NEMATOLOGICAL REVIEWS - RESEÑAS NEMATOLOGICAS

APPLICATIONS DES RESULTATS DE RECHERCHES DE LUTTE
CONTRE LA NEMATOSE DU BANANIER DUE A *RADOPHOLUS*
SIMILIS COBB DANS L'OUEST AFRICAIN

A. Vilardebo

Institut de Recherches sur les Fruits et Agrumes (IRFA/GERDAT) B.P.
5035 - 34032 Montpellier Cedex - France

RESUME

Vilardebo, A. 1981. Applications des resultats de recherches de lutte contre la nematose du bananier due a *Radopholus similis* Cobb dans l'ouest africain. Nematropica 11: 193-206.

Après un rappel des premières informations acquises sur la nématose du bananier due à *Radopholus similis* puis des différentes conceptions de la lutte, les résultats pratiques des études expérimentales entreprises en Afrique de l'Ouest pour combattre ce ravageur sont présentées. Des trois fumigants (D.D., E.D.B., D.B.C.P.), seul le dernier fut recommandé et utilisé. Les résultats expérimentaux, avec une production double par rapport au témoin, permettaient pour la première fois de juger de l'importance des dommages. Une efficacité bien supérieure dans la lutte contre *R. similis* allait être obtenue avec les nématicides systémiques et/ou de contact. Le phénamiphos à 3 g/bananier, l'éthoprophos à 4,5 g, le carbofuran à 4 g et l'isazophos à 2,5 g allaient successivement être recommandés. L'expérimentation a montré que trois applications par an, chacun à la dose prescrite, étaient nécessaires et que l'épandage devait couvrir une couronne de 35 cm de large tout autour du plant. Des doses de 60 g de matière active par an en 12 applications mensuelles ont montré que ces 4 nématicides étaient parfaitement bien tolérés par le bananier. Une jachère nue du terrain pendant 10-12 mois permet une réduction importante de l'inoculum présent dans le sol. Si la replantation se fait avec du matériel végétal "praliné" dans une bouillie de Bentonite + nématicide, la réinfestation sera très lente et 5 à 6 épandages de nématicide seront évités. Le même résultat peut être obtenu par une inondation de 6 semaines. Les moyens mis en oeuvre pour obtenir ces résultats sont le dénombrement mensuel de *R. similis* dans les racines après extraction par broyage et centrifugation, la mensuration de croissance de la plante, l'observation des sorties d'inflorescence, la pesée des régimes.

Mots clés supplémentaires: Musa, lutte chimique, intermentions bio-écologiques, techniques expérimentales.

ABSTRACT

Viladerbo, A. 1981. The application of research results for control of banana nematosis caused by *Radopholus similis* Cobb in West Africa. *Nematropica* 11: 193-206

After a brief review of early information on banana nematosis caused by *Radopholus similis* and of different concepts for its control, the author presents results from experiments conducted in West Africa to control the pest. Of the three fumigant nematicides tested (D.D., E.D.B., D.B.C.P.), DBCP was the only one recommended and used. The importance of the damage caused by the nematode was evidenced when nematicide treatments resulted in a doubling of yield; higher efficacies were obtained with the use of systemic and/or contact nematicides. Phenamiphos at dosages (g.a.i. per plant) of 3, ethoprophos at 4.5, carbofuran at 4, and isazophos at 2.5 were recommended successively. Results indicated that these four nematicides needed to be applied three times per year in a 35-cm band around the crown of each plant. Banana plants were very tolerant of these four nematicides since applications of 60 g. a.i./year divided in monthly intervals resulted in no phytotoxicity. Results also showed that fallowing of fields for periods of 10-12 months drastically reduced inoculum levels in the soil. When replanting of fields was made with corms coated with a mixture of bentonite + nematicide, the rate of reinfestation was very slow permitting elimination of 5 to 6 nematicide treatments. Similar results were obtained by flooding fields for 6 weeks. The procedure used to develop recommendations was based on: monthly determinations of *R. similis* numbers in the roots using maceration-centrifugation technique, determinations of plant growth, changes in flowering and yields.

Additional key words: Musa, chemical control, bioecological control, techniques, burrowing nematode.

RESUMEN

Viladerbo, A. 1981. Resultados de las investigaciones sobre la lucha contra la nematosis del banano causada por *Radopholus similis* Cobb en Africa Occidental. *Nematropica* 11: 193-206.

