

Relations spatiales entre taches et nécroses racinaires et nématodes endoparasites chez le bananier.

R. HUGON et Hortense PICARD*

SPATIAL RELATIONSHIPS BETWEEN ROOT SPOTS AND NECROSIS AND ENDOPARASITIC NEMATODES IN BANANAS.

R. HUGON and Hortense PICARD

Fruits, Sep. 1988, vol. 43, n 9, p. 491-498.

ABSTRACT - Detailed study of banana roots was undertaken in an attempt to specify the spatial relationships between endoparasitic nematodes and tissue necrosis. More than 500 one centimetre sections from 5 different roots were analysed. The spots observed were classified into 3 categories (brown, black and red). The brown spots are incompatible with the presence of nematodes. Nematodes are only rarely observed on the actual black or red spots. The largest populations were regularly found in the non-cankered parts of the roots. Apparently, when nematodes penetrate the root, fungi are able to enter and spread, causing the development of necrosis, which repels nematodes. The nematodes then seem to move out of these tissues and contaminate other, healthy parts of the root.

RELATIONS SPATIALES ENTRE TACHES ET NECROSES RACINAIRES ET NEMATODES ENDOPARASITAIRES CHEZ LE BANANIER.

R. HUGON et Hortense PICARD.

Fruits, Sep. 1988, vol. 43, n° 9, p. 491-498.

RESUME - Par une étude détaillée de racines de bananiers, il a été cherché à préciser les relations spatiales entre nématodes endoparasites et nécroses tissulaires. Plus de 500 tronçons d'un centimètre provenant de 5 racines différentes ont été analysés. Les taches observées ont été classées en 3 catégories (brunes, noires, rouges). Les taches brunes sont incompatibles avec la présence de nématodes. On n'observe que rarement de nématodes au niveau même des nécroses noires ou rouges. Les populations les plus importantes sont régulièrement trouvées dans les parties non nécrosées des racines. La pénétration de nématodes dans la racine permettrait l'installation de champignons dont l'extension, entraînant le développement de nécroses, serait défavorable aux nématodes. Ceux-ci sortant des tissus, iraient alors contaminer de nouvelles parties saines de la racine.

Le travail réalisé par Rémy HUGON et Hortense PICARD, apporte un complément aux résultats déjà présentés sur la répartition des infestations de nématodes dans le système racinaire des bananiers (SARAH, 1983) en nous éclairant sur ce qui se passe à plus petite échelle au niveau de la racine elle-même. Le troisième volet, celui de la répartition à l'échelle du champ, sera abordé lors d'une prochaine publication (SARAH et PERRIER, à paraître). Ces trois articles formeront alors un ensemble cohérent apportant une contribution importante à la description des relations entre le parasite et sa plante-hôte.

Par ailleurs, le travail présenté ici s'inscrit également dans le programme d'études sur la pathogénie des nématodes, en apportant un complément aux travaux en cours en Guadeloupe sur les relations nématodes-champignons pour le développement des nécroses racinaires (LORIDAT, 1986) et en Côte d'Ivoire sur l'impact histologique et biochimique des infestations de nématodes sur la racine (MATEILLE, à paraître).

J.L. SARAH

INTRODUCTION

L'observation des racines du bananier montre de nombreux traumatismes qui influent sur leur développement. Si certaines (constrictions, courbures anormales) peuvent s'ex-

pliquer par des conditions du sol (obstacles, granulométrie, hydromorphie), les nombreuses taches observées restent souvent sans interprétation fiable. Plusieurs hypothèses peuvent être avancées : conditions physiques, attaque de champignons, de nématodes, sans toutefois pouvoir les vérifier.

* - IRFA/CIRAD - Station de Neufchâteau - Sainte-Marie 97130 CAPESTERRE BELLE EAU (Guadeloupe). Hortense PICARD était stagiaire à l'IRFA/CIRAD.

