

Enregistrement scientifique n° : 588

Symposium n° : 12

Présentation : oral

Use of similarities between soil components and nematodes to mitigate their pathogenic effects.

Exploitation de similitudes entre des composants du sol et les nématodes pour atténuer leur effet pathogène

CADET Patrice (1), **ALBERGEL Jean** (2), **VILLENAVE Cécile** (1), **THIOULOUSE Jean** (3)

(1) ORSTOM, laboratoire de Bio-pédologie, BP 1386, Dakar, Sénégal.

(2) ORSTOM, Laboratoire d'hydrologie, BP 434, Tunis, Tunisie

(3) CNRS/ORSTOM, laboratoire de Bio-pédologie, BP 1386, Dakar, Sénégal.

Plant Parasitic nematodes have biological characteristics that distinguish them from other plant pathogens, *viz*, they are relatively immobile and all spend at least part of their life cycle within the soil matrix. There, they are dependant upon all events that happen in and on the field in which they live. As such, they are comparable to soil factors and they can be managed in the same way, at the field scale.

As parasites, their abundance depends on the presence of the host plants. But, this it is not the only condition since their numbers are also influenced by chemical and physical components of their environment within the soil. To control nematodes, the "host-parasite" relationship was exploited through resistant plants. The "soil-parasite" relationship was not and few attempts have been made to create nematode resistant soils, when it seemed better adapted in the presence of a nematode community. This concept based on the change in the abiotic environment to manage nematodes may be refered to as mesological control.

Under anhydrobiotic form, and in relation to water movements, nematodes could be considered as a low-density fraction of the fine sand size. Therefore, they were transported by runoff water and could be potentially used as a biological tracer to determine the origin of the water. In the sudano-sahelian area, it carried nematodes but unlike soil particles, the equipment (stone barrage, hedges) did not prevent the nematological erosion.

In this way (spread of parasites), the biological aspect of the runoff were as injurious as the physical aspects. But the runoff had positiv aspects : it was omnipresent on the hillside and independant of the cultural praticles. Therefore it could also transport antagonist organisms or abiotic factors to manage the nematode community.

Mots clés : nématodes phytoparasites, relations mésologiques, ruissellement

Keywords : plantparasitic nematodes, mesological relations, runoff

Enregistrement scientifique n° : 588

Symposium n° : 12

Présentation : oral

Use of similarities between soil components and nematodes to mitigate their pathogenic effects. Exploitation de similitudes entre des composants du sol et les nématodes pour atténuer leur effet pathogène

CADET Patrice (1), **ALBERGEL Jean** (2), **VILLENAVE Cécile** (1), **THIOULOUSE Jean** (3)

(1) ORSTOM, laboratoire de Bio-pédologie, BP 1386, Dakar, Sénégal.

(2) ORSTOM, Laboratoire d'hydrologie, BP 434, Tunis, Tunisie

(3) CNRS/ORSTOM, laboratoire de Bio-pédologie, BP 1386, Dakar, Sénégal.

Introduction

Les nématodes phytophages sont des parasites des plantes. A ce titre, ils occasionnent des dégâts aux cultures (Sasser et Freckmann, 1987). Jusqu'à un passé récent, sur le modèle médical ou vétérinaire, la lutte contre les parasites intervenait essentiellement au niveau de l'hôte et était basée sur le principe de l'éradication en cas de contamination. Au plan agronomique, en nématologie, la même démarche a conduit à protéger la plante, notamment en sélectionnant des variétés résistantes. Une démarche qui repose sur une bonne connaissance des relations hôte-parasite, effectivement justifiée dans les pays tempérés par l'existence de situations parasitaires simples mettant en présence une espèce de nématode et une espèce végétale.

Mais cette méthode convient rarement aux affections tropicales qui touchent les cultures vivrières extensives (mil, sorgho, maïs, arachide etc...), car ces plantes sont attaquées par des peuplements qui renferment un grand nombre d'espèces. Cette situation met en échec les méthodes basées sur la sélection variétale ou la lutte biologique, qui, par définition, sont très spécifiques. Quant aux méthodes chimiques, si elles étaient utilisables dans ce contexte socio-économique, elles sont en régression en raison de leurs effets néfastes sur l'environnement. Pour pallier ces difficultés, nous nous sommes orientés vers un concept de gestion des peuplements de nématodes, une approche qui, en raison de caractéristiques originales de ces parasites, peut se concevoir sur un modèle employé pour la gestion des sols.