Después de efectuar un recuento sobre los primeros datos obtenidos sobre la nematosis del banano causada por *Radopholus similis* y sobre los diferentes conceptos para su combate, el autor presenta resultados prácticos de experimentos en Africa Occidental para combatir el parásito. De los tres fumigantes probados inicialmente, D.D., E.D.B. y D.B.C.P., el último fué el único recomendado y utilizado en la zona. La importancia de los daños causados por el nematodo fué puesta en evidencia cuando se logró duplicar el rendimiento con el uso del nematicida y más aún cuando se obtuvieron mejores eficacias con el uso de nematicidas sistémicos y/o de contacto. El

fenamifos en dosis (por planta) de 3 g, el ethoprophos con 4.5 g, el carbofuran con 4 g y el isazofos con 2.5 g fueron recomendados sucesivamente. La experimentación demostró que con estos 4 nematicidas sólo eran necesarios tres tratamientos por año con las dosis prescritas aplicadas en una banda de 35 cm de ancho alrededor de cada planta. La tolerancia del banano a los 4 nematicidas quedó demostrada cuando se aplicaron 60 g de i.a. al año en 12 tratamientos mensuales sin que se notaran daños en la planta. La puesta de los campos en barbecho estricto por unos 10-12 meses permitió una reducción significativa e importante del inóculo en el suelo. También, cuando se efectuó la resiembra con material vegetal tratado con una mezcla de bentonita + nematicida se observó que la reinfestación por el nematodo era mucho más lenta pudiéndose eliminar de 5 a 6 aplicaciones de nematicidas. Un resultado similar se obtuvo con la inundación de los campos por 6 semanas. Los métodos seguidos para la experimentación práctica están basados en el recuento mensual del número de *R. similis* en las raíces previa la extracción del nematodo por licuación y centrifugación, determinación del grado de disminución en el crecimiento de las plantas, cambios en la floración y determinación de rendimientos.

Palabras claves adicionales: combate químico, relaciones bio-ecológicas, técnicas experimentales, Musa, nematodo barrenador.

En 1893, Cobb (2) décrit un nématode extrait de racines de bananier aux îles Fidji et l'appelle *Tylenchus similis*, devenu *Radopholus similis* après la description de ce nouveau genre (17). En 1915, soit beaucoup plus tard, le même auteur attribue à ce nématode les dommages observés sur racines de bananier et de canne à sucre (3). Pourtant ce n'est que 25 ans plus tard que Mallamaire (13) attire à nouveau l'attention sur ce ravageur et les conséquences de ses attaques: dépérissement racinaire et baisse de rendement. Des recommandations de lutte, sans doute les premières formulées pour combattre cette nématose, sont préconisées:

- désinfection du sol à l'aide de sulfure de carbone, de cyanamide calcique et par la vapeur,
- désinfection du matériel végétal de plantation par trempage dans l'eau chaude,
- adoption de méthodes culturales.

Dans le domaine de la lutte contre les nématodes du bananier, Mallamaire doit être considéré comme un précurseur; mais aucune de ses recommandations ne fut mise en application. Ce n'est, semble-t-il, qu'en 1954, après la première expérimentation de lutte chimique réalisée en République de Guinée, que le problème fut réellement pris en considération. Dans cette étude, deux fumigants étaient éprouvés. L'un, le Dibromure d'Éthylène (EDB) en formulation concentré émulsionnable, était épandu après dilution dans l'eau, en arrosage sur le sol, à l'aide d'un arrosoir, tandis que l'autre, le

Dichloropropène-Dichloropropane (DD) était injecté dans le sol avec un pal injecteur. L'examen du système racinaire, 3 mois et demi après l'application, ne laissait aucun doute sur la très grande activité dévastatrice possible des nématodes en bananeraie (18). A la suite de ces constatations, de nombreuses études et expérimentations en plein champ furent réalisées. Les orientations de ces travaux évoluèrent dans le temps, au fur et à mesure de la progression des connaissances acquises. Après plus de 25 ans de recherches, un bilan des résultats pratiques obtenus est fait.

LES PROCEDES DE LUTTE

Au départ, le premier objectif poursuivi était la recherche de moyens de lutte. Deux conceptions sont rapidement apparues:

- d'une part la protection des bananiers par voie chimique (épandage de nématocides); cela nécessite des interventions permanentes;
- d'autre part la création de plantations indemnes de *Radopholus similis* par interventions bio-écologiques. Cela exige, pendant une première phase, un travail intense, très onéreux mais compensé ultérieurement par aucune intervention donc aucune dépense.

Cette seconde conception fut celle préconisée et appliquée par les grandes sociétés de production bananière installées en Amérique Centrale et par les organismes d'état australiens. Cette option était une méthode élégante, très tentante. Ce choix était parfaitement logique dans les conditions de l'infrastructure des bananeraies de ces pays où les surfaces disponibles d'un seul tenant sont importantes.