La présence et le processus d'attaque des nématodes ont été étudiés sur bananiers pour plusieurs espèces : *Radopho-*

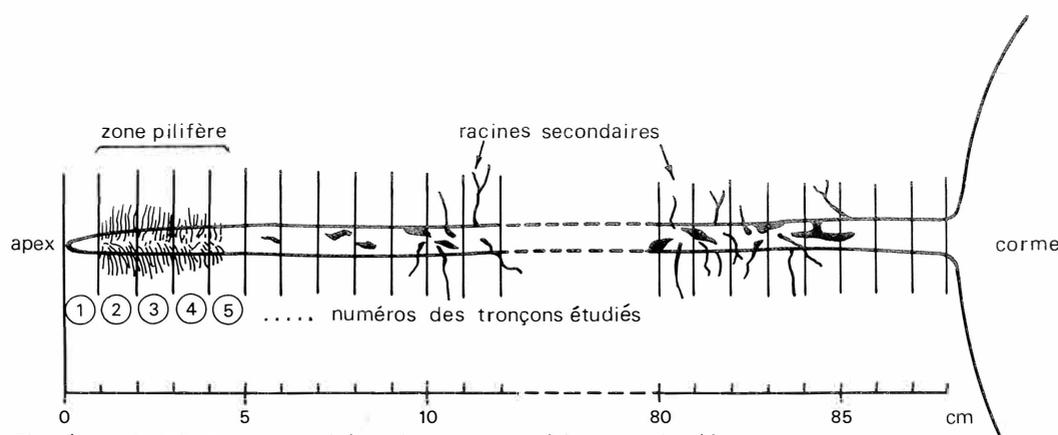


Fig. 1 * Représentation schématique de la méthodologie d'étude de la racine par tronçons.

lus similis (LOOS et LOOS, 1960 ; BLAKE, 1961), *R. similis* et *H. multicinctus* (BLAKE, 1960). *Pratylenchus coffeae* sur plantain (PINOCHET, 1978). Dans tous les cas, il a été constaté que les zones atteintes finissaient par se nécroser, laissant apparaître une tache sur la racine. Ces taches paraissent donc être une conséquence des attaques des nématodes. BLAKE en 1961 isole plusieurs champignons de ces nécroses et démontre en 1966 une synergie entre *R. similis* et *Fusarium oxysporum* dans le développement de ces taches. De nombreuses espèces de champignons ont été depuis associées au développement des nécroses racinaires (PINOCHET et STOVER, 1980). Ce complexe champignon-nématodes est important à connaître pour mieux comprendre le processus de dégradation des racines et les conséquences pour la plante entière (LORIDAT, 1986).

Une approche est réalisée ici pour mieux apprécier les relations entre les populations de nématodes (*Radopholus similis* principalement, mais aussi *Helicotylenchus multicinctus*) et l'apparition puis le développement des taches et nécroses sur les racines.

MATERIEL ET METHODES

Dans une bananeraie qui n'a pas reçu de nématicides, on prélève des racines depuis l'apex jusqu'à leur point d'insertion sur le corne. Après avoir été rincées, ces racines sont découpées en tronçons d'un centimètre de longueur, et numérotées à partir de l'apex (figure 1).

Un examen sous la loupe binoculaire permet de décrire précisément la surface de chaque tronçon. Les critères suivants ont été retenus :

- couleur de la racine,
- nombre d'ébauches de racines secondaires,
- nombre de racines secondaires émises,
- nombre et surface des taches observées, réparties en trois catégories de couleur : noires, rouges (ou noires bordées de rouge), brunes,
- nombre de dépressions (petites cavités hémisphériques très typiques de moins de 0,5 mm de diamètre, observées fréquemment au niveau de l'épiderme).

Les tronçons sont ensuite découpés longitudinalement afin d'extraire le cylindre central, puis le cortex est coloré dans une solution de bleu coton + lactophénol à chaud. Après éclaircissage au lactophénol à froid, le cortex est écrasé et étalé dans une boîte de Pétri sous un film plastique, puis observé dans sa totalité à la loupe et au microscope.

Cette méthode permet de distinguer clairement les nématodes (adultes, larves et oeufs). Bien que certains aient été libérés dans le lactophénol lors de l'écrasement des tissus, la plupart des individus sont restés en place dans le parenchyme cortical éclairci.

RESULTATS

Compte tenu de la diversité des conditions d'environnement de la racine (hétérogénéité de l'inoculum du sol et de la vitesse de croissance entre autres), il n'est pas possible de comparer globalement les racines entre elles. Après une présentation individuelle, on travaillera sur l'ensemble des tronçons afin d'apprécier éventuellement les relations entre traumatismes nécrotiques et populations de nématodes.

Racine A - Longueur : 81 cm (figure 2 a).

