

# INFLUENCE DE TROIS NEMATODES PHYTOPARASITES SUR LE BANANIER MUSA ACUMINATA : SYNTHESE ET PERSPECTIVES

Thierry MATEILLE & Patrice CADET

ORSTOM, BP 1386, Dakar, Sénégal.

## RESUME

Une étude de la pathologie du bananier Musa acuminata due aux nématodes Radopholus similis, Helicotylenchus multicinctus et Hoplolaimus pararobustus a été menée en Côte d'Ivoire. La pathologie a été étudiée sur les variétés Poyo (sous-groupe Cavendish) et Gros Michel (sous-groupe Gros Michel). Le développement des populations des nématodes et leur incidence sur la croissance des bananiers et sur deux fonctions du métabolisme (absorption minérale et organique, et photosynthèse) et certains aspects du métabolisme phénolique intervenant en réaction au parasitisme ont été étudiés. La relation hôte-parasite est spécifique de chacune de ses deux composantes : la variété Gros Michel est moins sensible à R. similis que la variété Poyo, et le comportement variétal vis à vis d'H. multicinctus et H. pararobustus est identique entre les deux variétés. La sensibilité est liée à la compatibilité physiologique entre l'hôte et le parasite: après infestation par R. similis, la variété Gros Michel renforce son métabolisme phénolique, alors qu'aucune des deux variétés ne réagit, ou très brièvement, à H. multicinctus et H. pararobustus.

## INTRODUCTION

Pour lutter contre les nématodes phytoparasites en culture bananière, l'objectif poursuivi était double : obtenir du matériel indemne de nématodes pour d'une part l'utiliser comme matériel de plantation en bananeraie, d'autre part constituer un système expérimental pour étudier les relations hôte-parasite. Une fois le

107131

premier objectif atteint, se posait rapidement la question de savoir quels avantages les vitro-plants de bananiers sensibles allaient apporter à la culture bananière. Car, si ce résultat met un terme à l'utilisation de souches ou de rejets infestés (essentiellement par Radopholus similis), il ne résout pas le problème de l'assainissement des sols. Actuellement, deux techniques de lutte sont pratiquées. L'une concerne le traitement chimique des sols, l'autre la lutte culturale. Avec la première technique, le contrôle des populations n'est pas total. Comme il agit sur toutes les espèces en présence, les résidus d'inoculum après traitement restent polyspécifiques, et, par la suite, les populations retrouvent leur ancien équilibre. Avec la seconde technique, actuellement représentée par la jachère et la submersion, le contrôle des populations est beaucoup plus profond, voire total pour certaines espèces telle que R. similis. Il ne l'est malheureusement pas pour toutes, ce qui a pour effet de déséquilibrer le pool parasitaire en faveur d'espèces plus secondaires, comme Helicotylenchus multicinctus et Hoplolaimus pararobustus, dont l'impact peut être important (Mateille et al., 1988; 1992; 1993) D'où la nécessité d'étudier l'incidence de ces nématodes sur les vitro-plants de bananiers et d'apprécier leur comportement variétal.

## LES RELATIONS PLANTE-NEMATODE : SYSTEME IN VITRO

Il a d'abord fallu résoudre le problème des contraintes du système d'élevage in vitro, à savoir établir des conditions d'élevage des nématodes adaptées à la culture des vitro-plants. Ceci a consisté en un sevrage hormonal total, en une diminution de la concentration en hydrates de carbone, et la mise à l'obscurité du système racinaire, ce qui n'a affecté ni la croissance ultérieure des plants en serre (conformité morphologique des plants), ni leurs caractéristiques végétales et productives au champ (Mateille & Foncelle, 1988).

Bien qu'améliorées, ces conditions de culture in vitro n'ont pas été favorables à toutes les espèces (Fig. 1), car si l'on a obtenu une forte multiplication de R. similis, H. multicinctus et H. pararobustus ne se sont pas développés (Mateille, 1990). Ce résultat représente la première différence de comportement entre les espèces, par rapport aux conditions d'élevage. Il indique que les trois nématodes étudiés n'ont



