

h24 5

DOCUMENT DE TRAVAIL

pos ou de Hugon

COORDINATION DES PROGRAMMES
DE L' ORSTOM ET DU CIRAD/IRFA
POUR L'ELABORATION DE
STRATEGIES DE LUTTE
CONTRE
LES NEMATODES PARASITES DES
BANANIERES

T. MATEILLE (ORSTOM)
R. HUGON (CIRAD/IRFA)
J.L. SARAH (CIRAD/IRFA)

Diffusion réservée ORSTOM/CIRAD - Mars 1989

RECU LE 28/03/89

27 MARS 1989

J.R.S.I.U.M. Fonds Documentaire
N° : 41426
Cote : B PAM M

AVANT PROPOS

Pourquoi une coordination des programmes de nématologie menés sur le bananier par le CIRAD/IRFA et l'ORSTOM ?

L'activité déjà ancienne de l'IRFA - environ 25 ans - dans le domaine de la nématologie et principalement sur les nématodes du bananier, était essentiellement tournée vers l'amélioration des techniques de lutte traditionnelles, en grande partie chimiques, et cela dans le milieu réel des plantations. "Les nématodes mis à part", la zone d'influence de l'IRFA est très vaste dans le monde, reflet évident des progrès accomplis par cet institut sur l'amélioration de la culture bananière mondiale.

Celle de l'ORSTOM est beaucoup plus récente (1981) et, par voie de conséquence, très régionale, n'ayant concerné à ce jour que la Côte d'Ivoire. Si l'intervention des nématologistes de cet institut s'est faite au début dans des conditions identiques à celle de l'IRFA, la nécessité d'une approche scientifique différente s'est très vite fait ressentir. Les résultats déjà acquis par les nématologistes de l'ORSTOM montrent que leurs recherches constituent un maillon essentiel dans le développement et l'amélioration de la culture bananière.

Cependant, force est de reconnaître la disjonction des programmes de recherche de ces deux instituts.

L'initiative des auteurs n'est pas de proposer à l'appréciation des animateurs et des responsables de leurs instituts un programme commun nouveau, mais de clarifier une situation existante et montrer les articulations possibles entre les activités de ces deux instituts en nématologie tropicale avec les bananiers comme modèle.

Une coordination dans ce domaine serait enrichissante pour tous et permettrait par la compréhension du système "bananier-nématodes-environnement" (depuis les mécanismes de pathogénie jusqu'aux implications agronomiques) d'améliorer, voire innover, les techniques de lutte. Il y a là un schéma d'étude "idéal" à notre portée dont nous devons profiter.

Un tel désir ne peut être satisfait qu'en rassemblant les compétences, en identifiant les moyens et les rôles, en unifiant les volontés et en harmonisant les activités.

INTRODUCTION

LES PARTICULARITES DES PROBLEMES NEMATOLOGIQUES TROPICAUX

Extraits de : LUC, M. & REVERSAT, G. - "Possibilités et limites des solutions génétiques aux affections provoquées par les nématodes sur les cultures tropicales". *C.R.Acad. Agric. France (1985)*, 71 : 781-791.

"Une première particularité a trait à l'importance du parasitisme en milieu tropical. Il est bien connu que, concernant l'homme et les animaux, les maladies parasitaires y sont, par leur gravité et leur étendue, sans commune mesure avec ce qui est observé dans les pays tempérés, et ceci n'est pas uniquement, ni même principalement, dû aux différences dans les conditions d'hygiène, de nutrition ou d'amélioration du paysage rural. Il en est de même pour le parasitisme envers les végétaux. Les attaques de nématodes, en particulier, causent, sur les cultures tropicales, des dégâts beaucoup plus importants qu'en milieu tempéré.

(...) Cette pression parasitaire importante exercée par les nématodes sur les cultures tropicales est causée, ou favorisée, par l'absence d'hiver qui, dans les pays tempérés, déprime la faune du sol. (...) Assez grave, cette situation atteint des pays où l'agriculture, loin d'être en surproduction comme dans bon nombre de pays développés de la zone tempérée, constitue bien au contraire l'instrument essentiel de la vie des populations tant pour leur nourriture que pour l'obtention des devises nécessaires aux importations. Les nématodes peuvent donc constituer des obstacles très sérieux au développement des pays tropicaux essentiellement agricoles.

(...) De plus, les agronomes, généticiens ou généralistes, ne sont pas toujours attirés, ni même parfois très convaincus, par des dégâts qui ne sont pas spectaculaires et ne se révèlent dans toute leur ampleur qu'à l'occasion de traitements nématicides; dans bien des cas d'ailleurs, on attribuera le succès de ceux-ci à d'autres causes qu'aux nématodes (...) ce que l'on reliera à la fameuse "fatigue des sols", bien connue des agronomes, et qui n'est en définitive qu'un aveu d'ignorance.

