenbar mit anbautechnischen Aspekten und physikalisch-chemischen Bodeneigenschaften zusammen.

ESTUDIO DE LA MICROFLORA FUNGICA Y DE LOS NEMATODOS ASOCIADOS A LAS NECROSIS DEL APARATO SUBTERRANEO DEL BANANO EN MARTINICA.

Puesta en evidencia del poder patógeno del género *Cylindrocladium*.

Ph. LORIDAT.

Fruits, Nov. 1989, vol. 44, n° 11, p. 587-598.

RESUMEN - La eficiencia del sistema radicular del banano está con frecuencia limitada por los parásitos telúricos, esencialmente nematodos y hongos.

En Martinica, una degradación más rápida del sistema subterráneo de la planta se ha observado estos últimos años y se encuentra en el origen de una baja de rendimiento particularmente sensible en monocultivo intensivo.

El complejo parasitario se ha estudiado en diversas zonas pedoclimáticas de esta isla. La distribución de las principales especies inventoriadas se precisa para cada zona.

Los dos principales agentes patógenos puestos en evidencia son un nematodo (*Radopholus similis*) y un hongo (*Cylindrocladium* sp.). *Cylindrocladium* es un nuevo género fúngico descrito sobre banano. Su poder patógeno se revela importante después de reinoculación. La incidencia de estos parásitos parece ligada a factores de cultivo y a las propiedades físico-químicas de los suelos.



Un auxiliaire attendu...

INDEX DE LA REVUE "FRUITS" 1945-1986

Il se réfère à la totalité des articles et documents parus depuis son origine en 1945, dans la revue FRUITS (Fruits d'Outre-mer) publiée mensuellement par l'IRFA (Institut de Recherches sur les Fruits et Agrumes) ; si elle a toujours très logiquement accordé une grande part de ses colonnes à la diffusion des résultats des travaux des spécialistes du Département Fruitier, la revue a accueilli aussi des auteurs français ou étrangers, ces derniers dans leur langue d'origine, appartenant tous à diverses centrales scientifiques de renommée mondiale. L'intérêt du présent index comme outil documentaire est donc évident.

L'utilisateur sera aidé, dans sa quête de l'information, par l'existence des précieux auxiliaires que sont les index auteurs, matières, fruits et géographiques. Il aura toujours la possibilité, enfin, d'acquérir au prix de 35 F le numéro de FRUITS correspondant à l'article qu'il aura ainsi identifié et dont il souhaite disposer.

PRIX TTC franco : 150 FF.

Adresser vos commandes à : FRUITS - 6, rue du Général Clergerie - 75116 PARIS.