pas les mêmes exigences quant au milieu. Ensuite, alors que ces espèces sont toutes considérées comme endoparasites sur bananier, les rares H. multicinctus et H. pararobustus qui ont survécu se sont comportés comme des ectoparasites, attitude qu'ils ont sur les autres cultures. Cette caractéristique observée in vitro peut expliquer, par rapport aux conditions d'élevage, leur inaptitude à se multiplier. A l'inverse, la croissance démographique de R. similis est si intense que l'affaiblissement des plants est foudroyant. La trop grande fragilité des plants, qui masque l'évolution progressive des dégâts, empêche toute comparaison entre variétés. Un autre aspect devrait être pris en compte. Il s'agit de la qualité d'hôte des plantules cultivées in vitro. En effet, rien ne permet actuellement de s'assurer d'une part de la conformité génétique des plantules par rapport aux pieds mères, d'autre part de l'expression de toutes les composantes de la résistance dans ces plantules. Les travaux menés par Pool et Irizarry (1985) sur la variété Grande Naine indiquent que les mutations génétiques atteignent 5 à 19% des plants. Malheureusement, ces distorsions ne sont visibles que sur des plants ayant acquis une conformation adulte. Mais, sans aller jusqu'à la mutation de caractères, les différences morphologiques existant entre les plantules in vitro (stade juvénile avec feuilles lancéolées et chevelu racinaire) et les plants transférés au champ (stade adulte avec feuilles élargies et racines radiales) traduisent des différences physiologiques. Le passage d'un stade à l'autre pourrait s'accompagner de l'acquisition de fonctions nouvelles, susceptibles d'interférer avec l'expression de la résistance ou de la sensibilité vis à vis des parasites. Serait-ce le cas pour ce qui concerne le métabolisme phénolique des pousses, aucune coloration des nécroses superficielles n'étant visible in vitro ? A moins qu'elle ne soit due in vivo à d'autres parasites ? Ce fait nouveau a conduit à vérifier le rôle joué par les nématodes dans l'établissement des nécroses superficielles.

La trop grande sensibilité des plantules, l'impossibilité d'une standardisation des tests à cause des biologies différentes entre les nématodes et la méconnaissance du matériel végétal servant à tester le degré de résistance in vitro ne permettent pas l'étude du comportement variétal du bananier en conditions monoxéniques. Il serait donc malavisé d'adopter le système in vitro pour le criblage précoce des variétés de bananier.

## ETIOLOGIE DES NECROSES RACINAIRES

L'inventaire des nématodes et des champignons, dans les nécroses racinaires prélevées sur des bananiers in situ, a révélé que la variété des sols de bananeraie en Côte d'Ivoire n'influencait pas le contenu nématologique et cryptogamique de ces nécroses (Mateille & Folkertsma, 1991). Parmi les associations nématodes-champignons, celles composées par R. similis et Fusarium oxysporum étaient les plus nombreuses. Mais, quelle que soit la structure polyspécifique des communautés de nématodes, les nécroses superficielles abritaient majoritairement R. similis seul. Quand nématodes et champignons sont inoculés in vitro sur des pousses de bananier Poyo, il s'avère que les dégâts causés par R. similis sont supérieurs à ceux causés par F. oxysporum. Cela montre bien l'effet pathogène de R. similis seul. Bien sûr, l'inoculation des deux parasites induit un affaiblissement des pousses encore plus rapide.

## LES RELATIONS PLANTE-NEMATODE : SYSTEME IN VIVO

La composante variétale du bananier a été introduite à ce stade de l'étude, par comparaison de deux variétés triploïdes AAA dérivant de la même espèce sauvage Musa acuminata mais appartenant à deux sous-groupes botaniques différents, à savoir la variété Poyo du sous-groupe Cavendish, et la variété Gros Michel du sous-groupe portant le même nom. Malgré leurs similitudes phyllogénétiques, ces deux variétés sont connues pour leur différence de qualité d'hôte à R. similis, la variété Gros Michel étant moins sensible que la variété Poyo (Wehunt et al., 1978). Deux voies de recherche ont été suivies. La première a consisté à identifier le caractère parasite et pathogène des trois nématodes R. similis, H. multicinctus et H. pararobustus sur bananiers indemnes de nématodes, par (i) l'étude de l'évolution des populations de chacune des trois espèces, (ii) l'étude de leur incidence sur la croissance végétative du bananier, (iii) l'étude de leur incidence sur deux fonctions du métabolisme primaire de la plante (absorption minérale et organique, et photosynthèse). La seconde s'est adressée au métabolisme secondaire en réaction au parasitisme, par des études histo et physiopathologiques racinaires.