Les raisons plus directement liées aux données du parasitisme des nématodes tropicaux constituent des obstacles plus sérieux. Parmi ceux-ci on peut ranger l'existence des infestations multiples (...d') une véritable compétition entre deux espèces ou groupes d'espèces (...et d'une) variabilité géographique des peuplements."

PERSPECTIVES DE LA RECHERCHE NEMATOLOGIQUE SUR LES MUSA

Extraits de : SARAH, J.L. - "Perspectives d'avenir dans la lutte contre les nématodes parasites des bananiers et des plantains".

Extraits traduits de : QUENEHERVE, P. - "Problems and outlook on nematological research on *Musa sp.* in Côte d'Ivoire".

Dans : Proc. INIBAP Workshop, "Les nématodes et le charançon du bananier", Burundi, 7-11 December 1987.

"La lutte contre les nématodes des bananiers et plus particulièrement des plantains (...) nécessite une réorientation des approches classiques basées sur les modalités d'applications des traitements chimiques.

(...) Cette réorientation nécessite un effort de recherche important vers les méthodes de lutte non chimiques, relativement délaissées jusqu'à présent. Il ne s'agit bien évidemment pas de s'affranchir totalement de la lutte chimique ce qui serait irréaliste et sans doute dangereux, mais de l'intégrer dans l'arsenal des armes possibles et d'en raisonner l'utilisation afin de se servir de sa grande efficacité tout en limitant les effets secondaires indésirables.

(...) Il est important de privilégier les études concernant l'approfondissement des connaissances sur les relations du complexe parasitaire tellurique avec les parties endogènes du bananier.

(...) L'étude détaillée du complexe parasitaire nématodes-champignons pathogènes, devrait permettre d'y voir rapidement plus clair dans les mécanismes pathogéniques provoquant les nécroses racinaires et bulbaires. (...).

Bon nombre d'études toutefois ne permettront de répondre aux problèmes qu'à long terme, et il est nécessaire de trouver (...) des solutions d'attente satisfaisantes, comme les techniques culturales (...).

Enfin (...), il serait très intéressant et bénéfique de multiplier les démarches du type enquête-diagnostic (...) pour sérier utilement les facteurs limitants d'une culture."

" (...) La recherche doit être triple, c'est à dire prendre en compte les trois composantes de l'écosystème plante hôte-parasite-environnement (...).

La plante hôte : à l'intérieur du genre Musa, (...) des différences de comportement en terme de qualité d'hôte (sensibilité, résistance, tolérance, ...) peuvent être souvent observées selon le cultivar utilisé. Cette qualité d'hôte (excepté la résistance) peut varier pour un même cultivar placé dans des conditions d'environnement et édaphiques différentes.

Les parasites : la nématofaune associée au bananier (...) se présente sous forme de communautés polyspécifiques dont la structure varie avec la localisation géographique et l'environnement. A l'intérieur d'une même espèce comme *Radopholus similis*, il est aussi possible de trouver différents pathotypes .

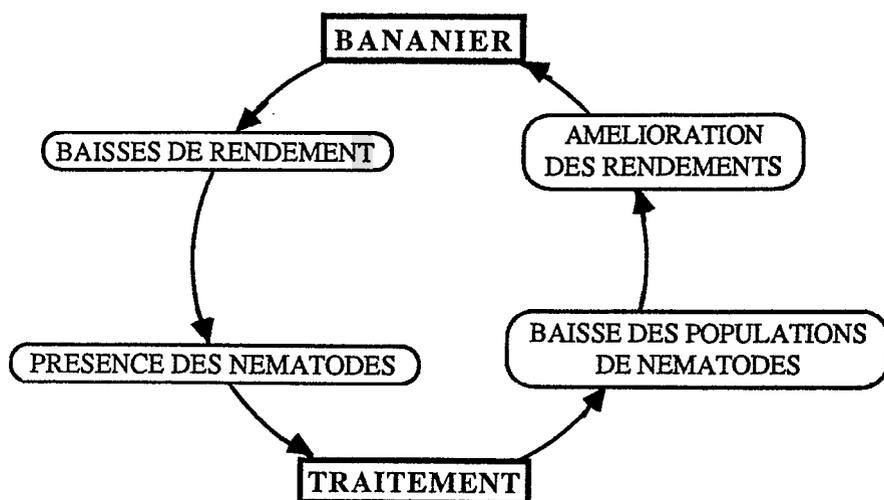
L'environnement : par rapport à l'origine géographique des Musa, l'extension de la culture bananière a accru et varié les facteurs climatiques, les types de sols, les pratiques culturales, les techniques d'irrigation, les cultivars, etc...

(...) Parmi tous les aspects de la recherche exposés, il paraît essentiel que la priorité soit donnée (i) aux études physiologiques (agro-physiologie de la plante hôte, physiologie de la relation hôte-nématodes; (ii) aux études génétiques (...) visant l'amélioration des variétés résistantes ou tolérantes; (iii) aux études sur l'évolution des populations et du seuil économique à but prévisionnel. Les résultats attendus d'une telle recherche devraient être directement applicables au champ quel que soit le degré de technicité des cultivateurs (plantation villageoise ou industrielle)."