Les moyens mis en oeuvre permettent l'éradication du nématode *Radopholus similis* dans le sol et dans le matériel végétal de plantation. Les recherches entreprises pour l'obtention de ce résultat furent importantes. Elles furent difficiles. La disparition complète du nématode du sol n'était obtenue qu'après plus d'un an de jachère nue, sans aucune repousse végétative, ni de bananier, ni d'une quelconque autre espèce botanique permettant le maintien ou la multiplication de *R. similis*. L'assainissement des souches de bananier était obtenu par un décortiquage superficiel de toute leur superficie, afin d'éliminer toute nécrose aussi minime soit-elle, puis par une immersion de 20 minutes dans l'eau à 55-56° (1). Les investissements financiers et les moyens matériels mis en oeuvre furent considérables. Des "usines" furent construites. Des mesures draconiennes furent prises pour éviter toute réinfestation des souches traitées et des surfaces plantées. Des milliers d'hectares de bananeraies furent ainsi créés, réellement ou théoriquement, indemnes de *R. similis*. Mais hélas quelques années plus tard, les espoirs étaient annéantis puisque petit à petit sa présence réapparaissait dans des secteurs de plus en plus nombreux. Sur le plan pratique, cette opération "création de plantations saines" se solda par un échec. Pourtant un important travail de recherches avait été réalisé, avec des résultats scientifiques certainement très intéressants. Il faut regretter, bien que cette option de lutte ait été abandonnée depuis longtemps, qu'ils soient encore à dormir dans les dossiers des compagnies

privées américaines. Actuellement, dans toutes les zones de culture intensive du bananier, seule la lutte chimique est appliquée sur de vastes superficies. Néanmoins des interventions bio-écologiques sont, dans certains cas, mises en oeuvre avec succès.

-La lutte chimique

Deux périodes bien distinctes marquent la progression des recherches dans ce domaine. La première est marquée par l'étude des nématicides fumigants, les seuls disponibles alors. Elle cesse brutalement en 1972 avec la commercialisation des produits à action de contact et/ou à effets systémiques. Seul le traitement du sol était possible avec les fumigants; les autres, dits de "seconde génération" offrent en plus la possibilité d'un assainissement du matériel végétal de plantation.

- Traitement du sol

- Période des fumigants

Le D.D. fut expérimenté à la Station de l'IRFA de Foulaya en République de Guinée (Guinée Française en ce temps-là), dans un carré planté en septembre 1954. Les applications étaient réalisées un mois plus tard, après la reprise végétative. Les effets phytotoxiques du D.D. furent violents. Mais après ce premier choc, la croissance des bananiers fut très nettement supérieure dans les parcelles traitées au point que le poids moyen des régimes et les rendements par hectare furent considérablement améliorés par rapport au témoin: +6,2 kg par régime (+51%) et + 13 t/ha (+48%). Le Dibrométhane, en concentré émulsionnable, fut étudié à la même époque avec des résultats similaires. Mais la faible tolérance du bananier pour ces deux fumigants rendait leur emploi très délicat. Les applications en cours de végétation étaient presque impossibles. En 1956, le DBCP fut proposé pour l'expérimentation. Ce nouveau fumigant semblait ne présenter que des avantages: bonne tolérance par la plante, bonne efficacité à la température de 25° du sol des zones tropicales, activité très réduite sur la microflore du sol (5). Dès le premier essai, l'intérêt de ce produit fut évident. L'accroissement de la production fut de 105% par rapport au témoin et 24,9% par rapport au D.D. (12) Dès 1959, ce nouveau fumigant fut recommandé aux planteurs de Guinée (19). L'accroissement important des rendements/ha, résultant de la lutte contre les nématodes, est le facteur essentiel de l'adoption immédiate par les producteurs des recommandations formulées. Les applications de DBCP figuraient parmi les travaux les plus courants de la culture bananière. Mais leur exécution était longue et fastidieuse. Elle nécessitait beaucoup de main d'oeuvre. Ces traitements étaient coûteux mais; néanmoins, largement rentables sur le plan financier.

De nombreux essais furent entrepris pour améliorer l'efficacité de cette lutte, notamment par la recherche de doses plus appropriées épandues à des dates optimales déterminées en fonction de la climatologie. La limitation du nombre d'injections réparties dans une zone de 35 cm autour de chaque

bananier fut le seul point intéressant acquis. A efficacité égale, le coût du traitement était diminué. Le pal injecteur était le seul moyen d'application de ce fumigant. L'épandage avec l'eau d'irrigation par aspersion fut envisagé. Certes après de tels traitements, les rendements étaient améliorés par rapport aux parcelles non traitées mais pas comparativement avec celles où le DBCP était appliqué par injection dans le sol. Aux îles Canaries, l'aménagement des bananeraies permettait une irrigation en cuvette. Le DBCP était alors versé en tête du canal d'amenée d'eau (9). Sa répartition et son incorporation dans le sol étaient excellentes. Dans l'Ouest Africain, une telle pratique n'était pas possible et les applications se faisaient par injection à la dose de 30 à 40 . . . 1/ha de produit à 75% en V/V de DBCP, deux fois par an, à des périodes variant selon la climatologie du pays. Il en fut ainsi jusqu'en 1972, année où le premier nématicide systémique dit de seconde génération fut autorisé à la vente.