La pénétration de R. similis est plus lente (Fig. 2) et sa multiplication moins importante dans les racines de la variété Gros Michel. En cas de trop fortes populations, celles-ci peuvent ne pas se développer sur Poyo à cause d'un affaiblissement excessif de la plante, mais se multiplier sur Gros Michel, provoquant une rupture de la résistance (Fig. 3). Le cycle du parasite est totalement endoracinaire. Mais la migration du nématode, continue et rectiligne dans les racines de la variété Poyo (pontes en chapelets), semble freinée dans celles de la variété Gros Michel (habitus bouclés et individus dispersés). La structure démographique des populations est essentiellement de sexe femelle, ce qui est en accord avec le caractère quasi parthénogénétique de ce nématode (Brooks & Perry, 1962). Le type de variété n'influe pas sur cette structure, mais modifie la situation géographique des divers stades, entre sol et racines. La pénétration et la multiplication d'H. multincinctus sont faibles mais identiques dans les racines des deux variétés. Le cycle du parasite est à la fois intraracinaire et tellurique. La migration racinaire discontinue du nématode (habitus bouclés et pontes en amas) et la structure démographique bisexuelle sont identiques sur les deux variétés. La pénétration d'H. pararobustus dans les racines est faible sur les deux variétés, sa multiplication sensiblement plus importante sur la variété Gros Michel. Le cycle du parasite est à la fois endoracinaire et tellurique, et sa migration racinaire continue, sans influence de la variété. Mais la structure démographique est modifiée par la nature de la variété, une concentration de mâles étant observée dans les racines de la variété Gros Michel. H. pararobustus se situe toujours dans la zone externe du parenchyme cortical : il peut migrer de manière rectiligne ou transversalement, enroulé autour de la racine, ce qui explique les pontes très diffuses. Ce nématode provoque des nécroses superficielles affleurant la surface racinaire. Les dégâts sont identiques sur les deux variétés (Mateille, 1993b). Un rapprochement est à faire sur le mode de parasitisme des nématodes entre ces observations et celles faites in vitro. Nous avons vu précédemment qu'H. multincinctus et H. pararobustus avaient un comportement ectoparasite en élevage monoxénique. In vivo, ces deux nématodes ont une phase endoparasite au cours de leur cycle, mais leur situation intraracinaire est très externe, ainsi que leurs dégâts tissulaires. Alors

que R. similis a un parasitisme intraracinaire très profond (Blake, 1966).

Il est donc confirmé que les deux variétés diffèrent par leur sensibilité à R. similis, mais on ne peut en dire autant d'H. multincinctus et d'H. pararobustus qui, à quelques critères près, semblent les parasiter de manière analogue.

Incidences sur la croissance végétative des bananiers et sur leur métabolisme primaire (Mateille, 1993a)

Les dimensions et la croissance du système foliaire sont identiques pour les deux variétés. Les trois nématodes n'agissent pas sur l'émission des feuilles (Fig. 4). S'il n'a pas été possible de détecter l'incidence de H. multincinctus sur le développement des feuilles, R. similis et H. pararobustus agiraient sur l'une ou les deux composantes de la surface (longueur et largeur) des feuilles de la variété Poyo. Le système racinaire (rhizome et racines) constitue un caractère variétal, la rhizosphère étant plus développée sur la variété Gros Michel. Les nématodes agissent différemment sur le développement racinaire, R. similis freinant l'émission des racines sur la variété Poyo, et la stimulant sur la variété Gros Michel. H. multincinctus et H. pararobustus ont tendance à la stimuler sur les deux variétés. L'impact des nématodes n'est donc pas semblable sur le système racinaire d'une part et foliaire d'autre part. Le développement du système racinaire, directement soumis à la pression parasitaire, réagit probablement à l'infestation : il peut être stimulé dans le cas des deux Hoplolaimidae sur les deux variétés, comme si la rhizogenèse était activée en réponse au parasitisme. Ceci est également valable pour R. similis sur la variété Gros Michel, plus résistante. Mais dans ce cas, on ne peut pas dire si c'est en réaction à la diminution de la population infestante par la variété, ou si cela est lié à l'induction d'un mécanisme de défense spécifique à la variété. L'évolution du système foliaire est irrémédiable. Celui-ci est révélateur de l'état de santé de la plante, état qui empire, malgré l'accroissement du volume racinaire pour contrecarrer l'action des nématodes.

Comme dans le cas de la croissance végétative, les perturbations de la photosynthèse et de la nutrition organique vont souvent dans le sens d'une augmentation d'activité. Ceci se traduit par un accroissement des concentrations en pigments photosynthétiques

(supérieur sur la variété Gros Michel) et en carbone et azote. C'est encore un exemple de réaction positive de la plante au parasitisme. Les effets sur l'absorption minérale sont très divers et différent selon le nématode. On retiendra que, excepté l'absorption du calcium diminué par H. multincinctus sur la variété Poyo, les Hoplolaimidae ne perturbent pas l'absorption minérale du bananier. Par contre, R. similis diminue l'absorption en potassium et en phosphate sur Poyo, et en calcium sur Gros Michel. Il est important de constater que, quelles que soient les perturbations en P et K, la balance P/K reste toujours constante. Ce dernier point montre que R. similis n'agit pas directement sur l'absorption minérale, mais qu'il induit une perturbation physiologique commune, due par exemple à la destruction de l'intégrité du tissu racinaire. La diminution de l'absorption calcique sur la variété Gros Michel met en évidence le rôle possible de cet élément dans les mécanismes de défense de cette variété vis à vis de R. similis : certains enzymes intervenant dans les métabolismes de résistance sont calcium-dépendantes.