PLANIFICATION ET COORDINATION DES ACTIVITES

Les problèmes dus aux nématodes phytoparasites en culture bananière sont apparus alors que la nématologie était une science récente, aux études essentiellement faunistiques et taxonomiques. Très vite, les impératifs économiques ont poussé la recherche et le développement à mettre en œuvre des moyens de protection. Si les résultats furent très encourageants, voire spectaculaires, ils cantonnèrent le raisonnement nématologique à un schéma simplifié.

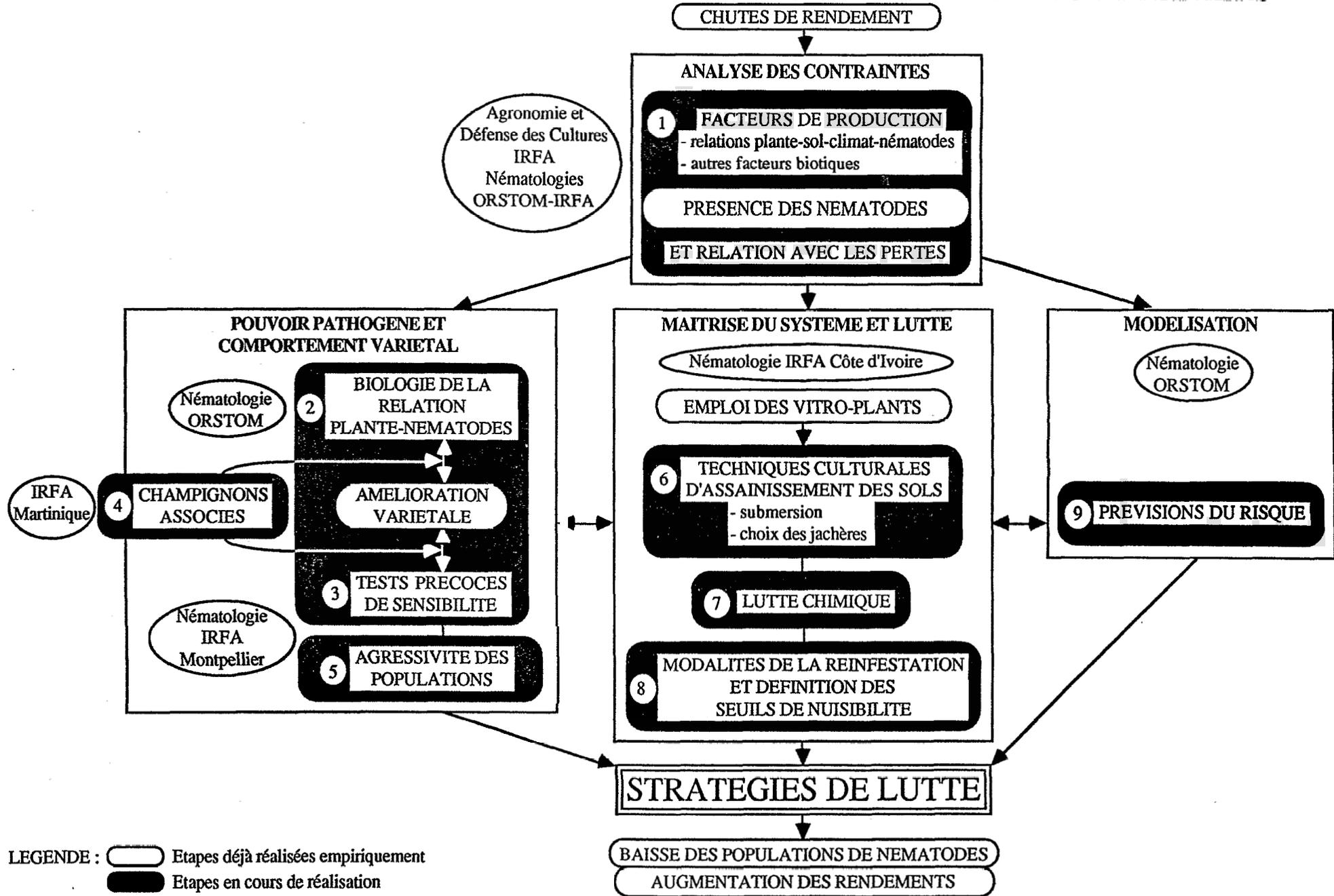
Cette vision de la résolution des problèmes dus aux nématodes traverse, par empirisme, de vastes domaines mal connus et peu ou pas étudiés jusqu'alors. Il nous appartient de les décrire et de les comprendre pour mieux les utiliser.