Les premiers nématodes sont observés à 8 cm de l'apex. Les populations les plus abondantes (≈ 35 /tronçon) sont visibles entre 46 et 55 cm. A proximité du corne, on ne trouve plus de nématodes.

Il n'y a pas de relation simple entre la présence de taches et la quantité d'individus présents : les symptômes les plus développés en surface sont observés surtout vers le corne (60-80 cm) soit sur un secteur plus ancien que celui à forte densité de populations (40-55 cm). La présence de zones à petites taches rouges ($> 20 \text{ mm}^2$ par tronçon) correspond à de faibles populations de nématodes (> 6 individus/tronçon).

Il n'y a pas non plus de relation entre le nombre de dépressions et le nombre d'individus présents.

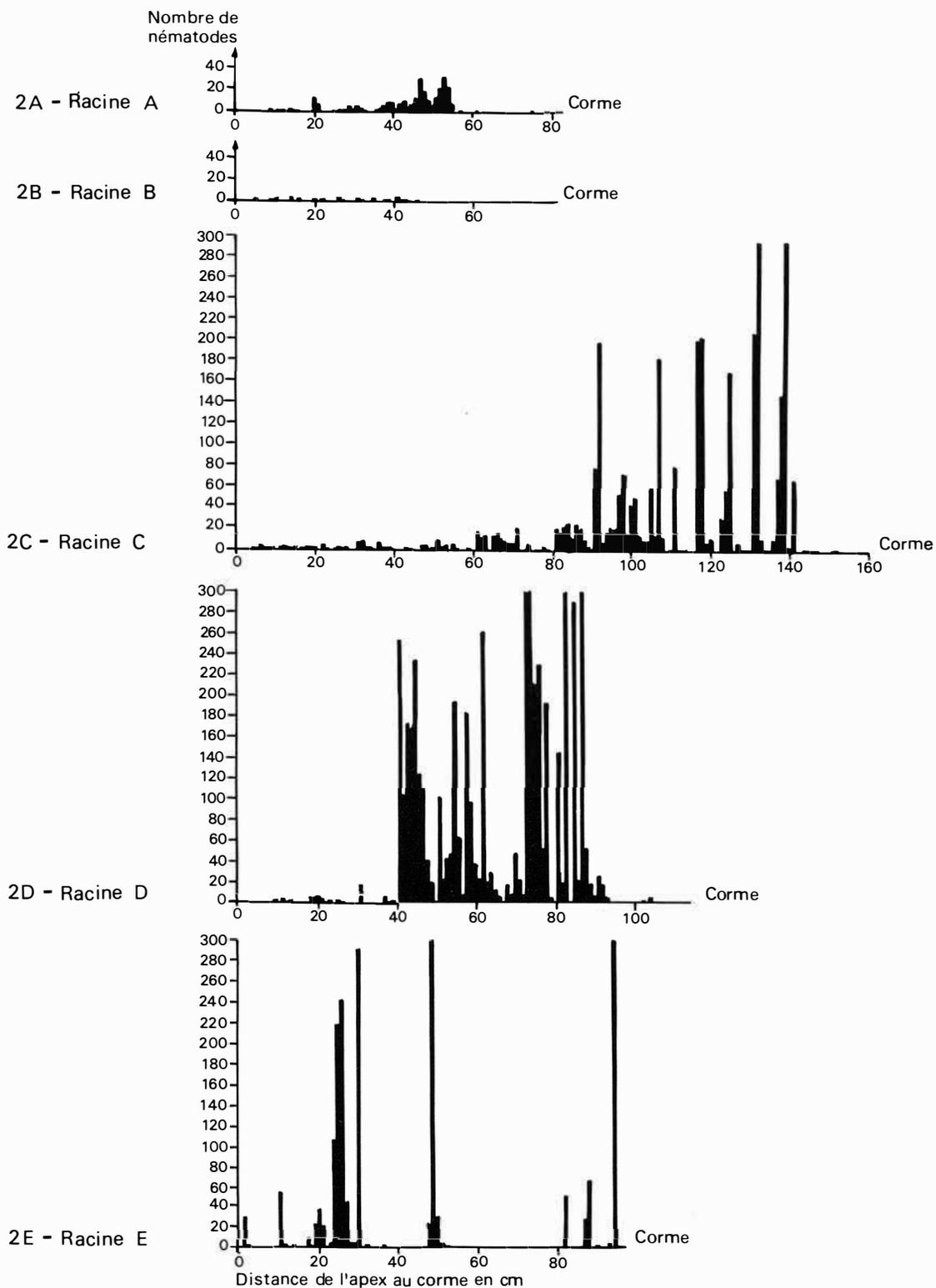


Fig. 2 * Répartition des nématodes le long de cinq racines.