R. similis, H. multincinctus et H. pararobustus, sont individuellement pathogènes en terme d'impact sur la croissance végétative des bananiers. Ce résultat est nouveau si l'on tient compte des conditions expérimentales. En effet, c'est grâce à la micropropagation du bananier que nous avons pu obtenir des plants indemnes et étudier l'effet des nématodes sur le bananier, avec des inoculations contrôlées. D'autre part, pour R. similis et H. multincinctus, les données agronomiques connues à ce jour concernaient essentiellement des critères de précocité des récoltes et de rendement. Nous avons pu mesurer, grâce à ces conditions contrôlées et grâce à la miniaturisation du système expérimental, des critères végétatifs plus précis. Ensuite, l'emploi de populations monospécifiques permet désormais de lever les doutes sur l'effet de chaque espèce, doutes liés à la polyspécificité des populations indigènes. Enfin, ces résultats révèlent pour la première fois l'effet pathogène d'H. pararobustus sur bananier. Ses dégâts tissulaires avaient été succinctement décrits (Whitehead, 1959) et son importance économique reste inconnue. Si seule son expansion géographique avait suscité l'attention (Fargette & Quénehervé, 1988) sa nocivité est maintenant reconnue.

Ces résultats amènent deux réflexions, l'une sur le choix des techniques de lutte culturale, l'autre sur l'amélioration variétale. Si les jachères ou la submersion n'agissent que sur une ou quelques espèces, cela ne fait que déplacer le problème sur les autres espèces maintenues. Quand les populations étaient soumises à un équilibre écologique régi, entre autres, par des compétitions interspécifiques, les unes étaient considérées comme importantes (R. similis étant le leader), les autres très secondaires (comme H. pararobustus), en terme d'effectifs. Le déséquilibre que pourrait entraîner l'emploi d'une jachère par exemple (suppression de l'espèce dominante) renverserait les effectifs et pourrait alors renforcer l'impact d'une espèce secondaire devenue majeure (Mateille *et al.*, 1992, 1993). D'où l'importance du choix de la plante dans l'emploi des jachères. Le problème est identique dans le cas des submersions (Mateille *et al.*, 1988) qui permettent un assainissement total du sol en R. similis mais qui n'empêchent pas la survie de foyers d'H. multincinctus et d'H. pararobustus.

Le même problème se pose pour la recherche de variétés résistantes. Nous voyons que l'effet pathogène des nématodes est variable selon l'espèce et selon la variété. Il apparaît que le comportement variétal vis à vis de R. similis ne s'applique pas à H. multincinctus et H. pararobustus. Nous confirmons là les travaux de Pinochet et Rowe (1978) qui ont observé le même phénomène entre R. similis d'une part et Pratylenchus coffeae ou Meloidogyne incognita d'autre part. Le risque de la sélection variétale vis à vis d'un seul nématode (l'accent est actuellement mis sur R. similis) est renforcé car il exposera la variété sélectionnée à l'agressivité d'une autre espèce, et/ou modifiera l'équilibre des communautés de nématodes en sa défaveur. D'où la nécessité d'une meilleure connaissance de la pathologie du bananier aux nématodes et des facteurs d'incompatibilité mis en œuvre.

## REACTIONS DE DEFENSE DU BANANIER AUX NEMATODES

Nous basant sur les travaux précédemment accomplis sur d'autres plantes et d'autres nématodes, nous avons tenté d'identifier et de comprendre les effets de R. similis, H. multincinctus et H. pararobustus sur quelques fonctions métaboliques impliquées dans les

mécanismes de résistance de la plante, essentiellement en période de post-infestation. Nous avons postulé la mise en cause du métabolisme phénolique, et nous avons essayé de le vérifier (Mateille, 1993c).

Dans un premier temps, nous avons pu constater que les variétés Poyo et Gros Michel différaient par l'activité de leur métabolisme phénolique (Fig. 5). La première contient moins de phénols totaux, l'activité peroxydase (PO) y est moins intense, l'activité polyphénol oxydase (PPO) l'est davantage. Les activités phénylalanine ammonia-lyase (PAL) et tyrosine ammonia-lyase (TAL) sont identiques dans les deux variétés. L'activité associée du métabolisme hormonal indique une concentration moindre en indols (dont l'acide indol-3 acétique ou AIA) dans la variété Gros Michel.