- Relations nématodes-sol particulière : bien que les nématodes soient des parasites, leur cycle biologique ne se déroule pas entièrement dans l'hôte, mais alternativement dans la plante et dans le sol. A l'instar de la lutte génétique qui exploite la relation hôte-parasite et prévient le développement du parasite en modifiant la plante hôte, nous nous proposons d'exploiter la relation faune-sol pour perturber le développement des nématodes en modifiant l'environnement tellurique, c'est-à-dire en agissant sur les relations mésologiques.

- Grande similitude entre particules de sol et nématodes :

a) Immobilisme : comme les particules de sol, les nématodes se déplacent très peu par eux-mêmes. On peut donc influencer qualitativement et quantitativement les peuplements en agissant sur la parcelle, de la même manière que pour d'autres composants abiotiques du sol, par exemple par la jachère.

b) Inertie : en période de sécheresse, la plupart des espèces de nématodes survivent en se plaçant sous forme anhydrobiotique. Ils sont alors totalement inertes, deviennent assimilables à une particule physique et se manipulent de la même manière.

c) Taille : enfin, d'une dimension équivalente à celle d'un fragment racinaire (environ 20 µm de diamètre sur 800 µm de long), leur masse équivalente à celle d'un grain de sable fin (15 à 100 10⁻⁹ g), et leur présence en abondance dans l'horizon de surface, les rend très sensible au ruissellement, comme une fine particule de sol.

A) Le concept de lutte mésologique, exploitation des relations "faune-sol"

De par leur statut de parasite, l'abondance des nématodes est dépendante de la présence d'une plante hôte, mais si cette condition est nécessaire, elle n'est pas suffisante. Il faut aussi que l'environnement édaphique permette le déroulement de la phase tellurique du cycle biologique des nématodes. De fait, il existe des sols ou des zones dans le sol qui sont incompatibles avec la présence de certaines espèces de nématodes, et d'autres qui, au contraire, sont favorables à leur développement. Dans les champs de canne à sucre à la Martinique, quand les horizons situés en profondeur ont été artificiellement portés en surface, l'équilibre des populations au sein du peuplement change selon l'horizon, et cela malgré la pratique de la monoculture pendant de nombreuses années (Fig.1).

D'une manière générale, quand la présence d'une faible population de nématodes résulte d'une activité biologique, les sols sont dits "suppressifs" (Stirling,1991). Quand la même situation résulte de facteurs abiotiques, le sol est considéré comme "résistant" (Amir et Alabouvette, 1993). Le terme de "sols résistants" peut aussi inclure les sols où les dégâts des nématodes sont moindres que ce à quoi on pourrait s'attendre compte tenu de la taille du peuplement de parasites. Par exemple, pour la canne à sucre, les dégâts sont moins importants dans les sols lourds que dans les sols sableux. Ceci ne provient pas d'une faible densité d'infestation en nématodes, mais d'une attaque plus lente des racines qui permet à la plante de surmonter les dommages causés aux racines (Fig.2).

L'influence du type de sol sur la distribution des nématodes a été rapportée par de nombreux auteurs (Castro, 1990), et celle de certains ions sur le comportement de plusieurs espèces de nématodes a été démontrée expérimentalement. Cette relation a surtout été exploitée en écologie où la présence de traces de métaux lourds dans le sol, peut être détectée par l'étude des nématodes. Inversement, pourquoi ne pas tenter de manipuler l'équilibre spécifique au sein des peuplements de nématodes en agissant sur les équilibres entre facteurs abiotiques "naturels" du sol ? Dans cet esprit, une analyse des relations entre les peuplements de nématodes et les caractéristiques du sol a été entreprise à la Martinique et au Sénégal. L'accent est mis sur les facteurs chimiques du sol qui sont facilement manipulables contrairement aux caractéristiques physiques.

Sur igname, à la Martinique, les zones les moins infestées par Pratylenchus coffeae (110 ± 33 individus/dm³ de sol) contiennent entre 2,83 et 4,33 m eq.(2+) /100g de Ca échangeable, alors que les zones les plus infestées (1230 ± 200 individus/dm³ de sol) ont des teneurs comprise entre 3,42 et 6,54 m eq.(2+) /100g. Sur canne à sucre, la population de Helicotylenchus erythrinae a tendance à augmenter proportionnellement aux teneurs en calcium échangeable, à l'inverse de celle de Pratylenchus zeae (Fig.3).