Le CIRAD/IRFA et l'ORSTOM, dotés d'informations scientifiques acquises selon ce schéma, ont entamé des recherches plus fouillées qui visent à combler des lacunes très étendues et à détailler et comprendre les mécanismes agro-biologiques qui régissent la relation sol-plante-nématodes. Un tel projet ne peut pas être "rentable" s'il est mené par des actions individuelles, isolées et non concertées.

La coordination des interventions respectives de ces deux instituts est décrite sous la forme d'un organigramme qui précise les opérations de recherche déjà entreprises ou prévues, la répartition entre les équipes impliquées, ainsi que les ponts entre les diverses opérations engagées. Les numéros d'opérations renvoient aux paragraphes les détaillant.

STRATEGIES DE LUTTE CONTRE LES NEMATODES PARASITES DES BANANIERS



ANALYSE DES CONTRAINTES

FACTEURS DE PRODUCTION ET RELATION AVEC LES PERTES DE RECOLTE (1)

La monoculture intensive a entraîné une sélection puis une prolifération de parasites et de ravageurs spécialisés. Les traitements chimiques ou les méthodes de lutte culturale, utilisés pour combattre cette prolifération, ont entraîné une nouvelle évolution dont les manifestations les plus spectaculaires ont été l'apparition d'adaptations et/ou de résistances des parasites, ou le développement de microorganismes biodégradant certaines molécules nématicides.

L'étude globale dynamique des relations plante-sol-parasite-climat est impossible du fait du caractère destructif de la plupart des observations des phénomènes biologiques du sol. Seule une étude statique globale (enquête-diagnostic) ou localisée est actuellement permise.

Les enquêtes-diagnostic

Elles permettent d'aborder sans *a priori* un système cultural dans son ensemble, à l'échelle d'une plantation, d'une région, voire d'un pays. Elles sont extrêmement profitables pour aborder des milieux particuliers (culture traditionnelle du plantain) ou à évolution rapide et imprévue (bananeraie martiniquaise). Dans ce domaine, une expérience est acquise par le CIRAD/IRFA au Cameroun, Martinique, Guadeloupe, Côte d'Ivoire et Rwanda. L'ORSTOM (en Côte d'Ivoire) a pour sa part entamé des études qui ont défini certains facteurs abiotiques de l'environnement susceptibles d'influencer la structure des populations de nématodes dans le sol et les racines du bananier. Par rapport à ces acquis, les travaux peuvent maintenant s'étendre à d'autres situations géographiques, et prendre en compte beaucoup plus précisément tous les facteurs biotiques et abiotiques possibles de l'environnement.

Ces enquêtes consistent en l'acquisition des données :

- sur les peuplements de nématodes selon les matériels de plantation (types et variétés), les stades végétatifs et les saisons,
- en relation avec les facteurs agrophysiologiques (précipitations [fréquences et abondances], températures, nutrition de la plante, variétés,...),
- et les facteurs agropédologiques (techniques culturales, passé cultural, nature des sols [texture, structure, acidité, humidité, température],...) dont dépend la croissance de la plante.

Mais les résultats sont généralement statiques et illustrent le plus souvent l'état des populations de nématodes en rapport avec les facteurs pris en compte.

Les études localisées

Elles sont réalisées techniquement par l'intermédiaire d'essais multiloaux, et mettent en jeu, sur des emplacements fixes, un nombre limité de facteurs biotiques et abiotiques déterminés. Dans ce cas, les enquêtes consistent en une acquisition permanente et suivie des données, et, de ce fait, elles permettent de pousser les investigations vers l'évolution des populations de parasites : la description d'un état devient une description dynamique. C'est typiquement le cas des études sur la dynamique des populations, la répartition spatiale, l'impact des nématodes sur la croissance et le développement de la plante. C'est à ce niveau que les expériences du CIRAD/IRFA et de l'ORSTOM sont les plus avancées.

Mais ces études restent malheureusement trop descriptives et pas assez explicatives. C'est à ce stade que doivent maintenant intervenir des travaux en milieu contrôlé.

Le milieu contrôlé

Il permet d'étudier de façon séparée l'impact d'un certain nombre de composantes de l'environnement et de pouvoir répondre à la question simple mais oh-combien difficile à résoudre : "par quels mécanismes tel ou tel facteur influence l'état ou le développement d'une population de nématodes ?" Il s'agit là d'études plus fondamentales sur les relations plante-nématode-environnement, qui feront nécessairement appel aux acquis des travaux précédentes et demanderont des compléments en milieu réel.

Sur ce point, des études sont aujourd'hui en cours en Martinique (CIRAD/IRFA) sur les relations sol-pathogènes associés aux nématodes et sont prévues sur les relations sol-nématocide. L'ORSTOM réalise actuellement le traitement des premières données qu'il a acquies sur ce thème afin de dresser un bilan et mettre au point une stratégie de recherche à venir.