Dans les deux variétés, les voies métaboliques peuvent être résumées ainsi :

1) synthèse des monophénols à partir de la tyrosine et de la phénylalanine, régulée respectivement par la TAL et la PAL. A partir des monophénols,

2) synthèse des polyphénols, régulée par les PPO. Ces polyphénols peuvent inhiber l'AIA oxydase qui catabolise l'AIA.

3) ou synthèse de lignines, régulée par les PO, et dégradation de l'AIA en indolacétaldéhyde. La variété Poyo privilégie le second embranchement, alors que la variété Gros Michel privilégie le troisième.

Sur chacune des deux variétés, chaque nématode induit des modifications liées à l'espèce. Cela se traduit, avec *R. similis*, par une stimulation du flux phénolique couplée à une activité PAL et TAL accrue sur la variété Gros Michel. A cela s'ajoute une hyperactivité PO qui, pour certaines d'entre elles, pourrait justifier une lignification des tissus qui provoquerait une cicatrisation plus rapide et plus forte des tissus abîmés. Sur la variété Poyo, la suractivité PPO indique la synthèse de polyphénols à partir de monophénols. Ces polyphénols interféreraient avec le métabolisme hormonal (Fig. 6).

La résistance partielle de la variété Gros Michel à *R. similis* serait due à une toxicité des phénols, phénomène illustré par la limitation de la pénétration racinaire, du développement de la population infestante, de la mauvaise migration des parasites dans la racine, et/ou au rétablissement plus rapide de l'intégrité des tissus lésés.

Au contraire, *H. multicinctus* et *H. pararobustus* modifieraient peu ces interactions métaboliques. Donc, si la relation plante-nématode est régie par le comportement variétal (ceci est illustré avec *R. similis*) elle n'en dépend pas moins de la nature de l'espèce infestante, puisque que la variété Gros Michel serait aussi compatible à *H. multicinctus* et *H. pararobustus* que la variété Poyo. Les interactions qui existent entre le nématode et la plante sont donc multiples, et cela prouve qu'une relation nutritionnelle, dont la qualité ne va pas satisfaire toutes les espèces de nématodes, est mise en jeu.

Ces liaisons préférentielles, entre un nématode et un tissu végétal selon son état physiologique, montrent la symétrie de la relation hôte-parasite. Ces liaisons laissent entrevoir la complexité des rapports avec la plante, complexité renforcée par son apparente spécificité vis à vis de l'espèce de nématode infestante. D'où la difficulté de rechercher une résistance polyspécifique.

#### LES PERSPECTIVES D'AMELIORATION VARIETALE

Les recherches sur l'amélioration variétale sont difficiles puisque la résistance à un nématode donné ne s'étend pas à d'autres nématodes, même s'ils ont des comportements biologiques similaires comme *R. similis* et *Pratylenchus coffeae* (Pinochet, 1988). Par ailleurs, la caractéristique parthénogénétique de la plupart des bananiers cultivés constitue un frein à ces recherches. De plus, les réactions métaboliques des plantes vis à vis des nématodes migrants ne sont pas aussi nettes que leurs réactions d'hypersensibilité vis à vis des nématodes sédentaires comme les genres *Meloidogyne*, *Heterodera* et *Globodera*. Il faut donc encore approfondir l'analyse du processus de résistance.

Tout d'abord, les travaux sur le comportement variétal devraient s'étendre à l'ensemble des variétés de bananiers, avec le souci de la qualité des critères d'évaluation de la résistance ou de la tolérance (ceux qui sont actuellement utilisés sont pour l'instant très peu fiables), et l'établissement de la fiche signalétique de chaque variété sur son degré de résistance vis à vis des principaux parasites, le danger actuel venant de l'exclusivité donnée à *R. similis*. Des variétés intéressantes existent; il s'agirait de préciser leurs caractéristiques. Des recherches

ont été entreprises sur une variété diploïde AA, la Pisang Jari Buaya, totalement résistante à R. similis (Pinochet & Rowe, 1978). Cette variété étant fertile, une descendance a pu être obtenue par recombinaison. L'un des clones a été retenu pour sa résistance à R. similis, mais il est sensible à P. coffeae. Aucun test n'a actuellement été pratiqué sur les autres clones issus de cette variété, clones qui, par ailleurs, présentent de bons caractères de résistance à la "cercosporiose jaune" (Mycosphaerella musicola). Une autre variété fait actuellement l'objet de travaux (Sarah, comm. pers.) : il s'agit de la variété Yangambi (triploïde AAA du sous-groupe Ibota). Bien qu'elle ne soit pas totalement résistante à R. similis, elle présente le seuil de résistance maximale observé jusqu'alors, et possède de très bonnes qualités vis à vis de la "cercosporiose noire" (Mycosphaerella fijiensis). Cependant, rien n'est connu sur leur comportement par rapport à d'autres espèces de nématodes, ni sur leurs caractères d'incompatibilité physiologique par rapport à R. similis. Des recherches concertées devraient aboutir à une meilleure connaissance de ces variétés.