● *Période des nématicides endotherapiques et/ou de contact*

Simultanément, plusieurs molécules furent proposées à l'expérimentation en plein champ. Le phénamiphos (Némacur®), l'éthoprop (Mocap®), le fensulfothion (Terracur®) furent étudiés dans un essai mis en place en 1968 en Côte d'Ivoire. Ces produits présentés en formulation granulé à épandre sur le sol, sans enfouissement, étaient d'un emploi beaucoup plus aisé que celui des fumigants, ne nécessitant en outre que peu de main d'oeuvre. Avec la fin de l'usage des pals injecteurs, tous les tracas de fonctionnement de ces appareils disparaissaient. Dès le début de l'expérimentation, la grande efficacité de ces nématicides fut évidente (6).

Le phénamiphos se révéla être le plus efficace. Le rendement, dès le premier cycle, fut de 50,9 t/ha au lieu de 28,4 t/ha dans le témoin, soit un accroissement de 79%, alors que dans la parcelle référence DBCP la production n'a été que de 43,77 t/ha. L'éthoprop et le fensulfothion, bien que moins efficaces que le Némacur étaient néanmoins eux-aussi de très bons produits. Lors de cette expérimentation, des infestations inférieures à 1 000 *R. similis* pour 100 g de racines étaient obtenues pour la première fois. La dose étudiée était de 20 g/bananier/an en deux applications, sur 2 m² autour de chaque plant. Les autres essais réalisés ultérieurement en Côte d'Ivoire, au Cameroun, aux Antilles Françaises confirmèrent l'intérêt de deux de ces produits, le Némacur et le Mocap qui, successivement, en mars 1972 et juillet 1973 furent autorisés à la vente par les services officiels français. Néanmoins, les recherches furent poursuivies non seulement avec ces deux nématicides, mais également d'autres molécules parmi lesquelles seuls le carbofuran (Furadan® ou Curater®) et l'isazophos (Miral®) furent à leur tour recommandés en bananeraie. Le premier est autorisé à la vente par la réglementation française; le second n'est commercialisé que depuis octobre 1979 uniquement en Côte d'Ivoire et au Cameroun.

Les modalités d'emploi ont été définies pour chaque pays (6, 7, 8, 14, 16, 19, 21) par des essais entrepris dans des localités à caractères bio-écologiques très variés: climatologie, types de sols, conduite culturale, etc.

En Côte d'Ivoire et au Cameroun où la saison sèche ne prédomine pas sur celle des pluies, 3 applications de nématicides sont indispensables. Quel que soit le produit employé et la dose appliquée, leur nombre ne peut être réduit car la durée d'action d'une application est insuffisante au maintien des infestations à un niveau inférieur au seuil de nocivité, la souche de *R. similis* présente dans l'Ouest Africain étant très prolifique et virulente. Compte tenu de cette fréquence impérative, il a été recherché la dose minimale efficace de chaque produit. L'analyse des résultats de l'ensemble des études conduit à formuler l'hypothèse de l'existence d'une quantité minimale efficace au-dessous de laquelle tout produit ne présente plus d'activité. En conséquence, si la dose est trop faible, les traitements, même répétés, manquent d'efficacité. Il n'y a pas d'amélioration notable lorsque les doses appliquées sont augmentées. En Côte d'Ivoire et au Cameroun, ces doses minimales recommandées, ipso-facto les plus rentables, exprimées en grammes de matière active par bananier et par application sont les suivantes:

- phénamiphos 3 g
- ethoprop 4,5 g
- carbofuran 4 g
- isazophos 2,5 g

Les produits sont appliqués sur une couronne de 30-35 cm de large autour du bananier, soit approximativement sur un mètre carré de surface. Des études ont montré que cette zone était celle où l'infestation était maximale. Telle est la raison du faible accroissement de récolte obtenu (environ 10%) lorsque la surface d'épandage passe de 1 à 2m², avec une dose double par plante, augmentant dans le même rapport le coût du traitement (6, 7). Les trois applications annuelles sont réalisées en fonction de la climatologie du lieu. En règle générale, il ne sera jamais fait d'épandage de nématicide ni en saison sèche, ni en saison très pluvieuse. Il sera choisi le début des périodes de transition et celles à pluviométrie moyenne.

Les quatre nématicides recommandés sont parfaitement tolérés par le bananier. En effet, des plants ayant reçu mensuellement 5 g de matière active pendant une période de 20 mois n'ont manifesté ni symptôme de quelque nature que ce soit (jaunissement foliaire, brunissement des bords du limbe, etc.), ni trouble physiologique (déformation de feuilles, malformation des régimes, perturbation de croissance, etc.). Pendant la durée de cette étude, les conditions climatiques furent très variables, la pluviométrie mensuelle ayant été soit nulle, soit de 400 à 500 mm, selon les saisons. Dans les parcelles références recevant le traitement habituel (3 fois 3 g de Némacur), la production fut de 32, 6t/ha en second cycle, tandis que dans celles recevant 5 g mensuellement, elle passe à 41, 8t/ha; dans celle traitée indistinctement mais avec de l'isazophos, elle est de 58, 1t/ha (Sarah, essai en cours). A ces doses, le facteur nématode n'existait plus, ces différences de rendement laissent sup-

poser soit l'existence d'une certaine activité dépressive du phénamiphos (Némacur), soit au contraire des effets stimulants de l'isazophos (Miral).