Mais, d'ores et déjà, des études de base en terme de nématologie quantitative sont à reprendre ou à préciser, nos connaissances actuelles étant trop insuffisantes pour relier un facteur nématologique à une perte de récolte et valider la correspondance.

La littérature nématologique regorge d'informations partielles et éparpillées sur le sujet "facteurs de production et pertes de récolte". Il est maintenant nécessaire de hiérarchiser tous les facteurs environnementaux ; ceux qui affectent la production de la plante (et *in extenso* celle de la plantation) en l'absence et en présence de nématodes; et ceux qui affectent la pathogénicité propre des nématodes. C'est de cette information obligatoirement pluridisciplinaire que pourront découler les principes généraux utiles tout à la fois à la prévision des pertes de récolte et à la modélisation des fluctuations de parasites.

POUVOIR PATHOGENE ET COMPORTEMENT VARIETAL

BIOLOGIE DE LA RELATION PLANTE-NEMATODES (2)

Le contrôle des populations de nématodes par les techniques de lutte chimique, ou les techniques naturelles comme la jachère ou la submersion, n'est pas total et peut sélectionner et maintenir des nématodes économiquement importants. Les problèmes semblent alors insolubles si l'on s'en tient à des techniques curatives. La recherche de variétés améliorées (au moins tolérantes si ce n'est résistantes) devient donc à présent une nécessité.

Triploïdes et parthénocarpiques, les bananiers et les plantains ne se multiplient que végétativement et toute obtention de variétés résistantes est impossible par les voies sexuées classiques. Il faut donc fournir aux cytogénéticiens des critères de résistance qui restent à déterminer. Pour cela, l'étude des mécanismes de la pathologie est un préliminaire indispensable.

Vu la diversité des communautés de nématodes rencontrées dans les bananeraies selon le lieu de la culture, et vu les modalités variées du parasitisme, les mécanismes de défense de la plante sont certainement polygéniques. Les voies de recherche doivent donc être, tout au moins au début, assez exhaustives. Elles n'en seront pas moins prudentes quant à la relation entre les facteurs mesurés et le déterminisme réel de la sensibilité.

Basées sur la comparaison de variétés à sensibilité différente, étudiées sur vitro-plants sevrés, et réservées dans un premier temps aux nématodes à lésion (*Radopholus similis*, *Helicotylenchus multicinctus* et *Hoplolaimus pararobustus*) les étapes à franchir seront :

- la caractérisation physiologique de l'effet pathogène des nématodes sur la plante entière :

- . croissance végétative.
- . évolution physiologique (métabolisme général organique et minéral, métabolisme chlorophyllien).

Les résultats obtenus par cette étape préliminaire devront confirmer les choix variétaux déterminés par les tests précoces de sensibilité réalisée par le CIRAD/IRFA à Montpellier.

- l'identification des niveaux de sensibilité ou de tolérance/résistance :

- . par l'étude de mécanismes pré-infectieux : anatomie des tissus racinaires.
- . par l'étude anatomo-physiologique des mécanismes post-infectieux conduisant à l'apparition des lésions (phénomènes d'hypersensibilité) : histologie des tissus infestés, localisation tissulaire de produits du métabolisme secondaire, activités enzymatiques liés à ces phénomènes et production de toxines.

Cette seconde étape, plus fondamentale et plus explicative, s'oriente vers la recherche de marqueurs anatomo-physiologiques précoces de la réaction de l'hôte au parasite afin d'identifier les origines de la sensibilité (ou de la résistance), et devrait jeter les bases de l'amélioration variétale du bananier par les techniques de la biologie moléculaire et de la transformation génétique. Bien qu'encore "futuriste" pour le bananier, c'est dans cette perspective et dans cet esprit que ces recherches doivent être menées. Bien évidemment, les biotechnologies (Laboratoire de Culture *In Vitro*, CIRAD Montpellier) représenteront alors un appui indispensable.

TESTS PRECOCES DE SENSIBILITE (3)

Pour parvenir à la sélection de géniteurs intéressants et à la création de nouvelles variétés résistantes dans un temps raisonnable, il est impératif de mettre au point des tests d'évaluation de sensibilité (dont la détection de marqueurs anatomiques ou biochimiques) aussi précoces et aussi rapides que possible, à partir de plants issus de micropropagation. Cette précocité et cette rapidité des tests ne doit cependant pas aller à l'encontre de leur fiabilité. Il est en effet probable, voire réel pour certains aspects, que le comportement des jeunes plantules soit très différent de celui des plants au champ. Le métabolisme secondaire de vitro-plants est notablement différent de celui de plants issus de la multiplication végétative classique, ce qui peut avoir des répercussions sur l'attractivité (résistance pré-infectieuse) et/ou sur les manifestations allélochimiques à l'infestation (résistance post-infectieuse). Par ailleurs, des différences morphologiques existent au niveau des tissus racinaires, entraînant très vraisemblablement une plus grande sensibilité mécanique.