En second lieu, la caractérisation qualitative des substances phénoliques et des enzymes de régulation devient une nécessité. Les précédentes études se sont limitées à des classes de produits (phénols totaux par exemple). Il est important de connaître la nature des substances mises en cause dans la résistance, ce qui permettrait d'établir une relation entre le polymorphisme phénolique et enzymatique des bananiers et leur caractère de résistance. Cette recherche pourrait être favorisée par les connaissances déjà acquises sur l'organisation génétique dans le genre Musa (Horry, 1989) par analyse chimiotaxonomique du polymorphisme phénolique et enzymatique. D'ores et déjà, cette étude indique un écart prononcé entre les profils flavoniques des variétés Poyo et Gros Michel : le sous-groupe Cavendish, auquel appartient la première, présentant un niveau de méthylation très inférieur au sous-groupe Gros Michel.

Enfin, une voie de recherche plus prospective pourrait s'adresser aux mécanismes d'élicitation des réactions de défense du bananier par les substances digestives des nématodes.

En tout état de cause, l'identification de marqueurs d'incompatibilité physiologiques des bananiers aux nématodes représente aujourd'hui une étape importante à réaliser.

## BIBLIOGRAPHIE

- BLAKE, C.D. (1966). The histological changes in banana roots caused by Radopholus similis and Helicotylenchus multicaulus. Nematologica, 12 : 129-137.
- BROOKS, T.L. & PERRY, V.G. (1962). Apparent parthenocarpic reproduction of the burrowing nematode Radopholus similis (Cobb) Thorne. Soil Crop Sci. Soc. Florida Proc., 22 : 160-162.
- FARGETTE, M. & QUENEHERVE, P. (1988). Population of nematodes in soils under banana, cv Poyo, in the Ivory Coast. I - the nematofauna occurring in the banana producing areas. Revue Nématol., 11 : 239-244.
- HORRY, J.-P. (1989). Chimiotaxonomie et organisation génétique dans le genre Musa. Fruits, 44 : 455-475 et 509-520.
- MATEILLE, T. (1990). Monoxenic culture of banana-parasitic nematodes on Musa acuminata cv. 'Poyo' shoots. J. Nematol., 22 : 608-611.
- MATEILLE, T. (1992). Comparative development of three banana-parasitic nematodes on Musa acuminata (AAA group) cv. Poyo and Gros michel vitro-plants. Nematologica, 38 : 203-214.
- MATEILLE, T. (1993a). Growth and leaf tissue analysis of Musa acuminata (AAA group) cv. Poyo and Gros Michel vitro-plants infested by banana-parasitic nematodes. Trop. Agric., Trinidad, sous presse.
- MATEILLE, T. (1993b). Comparative host tissue reactions of Musa acuminata (AAA group) cv. Poyo and Gros Michel roots to three banana-parasitic nematodes. Ann. Appl. Biol., sous presse.
- MATEILLE, T. (1993c). Réactions biochimiques provoquées par trois nématodes phytoparasites dans les racines de Musa acuminata (groupe AAA) variétés Poyo et Gros Michel. Fund. Appl. Nematol., sous presse.

MATEILLE, T., ADJOVI, T. & HUGON, R. (1992a). Techniques culturales pour la lutte contre les nématodes du bananier en Côte d'Ivoire : assainissement des sols et utilisation de matériel sain. Fruits, 47 : 281-290.

MATEILLE, T. & FOLKERTSMA, S. (1991). A survey of nematodes and fungi in roots of banana cv. Poyo in the Ivory Coast. Revue Nématol. 14, 3-8.

MATEILLE, T. & FONCELLE, B. (1988). Micropropagation of Musa AAA cv. 'Poyo' in the Ivory Coast. Trop. Agric., Trinidad 65, 325-328.

MATEILLE, T., FONCELLE, B. & FERRER, H. (1988). Lutte contre les nématodes du bananier par submersion du sol. Revue Nématol. 11, 235-238.

MATEILLE, T., QUENEHERVE, P. & HUGON, R. (1993). The development of plant-parasitic nematode infestations on micro-propagated banana plants following field control measures in Côte d'Ivoire. Ann. Appl. Biol., sous presse.