Les premières ébauches de racines secondaires apparaissent à 17 cm de l'apex, soit en amont des premières pénétrations de nématodes.

Racine B - Longueur : 74 cm (figure 2 b)

Les premiers nématodes sont observés à 4 cm de l'apex.

On doit cependant noter que celui-ci est en mauvais état puisqu'il présente d'importantes taches brunes.

Cette racine nous apporte peu d'informations : très faible infestation (4 individus au maximum), taches noires et rouges éparpillées sans relation particulière avec la distribution des nématodes.

Racine C - Longueur : 160 cm (figure 2 c).

Les premiers nématodes sont observés à 3 cm de l'apex. Comme dans le cas de la racine précédente, celui-ci était lésé (présence de taches brunes). Dans les parties âgées de la racine des populations importantes ont été dénombrées : jusqu'à 390 nématodes dans un tronçon de 1 cm (ce qui équivaldrait à environ 2 280 individus par gramme de matière fraîche).

Les tronçons les plus proches du corme sont toujours indemnes de nématodes. Les taches les plus importantes ne correspondent pas ici non plus aux zones les plus infestées.

Les ébauches de racines secondaires n'apparaissent qu'à partir de 22 cm de l'apex, soit de nouveau après les premiers nématodes.

Racine D - Longueur : 115 cm (figure 2 d).

Le premier nématode adulte est observé à 9 cm de l'apex. Des larves sont visibles (à 19 cm) avant les premiers oeufs (21 cm), ce qui pourrait s'expliquer par la pénétration directe des larves dans la racine.

On observe ici encore l'importance des nécroses à proximité du corme et l'absence de nématodes dans cette zone.

Racine E - Longueur : 95 cm (figure 2 e).

Les premiers adultes sont observés à 9 cm, les larves à 1 cm et les oeufs à 10 cm. Les populations importantes correspondent rarement aux secteurs fortement tachés.

Nous avons le premier cas d'une présence de nématodes à proximité du corme (plus de 300 larves dans le dernier cm).

ESSAI D'INTERPRETATION**Pénétration des nématodes.**

L'évaluation de la pénétration des nématodes n'est possible que pour les zones infestées les plus proches de l'apex. Au-delà, en «remontant» vers le corme, les populations observées résultent du cumul des nouvelles pénétrations et de la multiplication *in situ* des nématodes. L'impossibilité de différencier ces deux origines interdit toute interprétation.

- Zone de l'apex (3 ou 4 premiers centimètres).

On n'observe jamais de nématodes dans cette zone. On peut donc penser que, dans les conditions normales, le développement des populations de nématodes apparaît trop lent pour perturber directement la croissance racinaire (vitesse et orientation). Toutefois dans le cas d'un arrêt ou d'un ralentissement accidentel de cette croissance (compaction, hydromorphie, etc.), il n'est pas exclu que le méristème puisse être détruit par le développement des endoparasites.

- Pénétration au stade larvaire.

Dans les racines D et E, la présence de larves à proximité de l'apex ne peut s'expliquer que par leur pénétration directe.

Répartition des nématodes.

- Type de répartition.

La répartition des nématodes dans les racines est fortement agrégative (figure 2). Des portions importantes des