Les quatre nématicides mentionnés précédemment ont tous une très grande activité et sont recommandés pour la lutte contre la nématose due à *Radopholus similis* en bananeraie. Cependant, il semble bien que le carbofuran et l'éthioprop aient des effets moins constants. Leur activité biologique pourrait être plus largement influencée, soit par les facteurs du sol (structure, pH, etc.), soit par les conditions climatiques régnant pendant la période immédiate que suit leur application. Le Miral est apparu comme étant un excellent produit tout au long de l'expérimentation réalisée. Toutefois, sa commercialisation, non seulement encore très récente mais en outre limitée à l'Ouest Africain, n'a pas permis d'avoir une opinion confirmée par son emploi à une plus grande échelle en bananeraie.

-Traitement du matériel végétal de plantation

La très grande phytotoxicité du DD rendait inconcevable son utilisation pour la désinfection du matériel végétal de plantation. Il en fut de même avec le DBCP. En effet, bien que ce produit soit mieux toléré, le trempage des rejets entraînait leur mort. De telles études ne furent reprises qu'avec les nématicides endothérapeutiques. Le simple trempage des souches dans une dilution aqueuse des formulations liquides s'avéra n'être que faiblement efficace. Par contre, de bons résultats furent obtenus par le "pralinage" des souches. Cette opération consiste à les immerger dans une bouillie nématicide suffisamment épaisse et collante afin qu'elles en ressortent complètement enrobées. Les terres argileuses présentes dans les plantations, s'il y en a, pourraient être utilisées, mais leur teneur variable en argile et les propriétés si différentes de celles-ci ne permettraient pas la réalisation de traitements dans des conditions rigoureuses et répétitives. En conséquence, il est recommandé de prendre une argile préparée industriellement et vendue dans le commerce, telle la Bentonite (utilisée pour les forages). 15 kg sont dilués intimement dans 100 litres d'eau puis laissés pendant 24 heures afin que l'argile se gonfle bien, puis on ajoute 300 g de matière active de l'un ou l'autre des nématicides en formulation liquide. Ce volume de mélange permet le traitement de 300 souches de taille moyenne, chacune restant enrobée avec l'équivalence de 1 g de nématicide (23). La quantité de nématicide ainsi déposée à l'unité de surface de la souche n'a pas été estimée mais s'est révélée efficace à l'expérience. Ce procédé de lutte n'est valable que si l'inoculum infestant du sol est nul ou très faible. Ce "pralinage" n'est donc intéressant que dans le cas de la plantation ou replantation d'un terrain n'ayant jamais été cultivé en bananiers, ou après un assainissement intense. L'obtention de ce résultat par voie chimique serait très élevée. Seules des interventions bio-écologiques sont envisageables dans la pratique.

-Lutte par interventions bio-écologiques

Assainissement par une jachère

Il s'agit du maintien du sol sans aucune repousse de bananier, ni croissance

de plantes hôtes pendant une durée suffisamment longue. Cette technique avait été utilisée en Amérique Centrale, en vue de l'éradication de *R. similis*. Si ce résultat n'avait pas été atteint, un assainissement très intense avait néanmoins été obtenu. Cela est nettement suffisant dans le cas d'une intervention bio-écologique. Les études expérimentales ont montré que la durée de la jachère devait être au-moins de 10 mois, bien que *R. similis* soit difficilement décelable dès le 3e mois par les techniques habituelles d'extraction de nématodes du sol. Mais des procédés plus performants ou des tests biologiques permettent de s'apercevoir de la présence de quelques individus bien au-delà de ce temps. 10 à 12 mois de jachère assurent un degré suffisant d'assainissement (14, 15, 22). Si dans un tel terrain il est planté du matériel végétal "praliné", le développement des infestations ne s'intensifie qu'après 18 mois de culture, période au cours de laquelle aucune intervention chimique n'est faite. Ce délai n'est pas augmenté si la jachère est prolongée. 5 à 6 épandages de nématicides ont ainsi été évités. En outre, à l'action bénéfique résultant de la suppression des attaques de nématodes vient s'ajouter celle bien connue de la jachère elle-même: repos du terrain, élimination de toxines, d'agents pathogènes, etc.