PINOCHET, J. (1988). Comments on the difficulty in breeding bananas and plantains for resistance to nematodes. Revue Nématol. 11, 3-5.

PINOCHET, J. & ROWE, P.R. (1978). Reaction of two banana cultivars to three different nematodes. Pl. Dis. Rptr., 62, 727-729.

POOL, D.J. & IRIZARRY, H. (1985). "Off-type" banana plants observed in a commercial planting of Grand Nain propagated using the in vitro culture technique. Proc. VIIth. ACORBAT Meeting, Costa Rica, 23-27 Sept., 85, 99-102.

WEHUNT, E.J., HUTCHISON, D.J. & EDWARDS, D.I. (1978). Reaction of banana cultivars to the burrowing nematode Radopholus similis. J. Nematol., 10, 368-370.

WHITEHEAD, A.G. (1959). Hoplolaimus angustalatus n. sp. (Hoplolaiminae : Tylenchida). Nematologica, 4, 99-105.

Figure 1 : Développement des populations de nématodes en élevage monoxénique sur la variété Poyo (80 jours après inoculation de 10 femelles - moyenne de 15 répétitions) (Mateille, 1990).

Nématodes	Nombre de nématodes extraits du milieu de culture				Nombre de nématodes extraits des racines			
	Juveniles	Males	Femelles	Total	Juveniles	Males	Femelles	Total
<i>H. multincinctus</i>	0	1±1	2±1	2±1	6±2	1±1	6±2	13±4
<i>H. pararobustus</i>	2±1	0	5±1	6±2	2±1	0	2±1	4±2
<i>R. similis</i>	179±11	35±5	175±9	387±17	7404±77	1330±35	7113±76	15847±113

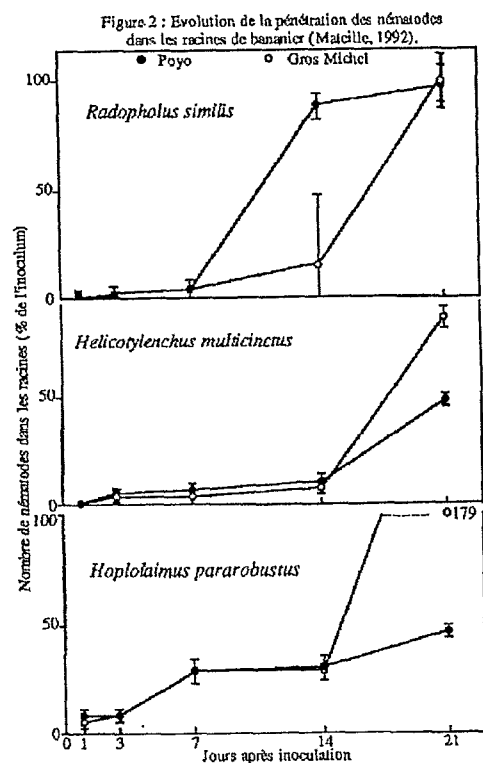


Figure 3 : Taux de multiplication des populations de nématodes après 2 mois d'infestation sur bananier (NS = différences non significatives avec  $p \geq 0,05$  test de Man Whitney) (Mateille, 1992).

Variété	Inoculum	<i>R. similis</i>	<i>H. multincinctus</i>	<i>H. pararobustus</i>
Poyo	1000	2,83	0,13	0,83
	5000	1,65	0,38	1,04
	10000	0,38	0,22	1,51
Gros Michel	1000	0,67	0,17	0,75
	5000	0,65	0,31	1,24
	10000	0,79	0,29	2,52

Figure 4 : Incidence des nématodes sur le développement végétatif des vitro-plants de bananiers. Différences significatives (S) et non significatives (NS) avec  $p \geq 0,05$  test de Kruskal & Wallis. Les données suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes (Mateille, 1993a).