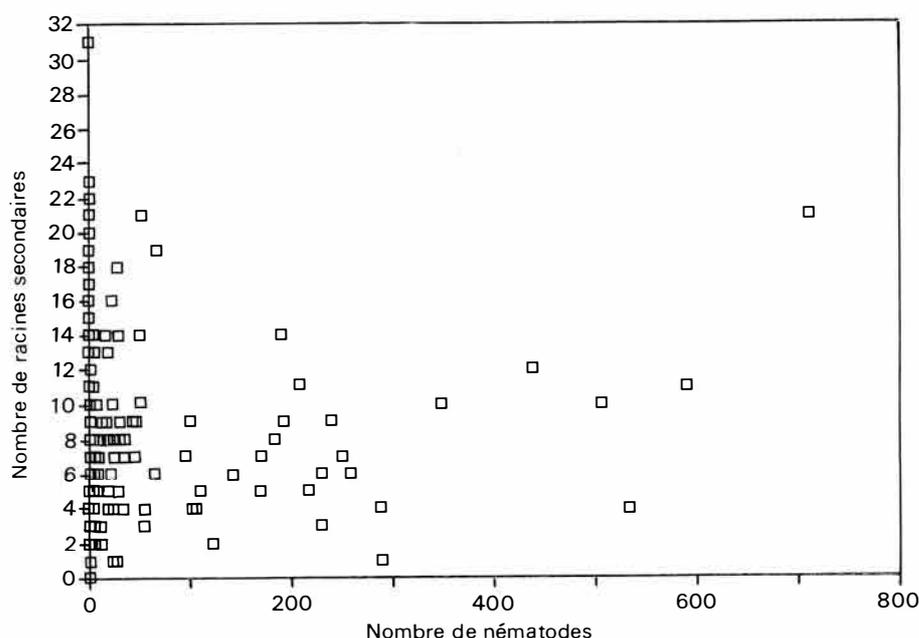


Fig. 3 * Relation entre les populations de nématodes et la présence de racines secondaires.

racines sont absolument vierges de nématodes dont les infestations sont très localisées. Il est fréquent d'observer un tronçon (1 centimètre) très infesté alors que les tronçons immédiatement voisins sont absolument indemnes de ces parasites.

On observe dans les zones parasitées tous les stades biologiques (oeufs, larves, adultes) ce qui laisse supposer une reproduction très localisée des individus après pénétration. La progression des nématodes semble limitée à leurs besoins alimentaires, c'est-à-dire aux quelques cellules qui les entourent, ce qui laisse supposer une faible mobilité intratissulaire.

Corollairement, ces variations très importantes de populations témoignent d'une pénétration discontinue le long de la racine. Cette hétérogénéité rend compte en grande partie de la répartition de l'inoculum dans le sol.

- Relation avec les racines secondaires.

Il apparaît intéressant de relier le nombre de racines secondaires d'un tronçon aux populations de nématodes observées, et ce pour deux raisons :

1) l'émission des racines secondaires se fait à travers le cortex de la racine primaire. Les tissus ainsi lésés offrent une porte d'entrée aux organismes du sol. Des zones nécrosées très fréquentes à la base de chaque départ de racine le confirment. Il apparaît intéressant de savoir si ces lésions favorisent la pénétration des nématodes.

2) dans l'hypothèse d'une pénétration privilégiée des nématodes dans les racines secondaires, celles-ci pourraient représenter une source d'inoculum pour la racine primaire par migration intratissulaire (LOOS et LOOS, 1960).

La figure 3 représente la distribution de ces points : il n'en ressort aucune relation particulière. Il n'existe donc pas de liaison simple entre les racines secondaires et les infestations de nématodes.

Ce résultat n'invalide pas les hypothèses décrites précédemment. Dans cette étude la pénétration directe des nématodes peut masquer l'influence des racines secondaires. D'autre part, la pénétration des nématodes n'est possible que s'ils sont présents dans le sol environnant. On peut simplement conclure que si la voie de pénétration par les racines secondaires existe, elle n'est ni nécessaire ni même préférentielle pour l'infestation d'une racine primaire.

- Relation avec les taches.

Les figures 4 et 5 exposent les relations entre les populations de nématodes présentes dans chaque tronçon et la surface des taches brunes, noires ou rouges. Dans les trois cas l'ensemble des points se situe en-dessous d'une courbe-enveloppe plus ou moins concave du type $y = a/x$.

- . Taches brunes (figure 4 a).

On remarque que la plupart des points se situe sur les axes ou à proximité immédiate. Cette distribution semble montrer une incompatibilité entre les taches brunes et la

présence de nématodes.

Lors de la prise d'échantillon, on a remarqué que les taches brunes semblaient souvent correspondre à des conditions physiques particulières du sol, défavorables au développement de la racine. Cette modification physiologique de la racine apparaît défavorable à la présence des nématodes.

- . Taches noires (figure 4 b).

L'existence de quelques points intermédiaires (courbe-enveloppe moins concave) montre une coexistence possible, mais assez rare, des taches noires et des nématodes.

- . Taches rouges (figure 4 c).