Les rendements par hectare pendant 2 à 3 cycles d'une bananeraie ainsi plantée sont nettement supérieurs à ceux qui seraient obtenus par la lutte chimique pratiquée dès la replantation faite rapidement après l'arrachage de la culture précédente.

Cette pratique de la jachère n'est pas sans inconvénients. Outre la perte de production pendant un an de non culture et le travail du sol nécessaire au maintien de la jachère nue, cette absence de toute couverture végétale peut provoquer une dégradation irréversible de la structure du sol.

-Assainissement par inondation

Un autre moyen bio-écologique d'assainir un terrain est de l'inonder pendant 4 à 6 semaines. Ce temps relativement court est un très gros avantage sur le procédé par jachère. Mais sa mise en oeuvre ne peut être réalisée qu'en terrain très plat et à condition de disposer d'eau en abondance. Pratiquement, la présence d'une rivière est nécessaire. Un tel assainissement a été réalisé bien involontairement en Côte d'Ivoire après rupture d'une digue de retenue de l'eau dans un secteur de bananeraies conduites en "polder". Après l'inondation, pendant laquelle tous les bananiers périrent, ces terres furent replantées avec du matériel végétal de qualité médiocre. Malgré cela, la croissance végétative fut d'une vigueur exceptionnelle; les rendements obtenus n'avaient jamais été aussi élevés. L'examen nématologique du système racinaire révéla l'existence d'un excellent état sanitaire (15). Il est supposé que l'une des raisons de la régression rapide des populations de nématodes (10) soit le dégagement de sulfure produit par les bactéries sulfato-réductrices présentes dans ces sols. Cette action serait venue renforcer celle de l'inondation elle-même.

LES TECHNIQUES EXPERIMENTALES

L'expérimentation agronomique, l'obtention de résultats valables n'ont pu être réalisées et acquises que grâce à la mise en oeuvre de techniques précises et répétitives, aussi bien nématologiques qu'agronomiques, adaptées au nématode *Radopholus similis* et à la culture bananière (20).

*-Observations nématologiques**-Extraction de R. similis des racines*

Ce nématode est un endoparasite strict. Dès les premières études, il est apparu qu'il n'existait aucune relation entre la population présente dans le sol et celle existant dans les racines, ni à un moment déterminé, ni avec un décalage dans le temps. En conséquence, seuls les dénombrements de populations extraites des racines ont une signification agronomique et nématologique. Les techniques d'extraction par incubation ou par brouillard utilisées fréquemment pour l'étude de différentes nématoses ont été progressivement abandonnées par la plupart des chercheurs étudiant celle du bananier dûe à *R. similis* pour être remplacées par celle du simple broyage et tamisage ou mieux par celle du broyage + tamisage + centrifugation. Ce sont les seules où à aucun moment il n'est fait appel à la mobilité des nématodes au cours d'une phase de filtration. Cela est très important car *R. similis* extrait des racines est peu actif, peu mobile. De ce fait, beaucoup d'individus restent sur le filtre et le taux d'extraction est faible. Les racines de bananier sont volumineuses, leur diamètre étant de 8 à 10 cm. La fraction aliquote de l'échantillon servant l'extraction doit être au moins de 50g. Après passage dans un mixer classique, le broyat racinaire est versé sur un tamis de 200 μ d'ouverture de maille, puis lavé abondamment pour entraîner les nématodes avec l'eau. Les résidus de tissus racinaires restant sur le tamis sont jetés. Cette élimination permet une meilleure opération de centrifugation. Par passage sur des tamis plus fins (jusqu'à 30 microns), l'eau contenant les nématodes en suspension est éliminée. Les nématodes sont ensuite séparés des petits débris racinaires par passage à la centrifugeuse selon la technique décrite par Collen et D'Herde (4).

-Prélevement des échantillons

La répartition des nématodes dans le système racinaire autour d'un même bananier est très hétérogène. Il en est de même d'un bananier à l'autre (11). A défaut de pouvoir choisir le point d'infestation maximale, le prélèvement sera effectué là où l'enracinement sera constitué par la vieille souche et le rejet principal. La totalité des racines présentes dans un volume de terre défini (20 cm de large, 25 cm de long et 20 cm de profondeur) sont prélevées, à l'exception de celles situées tout à fait en surface et celles en situation de décomposition avancée. Dans une parcelle d'exploitation, 15 prélèvements ainsi constitués, provenant de 15 bananiers au stade floraison, constituent l'échantillon du carré. Dans une parcelle expérimentale, les prélèvements sont effectués à

partir d'un bananier sur quatre, soit de 10 à 12 prélèvements, leur ensemble constituant l'échantillon de la parcelle qui comprend toujours de 40 à 50 bananiers significatifs observés successivement par permutation circulaire. La moyenne des résultats obtenus pour chacune des parcelles recevant le même traitement dans chacune des cinq répétitions sert à l'établissement de la courbe d'évolution du niveau d'infestation. Cela permet de juger de l'activité du nématicide étudié à la dose et fréquence utilisées, dans les conditions bio-agronomiques de l'expérimentation.