Pour ces raisons, il importe de comparer au préalable diverses variétés connues pour montrer au champ des différences de réaction aux attaques de nématodes à divers stades de leur développement végétatif, et d'origines différentes (vitro-plants ou rejets). Ces études, menées par le CIRAD/IRFA à Montpellier, permettront de définir le type de matériel végétal optimal pour ces tests précoces de détection, qui, bien entendu, ne constitueront qu'un premier crible des variétés parents, puis des hybrides à retenir pour des études plus complètes de comportement en milieu réel.

CHAMPIGNONS ASSOCIES (4)

L'étude des microorganismes pathogènes (nématodes et champignons) ont pour but de déterminer précisément la responsabilité de chacun des protagonistes présents dans les nécroses racinaires, d'étudier leur dynamique d'infestation en fonction du sol, du climat et de la physiologie de la plante, et de comprendre l'évolution de la pathologie induite par ces parasites, seuls ou en association.

Les premiers travaux effectués tant par le CIRAD/IRFA (Antilles) que par l'ORSTOM (Côte d'Ivoire) ont permis d'identifier les associations possibles et de juger du caractère obligatoire ou alléatoire de ces associations.

Les travaux s'orientent actuellement vers :

- la description des symptômes et leur évolution, la dynamique des populations microbiologiques et leur incidence sur la pérennité du système racinaire et le développement du bananier. Il s'agit essentiellement de définir le rôle spécifique de chaque agent parasite, de caractériser leur pouvoir pathogène en relation avec les facteurs édaphiques, climatiques et physiologiques. Cette entreprise est abordée par le CIRAD/IRFA aux Antilles.
- l'étude de la biologie du complexe plante-nématodes-champignons. L'ensemble des études histo-physiopathologiques citées précédemment (§1.) prendront en compte l'association avec les champignons importants afin de différencier les effets pathogènes selon le parasite et d'identifier la déviation pathologique induite par le champignon. Ces recherches, effectuées par l'ORSTOM sur le plan strictement nématologique, pourraient s'ouvrir, à moyen terme et selon les besoins, au plan phytopathologique. Cette étude apportera des éléments d'information pour les travaux menés aux Antilles et permettra d'affiner la recherche de variétés moins sensibles à cette association.

COMPARAISON D'AGRESSIVITE DE POPULATIONS GEOGRAPHIQUES (5)

On observe des différences de réaction des bananiers aux attaques de nématodes d'une même espèce (références essentiellement sur *Radopholus similis*) selon les régions d'études, sans que l'on puisse définir avec certitude s'il s'agit d'un effet de l'environnement ou d'une différence d'agressivité des populations locales de nématodes. La réunion, au CIRAD/IRFA à Montpellier (zone géographique présentant peu ou pas de risque de contamination accidentelle du milieu par des pathogènes inféodés aux conditions tropicales) sous forme d'élevages *in vitro* de différentes populations d'origines géographiques diverses, permet de comparer leur agressivité en conditions d'environnement équivalentes. Actuellement, deux populations de *R. similis*, une de Côte d'Ivoire et une de Guadeloupe, sont en cours de comparaison. Une population de Martinique est en cours de multiplication, et une du Cameroun est attendue. Des échanges avec d'autres laboratoires permettront d'accroître cette collection et de l'étendre à d'autres espèces.

Cette étude de l'agressivité peut apporter des éléments extrêmement précieux dans la constitution de modèles généraux des relations plante-nématodes en relation avec la situation géographique.

TECHNIQUES CULTURALES D'ASSAINISSEMENT DES SOLS (6)

L'utilisation des vitro-plants, donc indemnes de nématodes, ne se justifie que si le sol utilisé est lui même dépourvu de ces parasites. Le maintien de la situation "matériel sain-sol sain" est suffisant pour supprimer dans les conditions actuelles les attaques des nématodes sur bananier.

L'assainissement des sols à la plantation, pourtant souhaité depuis longtemps, restait vain avec les techniques culturales couramment pratiquées. La dissémination des nématodes se faisait par le matériel végétal (souches et rejets) et rendait peu utile tout effort d'assainissement du sol.

Plusieurs techniques sont possibles et pourront être adoptées suivant les conditions locales très variables.

L'assainissement chimique existe mais est coûteux, et présente des risques pour des surfaces importantes.

Les alternatives biologiques ou culturales sont mieux adaptées. Elles sont représentées pour l'essentiel par les jachères, les cultures associées, et, lorsque les conditions le permettent, les techniques de submersion.

Les jachères

Il s'agit, en supprimant momentanément la culture du bananier, de faire baisser (voire de supprimer) les populations de nématodes parasites des racines. Les premières études ont montré que si *R. similis* pouvait s'attaquer à la plupart des adventices en bananeraie, ces dernières n'étaient généralement pas des hôtes obligatoires et ne lui permettait pas de se multiplier. La suppression totale des bananiers sur un terrain pendant douze mois apporte donc, malgré la présence d'adventices, un assainissement notoire.