Le phénomène précédent est ici plus accentué avec la présence de nombreux points intermédiaires. Il faut noter cependant un changement d'échelle des surfaces de taches. En effet les taches rouges apparaissent en premier et sont donc de plus petite taille. Leur centre noircit ensuite puis dépasse la zone rouge pour s'étendre rapidement en taches noires.

On remarque également un rassemblement des points vers l'origine et une distribution moins orientée vers les axes. Cela semble montrer une possibilité de relation entre taches rouges de petites tailles et faibles populations de nématodes (début d'infestation).

L'absence de relation positive nette entre populations de nématodes et taches noires ou rouges peut s'expliquer en considérant ces relations sous l'aspect dynamique. BLAKE avait mis en évidence la présence de champignons dans l'évolution des nécroses tissulaires après pénétration de nématodes. Nos observations peuvent alors s'expliquer par l'évolution des relations entre ces parasites. La présence de nématodes favoriserait l'installation de champignons, mais ces derniers se développeraient par la suite très vite au détriment des nématodes. On note ainsi une extension de la nécrose alors que la population correspondante de nématodes diminue selon le schéma présenté à la figure 5.

Il est important de replacer ces observations faites à petite échelle (1 cm), à l'ensemble du système racinaire :

- à l'échelle du centimètre, des tronçons fortement infestés de nématodes ne présentent généralement pas de symptômes particuliers, et d'autres très nécrosés ne contiennent pas de nématodes.
- sur le terrain, la pratique montre qu'en moyenne les racines blanches sont peu ou pas infestées et celles qui présentent des taches nécrotiques le sont beaucoup plus.

Grâce à cette étude, on peut dire que les nématodes sont plutôt concentrés dans les parties blanches des racines intercalées entre les taches. Il y aurait donc déplacement des nématodes vers les parties indemnes de la racine. Cette migration peut se faire directement par cheminement dans la racine, mais la colonisation à partir des tissus lors de l'extension des attaques fongiques est vraisemblablement prédominante (BLAKE, 1966).