-Détection de R. similis dans un sol

Dans les études relatives à l'effet d'une jachère nue, la détection de la présence de *R. similis* est difficile par les techniques ordinaires. Il est possible de procéder à une extraction par la technique de centrifugation, puis d'examiner la totalité de la population de nématodes extraits après concentration par décantations successives dans des tubes de plus en plus étroits, jusqu'à n'avoir plus que quelques millilitres de suspension. Moins de 5 *R. similis* par kg de sol peuvent ainsi être décelés. Une autre technique consiste à prélever du sol et à faire, en pots, un semis d'une plante-hôte. Le maïs convient très bien en Afrique de l'Ouest. Après 3 à 5 semaines de culture, il est procédé à une extraction à partir du système racinaire de cette plante. Cette technique est plus performante car les oeufs éventuellement présents dans le sol auront éclos et les jeunes larves se retrouveront dans le système racinaire.

-Observations agronomiques

Les unes portent sur le développement de la plante, les autres sur la production.

-Observations sur la plante

Les premières réalisées après la mise en place de l'expérimentation, qui débute toujours avec la plantation des bananiers, sont l'observation de la reprise végétative, puis à partir du troisième mois les mensurations mensuelles de hauteur et diamètre du pseudo-tronc. Outre la mise en évidence d'écarts de croissance des bananiers selon les traitements appliqués, ces données permettent de s'assurer que les conditions agronomiques de réalisation de l'expérimentation sont bonnes. Elles permettent également de confirmer la bonne tolérance du bananier pour le produit étudié aux doses appliquées. Cela aura déjà été éprouvé sur un nombre limité de plants dans une expérimentation préliminaire. Ces résultats de mensuration permettent de préjuger l'ordre futur de classement des parcelles selon la production, sans toutefois pouvoir estimer celle-ci.

La première observation relative à la future production est la notation hebdomadaire du nombre de sorties d'inflorescences. Au moment de la récolte qui s'échelonne sur plusieurs mois, les dates de coupe de chaque régime reflètent la précocité comparée de la production des différentes parcelles. La pesée de la totalité des fruits permet le calcul du poids moyen des régimes et

surtout celui du rendement par hectare. Ce dernier est, pour le producteur, le résultat principal car il permet de préciser la rentabilité financière de la lutte contre les nématodes. Celle-ci est fonction des facteurs économiques parmi lesquels les principaux sont le prix de vente du nématicide, le coût de la main-d'oeuvre nécessaire à son application, le coût de production de la banane (à son arrivée à la station d'emballage) et le prix de vente du fruit produit.

CONCLUSIONS

A la longue période "d'abandon" des bananeraies aux attaques de *Radopholus similis* a succédé celle des traitements au fumigant DBCP. En Afrique de l'Ouest, elle s'écoula de 1958 à 1972. Depuis lors, les nématicides à action systémique et ceux agissant par contact ont fait leur apparition. De tous ceux proposés à l'expérimentation, quatre seulement ont fait preuve d'une grande efficacité et sont couramment utilisés en bananeraie.

Toute une gamme de produits fut proposée simultanément à l'expérimentation au début de cette période, très peu au cours de ces cinq dernières années. Sans doute parce que tout nouveau nématicide pour être compétitif sur le plan commercial avec ceux déjà existants doit présenter un avantage très net, tel qu'une plus grande efficacité résultant notamment d'une persistance d'action plus élevée, ou-bien une faible toxicité vis-à-vis des humains ou encore et surtout un prix de vente permettant une réduction notable du coût de la lutte.

Actuellement, les producteurs de bananes disposent d'un moyen de lutte très efficace et rentable, qui ne semble pas pouvoir être notablement amélioré, et dont le coût ne peut être diminué sans un abaissement du prix de commercialisation des nématicides.

Les recherches en cette orientation ont d'ailleurs été fortement réduites si non totalement arrêtées. Mais les études sur la nématose du bananier se poursuivent avec d'autres lignes directrices. On notera avec intérêt l'existence de recherches en cours à caractère écologique:

- sur les relations plante/nématode et tout particulièrement la répartition spatiale des populations autour du bananier,
- sur les relations du niveau d'infestation avec la climatologie, la nature du sol,
- sur les relations nématodes/facteurs climatiques,
- sur les relations nématodes/facteurs pédoclimatiques (température, humidité du sol...),
- sur les relations nématodes/facteurs biopédologiques (pH, structure du sol...),

et celles à caractère biologique telles que:

- détermination des plantes-hôtes et non hôtes,
- les caractéristiques morphologiques de différentes souches de *R. similis* et sa virulence,
- le développement possible de souches résistantes aux nématicides.