Dans la mesure où des peuplements de structure spécifique différentes ont des pathogénies différentes, on peut imaginer qu'en agissant sur la teneur en certains ions, dans une échelle forcément compatible avec l'équilibre général de l'écosystème (puisque'elle y est incluse), il sera possible d'induire des changements profonds dans la structure du peuplement de nématodes et de réduire ainsi l'effet pathogène des nématodes.

Les problèmes nématologiques sur canne à sucre en Afrique du Sud et en Afrique de l'Ouest permettent d'illustrer ce concept. Les mêmes variétés de canne à sucre y sont cultivées sur des sols sableux comparables et elles sont attaquées par les mêmes espèces de nématodes. Mais l'abondance des espèces de nématodes ectoparasites au sein du peuplement est différente. En Afrique du Sud, le peuplement est dominé par Xiphinema et les Trichodorids, alors qu'en Afrique de l'Ouest, il est dominé par Helicotylenchus. Bien que les nématodes soient numériquement plus abondants en Afrique de l'Ouest, les dégâts n'apparaissent qu'en Afrique du Sud. Si, au lieu d'utiliser des nématicides, nous pouvions simplement changer l'équilibre des populations, en agissant sur un facteur du sol, et augmenter la proportion d'Helicotylenchus, les dégâts disparaîtraient probablement en Afrique du Sud.

B) Le ruissellement, facteur de fertilité

La présence des nématodes phytoparasites dans les canaux d'irrigation, les rivières et même le ruissellement a été largement signalée, mais le processus n'a jamais été quantifié, en particulier dans les pays soudano-sahéliens, où l'érosion est souvent extrêmement importante. Une étude a été effectuée sur les 14 ruissellements intervenus au cours d'une saison des pluies, sur un bassin versant de 58 ha situé au Sud du bassin arachidier Sénégalais. Globalement, les 6000 m³ d'eau ruisselés ont transporté 18,6 t de terre et $280 \cdot 10^6$ nématodes. Sachant que l'infestation du bassin versant peut être estimée à 423 milliards de nématodes, sur la base de 730 000 individus/m², le ruissellement ne déplacerait que 0,06 % des nématodes. Ceci apparaît faible, si on fait abstraction du potentiel de multiplication des parasites. Mais sur une base de calcul identique, il apparaît que le ruissellement ne transporte que 0,02 % des $80 \cdot 10^3$ t de particules solides situées dans les 10 premiers cm de sol. Les nématodes sont donc beaucoup plus facilement captés par l'eau de ruissellement que les particules de sol.

L'examen des résultats obtenus à chaque ruissellement au cours de la saison des pluies montre que "l'érosion des nématodes" ne s'explique pas sur la base des lois physiques qui régulent l'érosion mécanique du sol, mais plutôt selon un modèle qui semble plus proche de celui développé pour expliquer la présence des substances solubles (Zhang et al., 1997). La végétation a une influence inverse sur le transport des particules physiques et le transport des nématodes. En effet, lorsqu'il n'y a pas de végétation, en début de saison des pluies, le sol n'est pas protégé, l'érosion est importante, mais pas le transport des

nématodes, car ils sont peu nombreux (pas de plantes pour permettre leur multiplication). Plus tard dans la saison des pluies, la végétation bien développée protège le sol contre l'érosion, mais favorise la présence des nématodes dans l'eau de ruissellement, car ils sont devenus très abondants suite à leur multiplication, notamment dans les racines superficielles des herbacées. Il n'y a qu'à la fin de la saison des pluies que les deux phénomènes se synchronisent. Les plantes sèches protègent toujours le sol contre l'érosion mécanique, mais sont physiologiquement impropres à maintenir la multiplication des nématodes dont le nombre diminue dans l'horizon de surface et subséquemment dans l'eau de ruissellement.

Actuellement, le ruissellement, par l'érosion qu'il induit, est considéré comme un facteur de dégradation des sols, qui justifie l'installation de dispositifs pour en limiter les conséquences, par exemple, la construction de barrages de pierres où l'implantation de haies vives. Cependant, si ces dispositifs préviennent le ravinement du sol, ils n'empêchent pas le passage de l'eau et des organismes qu'elle transporte, en particulier à l'échelle de la parcelle. Lorsqu'il s'agit de parasites, comme les nématodes, l'une des conséquences majeures sera l'infestation des parcelles cultivées situées en aval. Autrement dit, si la "fertilité abiotique" d'un champ évolue principalement sous l'effet du système de culture, sa "fertilité biologique" peut évoluer indépendamment, du fait que certaines activités biologiques sont capables de passer de parcelles en parcelles, transportées par les eaux de ruissellement. Cette dimension spatiale "position et occupation relative des parcelles sur le bassin versant" n'est pas prise en compte par l'exploitant. Pour pallier cet inconvénient, nous suggérons d'ajouter, à la gestion isolée de la parcelle, suffisante pour améliorer sa "fertilité physico-chimique", une gestion intégrée de la position des zones de jachère et de culture sur le terroir, qui prenne en compte le passage de l'eau et les transferts biologiques. D'ailleurs, pour aider à cette organisation, les nématodes pourraient être avantageusement utilisés comme indicateurs biologiques pour déterminer l'origine de l'eau de ruissellement.