Variété	Inoculum	Système foliaire			Rhizome					
		Emission foliaire (/sem.)	Surface totale des feuilles (cm <sup>2</sup> )	Diamètre du collet (cm/sem.)	Matière sèche (%)	Diamètre du bulbe (cm)	Index de densité racinaire	Matière sèche (%)	Index de densité racinaire	Matière sèche (%)
<b><i>Radopholus similis</i></b>										
Poyo	0	1,10	2874,69 ab	0,169	10,44	3,48	9,32 a	6,25	19,21 a	5,00
	1000	1,05	2319,20 d	0,166	10,62	3,54	9,05 a	3,74	15,32 abc	7,42
	5000	1,03	2590,89 bcd	0,189	11,12	3,84	8,76 a	3,44	11,43 cd	4,54
	10000	1,10	2498,68 cd	0,179	10,43	3,83	8,64 a	5,24	13,10 bcd	5,47
Gros Michel	0	0,97	2865,94 ab	0,210	11,53	3,94	11,40 b	2,79	9,44 d	5,55
	1000	0,97	2728,12 abc	0,210	12,85	3,88	11,70 b	3,40	16,25 ab	6,63
	5000	1,05	2969,31 a	0,192	9,70	3,54	11,80 b	3,05	16,32 abc	3,70
	10000	1,10	2697,38 abc	0,174	10,20	3,38	13,00 b	4,75	18,13 ab	4,13
		NS	S	NS	NS	NS	S	NS	S	NS
<b><i>Helicotylenchus multincinctus</i></b>										
Poyo	0	0,60 ab	654,00	0,10	14,92 ab	2,44	8,65 ab	4,89	4,23	5,34 bcd
	1000	0,60 ab	627,84	0,18	15,08 ab	2,36	8,89 ab	5,11	3,52	6,68 abc
	5000	0,66 a	711,10	0,14	13,96 bc	2,48	6,52 c	4,78	3,73	6,92 ab
	10000	0,68 a	666,00	0,12	14,50 bc	2,44	7,88 bc	5,71	4,04	7,78 a
Gros Michel	0	0,60 ab	673,63	0,18	16,07 a	2,38	10,09 a	5,16	3,52	4,72 cd
	1000	0,55 b	602,36	0,18	16,04 a	2,34	8,76 ab	5,31	3,53	4,10 d
	5000	0,55 b	614,08	0,16	13,39 c	2,50	9,61 ab	4,96	4,28	4,04 d
	10000	0,60 ab	659,49	0,16	14,50 bc	2,44	10,35 a	5,11	5,25	5,44 bcd
		S	NS	NS	S	NS	S	NS	NS	S
<b><i>Hoplolaimus pararobustus</i></b>										
Poyo	0	1,24	1444,68	0,172 a	14,89 ab	3,78	8,00 a	5,33	5,35	8,19
	1000	1,16	1381,09	0,183 a	14,85 ab	3,66	7,43 a	5,08	5,35	5,28
	5000	1,16	1397,31	0,178 a	13,93 bcd	3,54	8,36 a	5,23	6,34	7,12
	10000	1,18	1395,50	0,172 a	14,79 ab	3,88	8,10 a	6,01	5,32	6,97
Gros Michel	0	1,24	1504,48	0,207 b	15,20 a	3,78	10,17 b	5,00	4,91	10,20
	1000	1,21	1461,05	0,186 b	14,38 abc	3,74	10,73 b	4,91	6,38	5,77
	5000	1,21	1579,18	0,212 b	13,44 cd	3,74	10,05 b	5,46	6,30	6,80
	10000	1,26	1623,48	0,210 b	13,07 d	3,76	10,29 b	5,52	6,22	6,87
		NS	NS	S	S	NS	S	NS	NS	NS



Figure 5 : Concentrations en indols et phénols et activités enzymatiques dans les racines de bananiers indemnes de nématodes (en % des données mesurées sur la variété Poyo)(Matelle, 1993c).

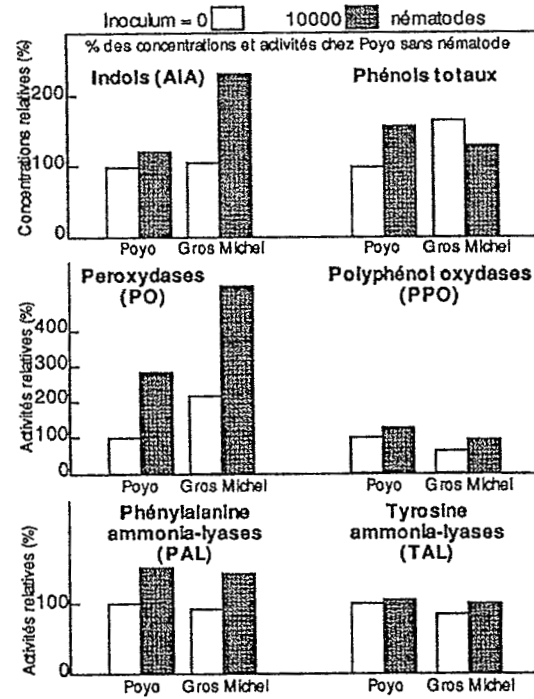


Figure 8 : Voies du métabolisme phénolique sur les variétés Poyo et Gros Michel parasitées par *Radopholus similis* (Matelle, 1993c).