Quels que soient les résultats de ces recherches et leurs portées pratiques, la

lutte contre les nématodes du bananier figure parmi les travaux indispensables à la réussite de la culture bananière. Tout producteur de bananes, digne de ce nom, engage les frais nécessaires à sa réalisation, que ce soit dans l'Ouest Africain où elle fut probablement mise en application pour la première fois mais aussi dans toutes les régions de production bananière du monde.

BIBLIOGRAPHIE

1. BLAKE, C.D. 1969. Nematodes parasites of banana and their control -in Nematodes of tropical crops. J.E. Peachey Edit. C.A.B. Technical communication no. 40: 109-132.
2. COBB, N.A. 1893. Nematodes, mostly australian and fijian. Mac Leay Mem. Vol. Linn. Soc. N.S. Wales : 1-59.
3. COBB, N.A. 1915. *Tylenchus similis*, the cause of a root disease of sugar cane and banana. J. Agric. Res. 4: 561-568.
4. COOLEN, W.A. et C.J. D'HERDE. 1972. A method for the quantitative extraction of nematodes from plant tissue. Ministry of Agriculture (Belgium) - State nematology Research Station. Merelbeke: 77 pp.
5. DOMMERGUES, Y. 1959. Influence des nématicides sur l'activité microbienne des sols - Fruits 14: 177-181.
6. GUEROUT R. 1970. Etude de trois nouveaux nématicides en bananeraie - Fruits 25: 767-779.
7. GUEROUT, R. 1974. Quatre nématicides récents et leurs possibilités d'utilisation en bananeraie. Fruits 29:339-347.
8. GUEROUT, R. et A. PINON. 1973. Utilisation du Prophos dans la lutte contre *Radopholus similis* Cobb (Nematoda, Tylenchidae) en bananeraie. Fruits 28:751-756.
9. GUIRAN, G. de et A. VILARDEBO. 1962. Le bananier aux îles Canaries - IV. Les nématodes parasites du bananier. Fruits 17:263-277.
10. JACQ V. et R. FORTUNER. 1978. La diminution du nombre de nématodes parasites du bananier lors d'une submersion accidentelle: une conséquence d'une sulfato-réduction bactérienne? C.R. Séances Académie Agriculture de France 64:1248-1252.
11. LOSSOIS P. et J.L. SARAH. 1981. Répartition des infestations par *Radopholus similis* autour du bananier et entre bananiers. Fruits (à paraître).
12. LUC M. et A. VILARDEBO. 1961. Les nématodes associés aux bananiers cultivés dans l'Ouest Africain. Fruits 16:205-219; 16:261-279.
13. MALLAMAIRE A. 1939. La pourriture vermiculaire du bananier de Chine causée par *Anguillulina similis* Goodey en Afrique Occidentale Française. Agronomie Coloniale 28:33-42 et 65-75.
14. MELIN Ph. et A. VILARDEBO. 1973. Nématicides et désinfection à l'eau chaude dans la lutte contre *Radopholus similis* en bananeraie. Fruits 28:843-849.

15. SARAH J.L., A. LASSOUDIÈRE et R. GUEROUT. 1982. La jachère nue et l'immersion du sol: deux méthodes intéressantes de lutte intégrée contre *Radopholus similis* Cobb dans les bananeraies sur sols tourbeux de Côte d'Ivoire - Fruits (à paraître).
16. SARAH J.L. et A. VILARDEBO. 1979. L'utilisation du Miral en Afrique de l'Ouest pour la lutte contre les nématodes du bananier. Fruits 34:729-741.
17. THORNE G. 1949. On the classification of the Tylenchida, new order (Nematoda, Phasmidia). Proc. Helm. Soc. Wash. 16:37-73.
18. VILARDEBO A. 1957. Premiers essais de lutte contre les nématodes du bananier en Guinée Française. C.R. IVE Congrès International de lutte contre les ennemis des plantes. Hambourg. Vol. 1:595-598.
19. VILARDEBO A. 1959. Note sur la lutte contre les nématodes du bananier en Guinée. Fruits 14:125-126.
20. VILARDEBO A. et R. GUEROUT. 1974. Méthode d'essai d'efficacité pratique de nématicides étudiés sur *Radopholus similis* Cobb en bananeraie. Société Française de Phytologie et de Phytopharmacie. Méthode no. 49:22 pp.
21. VILARDEBO A., R. GUEROUT, A. PINON et Ph. MELIN. 1972. La lutte contre les nématodes du bananier - Synthèse des études récentes avec les nématicides Némacur et Mocap. Fruits 27:777-787.
22. VILARDEBO A. et Ph. MELIN. 1982. Utilisation de la jachère nue dans la lutte contre la nématose du bananier due à *Radopholus similis* Cobb. Fruits (à paraître).
23. VILARDEBO A. et J. ROBIN. 1969. Nematicidal treatment of banana planting material - in Nematodes of tropical crops - Technical communication no. 40, C.A.B., Peachey Edit. :133-141.