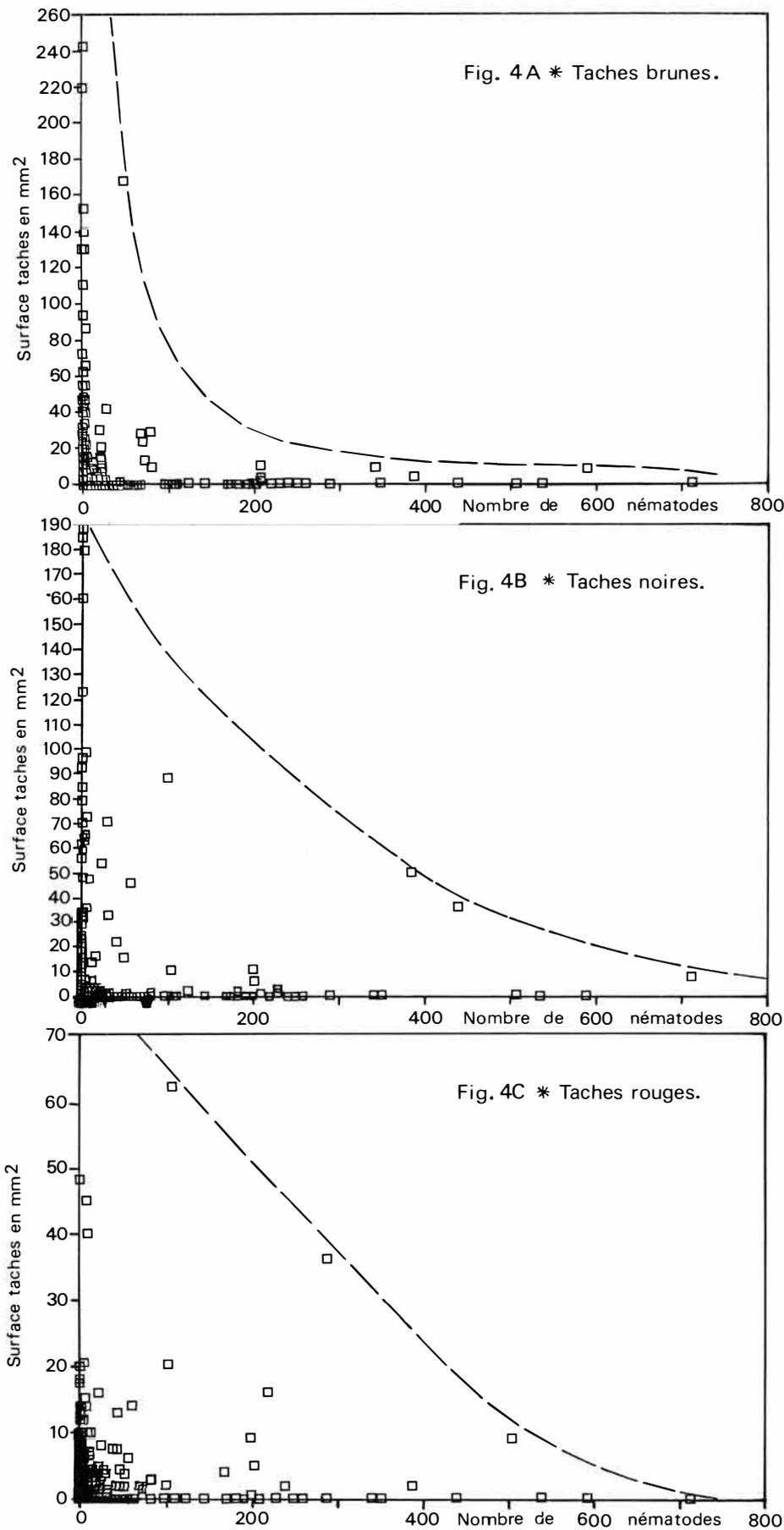


Figure 4 A-B-C-D.
Relation entre les populations de nématodes et la présence de taches tissulaires.

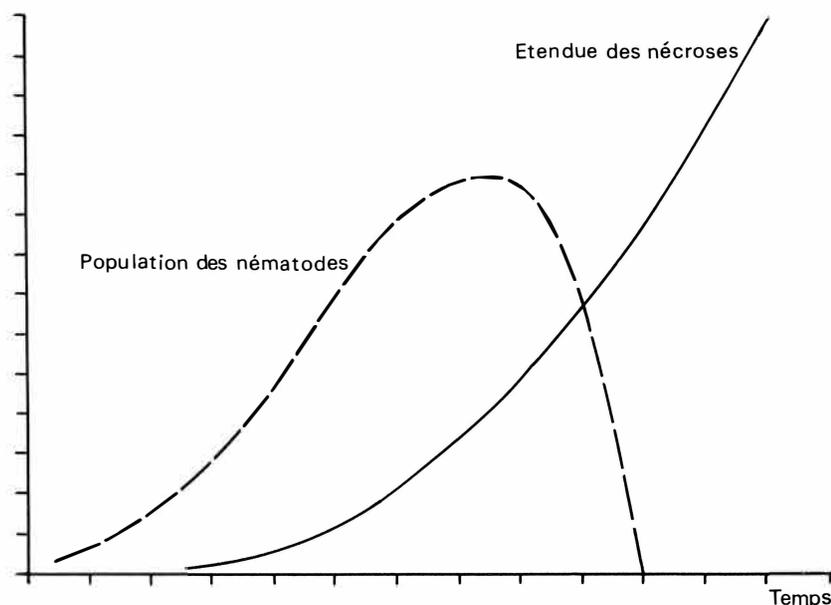


Fig. 5 * Schéma explicatif des relations supposées entre nématodes et nécroses racinaires.

CONCLUSION

Les taches rouges et noires sur les racines de bananiers sont souvent considérées comme les révélateurs de la présence de nématodes. Si cette observation se révèle exacte en première approximation à l'échelle du système racinaire, elle ne se vérifie plus à petite échelle (tronçons d'un centimètre). Seules les petites taches rouges peuvent signifier l'existence de populations en voie de développement.

La présence de taches et de nématodes dans les racines

semble résulter de deux phénomènes liés entre eux mais aux dynamiques différentes ; pénétration et développement des nématodes d'une part, attaques fongiques secondaires qui dépassent par la suite l'extension des nématodes d'autre part. Il y a ensuite réinfestation des parties saines de la racine par les nématodes libérés dans le sol du fait de la destruction des tissus.

Ces deux composantes liées entre elles concourent à la dégradation de la racine et devront être distinguées lors des études futures sur le développement des nécroses racinaires du bananier.