Mais la durée de cette jachère reste à mieux définir : dans certains cas, les populations de nématodes remontent après un an de culture bananière; dans d'autres, la situation reste saine après trois ans. Les caractéristiques du milieu (sol, microflore et faune) jouent un rôle qu'il est important d'étudier plus précisément pour mieux utiliser cette technique.

Par ailleurs, les travaux devraient s'étendre à d'autres nématodes endoparasites que *R. similis*. Celui-ci, très inféodé au bananier souffre de l'absence de cet hôte en période de jachère. Les autres (comme *H. multicinctus* et *H. pararobustus*) sont moins spécifiques et peuvent être maintenus par la jachère selon sa nature et les conditions environnementales.

Les cultures associées

Le raisonnement est le même que pour la jachère, avec en plus le souci de mieux orienter son choix. Les objectifs sont alors ciblés : amélioration de la structure des sols, de leur fertilité, production fourragère éventuelle (aliment de bétail ou paillage), etc...

Des essais ont été menés et continuent avec certaines plantes fourragères ou légumineuses fixatrices d'azote. La notion d'alternance des cultures entre également dans ce cadre (rotations du type papayer/bananier ou ananas/bananier) et son étude mérite d'être poursuivie.

La submersion

Les nématodes du bananier sont sensibles à l'excès d'eau où ils ne peuvent se maintenir (asphyxie, inanition, sensibilité à la sulfato-réduction). Si l'inondation d'un terrain est techniquement réalisable, il y a là un moyen efficace de faire baisser

durablement les populations de nématodes. Des résultats satisfaisants ont été obtenus avec une submersion de quatre mois. D'autres essais sont en cours.

Il est important de noter que les avantages de ces méthodes autres que chimiques ne concernent pas seulement l'aspect "pédosanitaire". Les modifications physico-chimiques des sols ainsi traités permettent dans presque tous les cas une amélioration de la fertilité. Les résultats agronomiques de la bananeraie plantée dans ces conditions justifient souvent, au delà de l'économie des nématicides, le recours à de telles méthodes.

LUTTE CHIMIQUE (7)

La lutte chimique est le moyen qui a longtemps été privilégié pour combattre les nématodes. Ses avantages proviennent de sa grande facilité d'emploi et de son efficacité indéniable au moins à court terme dans la majorité des situations. Les inconvénients en sont bien connus et plus guère contestés. On a souvent parlé de ses risques dans le domaine de l'environnement et de la santé humaine. On a un peu moins parlé (jusqu'à il n'y a pas si longtemps) de ses limites d'efficacité (faible persistance d'action, inadaptation à certaines situations tels que les sols organiques), et presque pas, du moins pour les nématodes, de ses inconvénients incideux comme ses effets secondaires sur les plantes, sur les microorganismes du sol (dépression des organismes utiles ou sélection d'organismes biodégradants), ou des possibilités d'apparition de résistances.

En fait, tous ces inconvénients condamnent moins le principe de la lutte chimique lui-même que la façon dont on s'en est servi jusqu'à présent. Avec l'amélioration des connaissances sur la biologie des nématodes et de leurs relations avec la plante, ou sur les relations des produits eux-mêmes avec la plante et le sol, on peut espérer mieux gérer l'emploi des nématicides pour diminuer leurs effets secondaires dépressifs et les employer de façon optimale dans le cadre d'une lutte vraiment raisonnée.

Différentes études sont en cours aux Antilles et en Côte d'Ivoire sur l'alternance optimale des matières actives et l'utilisation complémentaire de la lutte chimique dans les études d'assainissement cultural. Par ailleurs, le CIRAD/IRFA va entreprendre en Martinique des études sur les relations entre les nématicides et différents types de sols.

MODALITES DE LA REINFESTATION RACINAIRE ET DEFINITION DES SEUILS DE NUISIBILITE (8)

L'énoncé du problème est simple : partant d'une situation parasitaire donnée d'un sol à la plantation, doit-on avoir recours à une méthode d'assainissement ? En cours de culture, doit-on traiter ?

Jusqu'alors, les traitements chimiques avaient lieu à la plantation puis en cours de cycle à des périodes calées sur la climatologie et le stade végétatif de la plante, indépendamment du niveau d'infestation. Si une plantation fait l'objet d'un suivi sanitaire, dans bien des cas le déclenchement d'un traitement n'a pas forcément d'effet positif sur les rendements. L'essentiel de nos lacunes réside dans la caractérisation du niveau d'un inoculum et de son impact potentiel ou prévisible sur la croissance de la plante et sur sa production.

Afin de mieux définir cet inoculum, il est nécessaire de décrire la dynamique de réinfestation du sol et des racines par les nématodes dans un milieu assaini. De nombreux cas sont aujourd'hui étudiés et montrent des résultats variables suivant les modalités

d'assainissement et les techniques culturales employées pour la réinstallation de la bananeraie. Il est important de continuer ce travail pour mieux comprendre ces phénomènes d'infestation en relation avec l'environnement.