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.). 1966.
The histological changes in banana roots caused by *Radopholus similis* and *Helicotylenchus multicinctus*.
Nematologica, 12, 129-137.
- LOOS (C.A.) et LOOS (Sarah B.). 1960.
The black-head disease of bananas (*Musa acuminata*).
Proc. Helminth. Soc., 27 (2), 189-193.
- LOOS (C.A.). 1962.
Studies of the life history and habits of the burrowing nematode *Radopholus similis*, the cause of the Black Head disease of bananas.
Proc. Helminth. Soc., 29 (1), 43-52.
- LORIDAT (Ph.). 1986.
Contribution à l'étude des facteurs limitant le rendement en bananeraie martiniquaise.
Mémoire de fin d'Etudes, ENSH, Versailles.
- PINOCHET (J.). 1978.
Histopathology of the root lesion nematode, *Pratylenchus coffeae*, on plantains, *Musa AAB*.
Nematologica, 24, 337-340.
- PINOCHET (J.) et STOVER (R.H.). 1980.
Fungi associated with nematode lesions on plantains in Honduras.
Nematropica, 8 (1), 112-115.
- SARAH (J.L.). 1986.
Répartition spatiale des infestations racinaires de *Radopholus similis* (COBB) en relation avec la croissance et le développement du bananier 'Poyo' en Côte d'Ivoire.
Fruits, 41 (7-8), 427-435.

RÄUMLICHE BEZIEHUNGEN ZWISCHEN WURZELFLECKEN UND NEKROSEN UND ENDOPARASITÄREN NEMATODEN BEI DER BANANENPFLANZE.

R. HUGON und Hortense PICARD.

Fruits, Sep. 1988, vol. 43, n° 9, p. 491-498.

KURZFASSUNG - Im Zuge einer eingehenden Bananenpflanzenwurzel-Untersuchung war man bemüht, die räumlichen Beziehungen zwischen endoparasitären Nematoden und Gewebenekrosen zu erkennen. Über 500 ein Zentimeter lange Teilabschnitte von 5 verschiedenen Wurzeln wurden analysiert. Die beobachteten Flecken wurden in 3 Kategorien (braun, schwarz, rot) rubriziert. Beim Auftreten von braunen Flecken sind keine Nematoden vorhanden, welche auch im Falle schwarzer bzw. roter Nekrosen nur selten beobachtet werden. Die umfangreichsten Populationen finden sich normalerweise in den nicht nekrotischen Teilen des Wurzelwerks. Das Eindringen von Nematoden in die Wurzel ermöglicht offenbar die Ausbreitung von Pilzen bei gleichzeitiger Entwicklung von Nekrosen, und die Pilze sollen den Nematoden schaden. So kontaminieren die Nematoden nach dem Verlassen der Gewebe erneut gesunde Wurzelteile.

RELACIONES ESPACIALES ENTRE MANCHAS Y NECROSIS DE LAS RAICES Y NEMATODOS ENDOPARASITARIOS EN EL BANANO.

R. HUGON y Hortense PICARD.

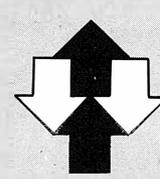
Fruits, Sep. 1988, vol. 43, n° 9, p. 491-498.

RESUMEN - Mediante un estudio muy detallado de raíces de bananos, se han tratado de precisar las relaciones espaciales entre nemátodos endoparasitarios y necrosis de los tejidos. Se han analizado más de 500 trozos de un centímetro provenientes de 5 raíces diferentes. Las manchas observadas se han clasificado en 3 categorías (pardas, negras, rojas). Las manchas pardas son incompatibles con la presencia de nemátodos. Los nemátodos sólo se observan raramente al mismo nivel de las necrosis negras o rojas. Las poblaciones más importantes se encuentran regularmente en las partes no necrosadas de las raíces. La penetración de nemátodos en la raíz permitiría la instalación de hongos cuya extensión, acarreado el desarrollo de necrosis, sería desfavorables a los nemátodos. Estos, al salir de los tejidos, irían a contaminar nuevas partes sanas de la raíz.




*Votre eau est précieuse
nous la respectons*

**LA MAITRISE
DU GOUTTE A GOUTTE
ET DE L'ASPERSION
DEPUIS 20 ANS**



KULKER SA

Siège et export :
45600 Sully-sur-Loire
☎ 38.36.53.04 . Télax 760 598 F

DOM-TOM : 34160 Castries
☎ 67.70.42.70 . Télax 490 274 F FRANCE

MGCL Orléans - ☎ 38.54.24.58