Mais l'identification des niveaux d'infestation passe nécessairement par la mise en place de techniques standard, reproductibles et constantes d'évaluation d'un inoculum. Elles demandent au préalable d'établir les modes :

- d'échantillonnage spécifique des nématodes et du milieu.
- de révélation de l'inoculum (extractions des nématodes, tests biologiques, ...).
- de quantification et de répartition de l'inoculum.

Enfin, grâce aux données obtenues à partir soit d'essais multiloaux et multifactoriels, soit d'enquêtes, et en relation avec les études sur les prévisions du risque phytosanitaire, le but à atteindre sera d'établir un schéma opérationnel qui permettra de décider d'une intervention (assainissement ou traitement) en fonction d'un seuil d'infestation défini dans les conditions spécifiques d'un environnement donné.

MODELISATION

PREVISION DU RISQUE ET STRATEGIES DE LUTTE (9)

Il est clair, suite à cette description des recherches en cours ou envisagées, que toutes ces études font intervenir un ensemble complet de voies de recherches qui s'attachent, dans une première phase, à accroître les données disponibles sur la nématopathologie du bananier en vue de son contrôle. Cette première phase fait aussi appel à différentes opérations pluridisciplinaires. L'intégration des données acquises d'une part sur l'élaboration du rendement, et d'autre part sur la dynamique de ses principales contraintes (dont les contraintes nématologiques), doit, dans une seconde phase, faire l'objet de travaux de modélisation.

D'un point de vue nématologique, le complexe plante-parasite-environnement constitue un ensemble remarquablement fermé et stable par rapport à ce que l'on peut observer avec tout autre groupe parasitaire (champignons foliaires ou insectes par exemple). Dès lors, la connaissance de la communauté de nématodes et de ses variations, de la sensibilité variétale propre au bananier, et de toutes les caractéristiques mesurables de l'environnement, devraient permettre, dans un premier temps, une hiérarchisation des facteurs. De cette hiérarchisation pourraient être sélectionnés, pour une situation donnée, les éléments d'expertise utiles à une prévision du risque.

Les travaux doivent alors s'orienter vers :

- la confection de modèles de simulation de l'élaboration du rendement.
- la confection de modèles de simulation de la dynamique des contraintes nématologiques.
- la confection de modèles de simulation des pertes de récolte engendrées par ces contraintes.

L'objectif est de valoriser les acquis scientifiques obtenus au travers de modèles déterministes de simulation des processus impliqués dans l'élaboration du rendement. Ces modèles peuvent être destinés à :

- produire une synthèse explicative des déterminismes du rendement,
- permettre un pronostic agronomique sur l'implantation de la culture selon un itinéraire technique déterminé, et donc émettre des recommandations à l'attention des professionnels,
- permettre des prédictions quantifiées, en termes de risques, ainsi qu'une assistance à la décision en matière de contrôle des contraintes nématologiques (emploi de pesticides, techniques culturales, choix des variétés).

CONCLUSION

Les équipes de nématologistes impliquées dans ces recherches n'ont nullement la prétention de présenter un programme nouveau, puisque le contenu et les prévisions de chaque opération sont déjà fixés et ratifiés depuis longtemps par les instituts auxquelles elles sont rattachées.

Ayant travaillé par le passé pour des objectifs similaires, elles reconnaissent leur complémentarité dans l'approche et la résolution des problèmes, et dans leurs besoins et leurs concours mutuels. Leurs ambitions les conduisent à combiner leurs actions : c'est le motif fondamental de cette note.

L'organigramme présenté ne doit pas être considéré comme une planification unique et verrouillée. Il représente une base de réflexion et d'investigation susceptible de s'amplifier ou d'être rectifiée pour conforter cette action "intégrée". Il démontre, par sa démarche, le potentiel technique et intellectuel des équipes de recherche qu'il implique. Au delà de cette coordination appliquée au bananier, il prouve que les nématologistes tropicaux des deux structures de recherche que sont l'ORSTOM et le CIRAD peuvent, dans leur état actuel, couvrir presque entièrement l'ensemble des secteurs de recherche qui aboutissent à la protection d'une culture. Cette synergie, et cette cohérence permettraient d'élargir leur champs d'action (cultures pour les uns et modèles pour les autres), leurs zones d'influence, et de résoudre plus rapidement et plus complètement les problèmes nématologiques tropicaux de plus en plus fréquents. Cette situation est trop rare pour ne pas la souligner et il serait inoportun, pour ne pas dire préjudiciable, de ne pas en profiter.

Ces réflexions nous paraissent importantes pour assurer, avec un esprit d'humilité scientifique mais dans un souci de progrès et d'autorité, la pleine efficacité de cette discipline quelque peu négligée qu'est la phytonématologie.