Cependant, si, sous l'angle hydro-pédologique, le processus d'érosion des sols est exclusivement négatif, il n'en est paradoxalement pas forcément de même au plan biologique. En effet, à l'instar des nématodes, l'eau de ruissellement transporte d'autres organismes, comme certaines bactéries ou des agents antagonistes des parasites telluriques, qui sont directement ou indirectement favorables à la croissance des plantes. Dans ce cas, le ruissellement pourrait être exploité pour disperser, à grande échelle, gratuitement et sans intervention de l'homme, des activités biologiques utiles à la croissance des plantes cultivées et apparaître ainsi comme un facteur de fertilité.

Bibliographie

Sasser, J.N. & Freckmann D.W. (1987) A world perspective on nematology : The role of the society. In : Vistas on Nematology (Ed. by Veech, J.A. & Dickinson, D.W.), pp 7-14. Society of Nematologists, Hyattsville, Maryland.

Castro, C. E., Belser, N. O., McKinney, H. E., & Thomason, I. J. 1990. Strong repellency of the root knot nematode, Meloidogyne incognita by specific inorganic ions. Journal of Chemical Ecology, 16, 1199-1205.

Amir, H., Alabouvette, C., 1993. Involvement of soil abiotic factors in the mechanisms of soil suppressiveness to fusarium wilts. Soil Biology and Biochemistry, 25 : 157-164.

Stirling, G.R., 1991. Biological control of Plant Parasitic Nematodes. CAB International, Wallingford.

Zhang, X.C., Norton, D. & Nearing, M.A., 1997. Chemical transfert from soil solution to surface runoff. Water Resources research, 33 : 809-815.

Mots clés : nématodes phytoparasites, relations mésologiques, ruissellement

Keywords : plantparasitic nematodes, mesological relations, runoff

Figure 1 : Proportions relatives moyennes (en pourcents) occupées par chacun des genres de nématodes phytoparasites dans les horizons A, B et C, lorsqu'ils affleurent dans les champs de canne à sucre à la Martinique.

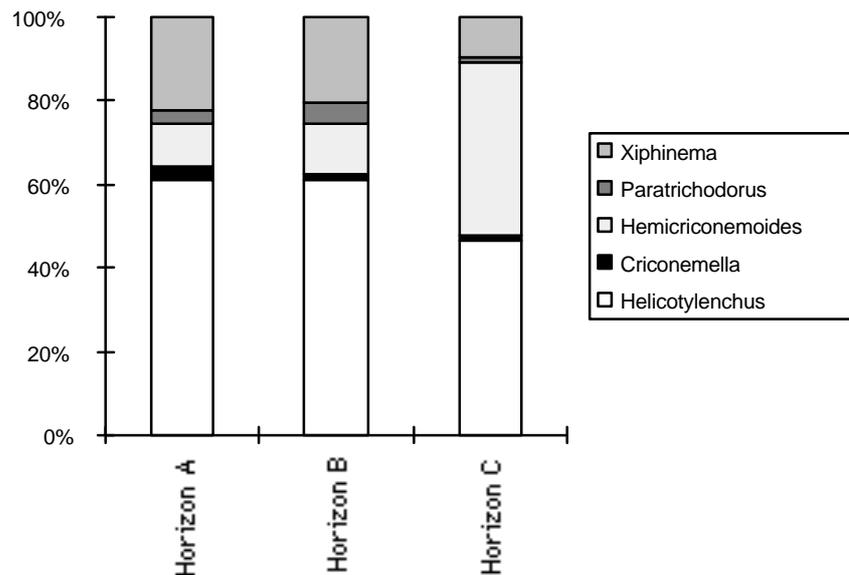


Figure 2 : Évolution de la densité d'infestation en nématodes endoparasites dans les deux systèmes racinaires de la canne à sucre qui apparaissent après la plantation, au cours des 5 premiers mois, dans un sol sableux et dans un sol argileux.

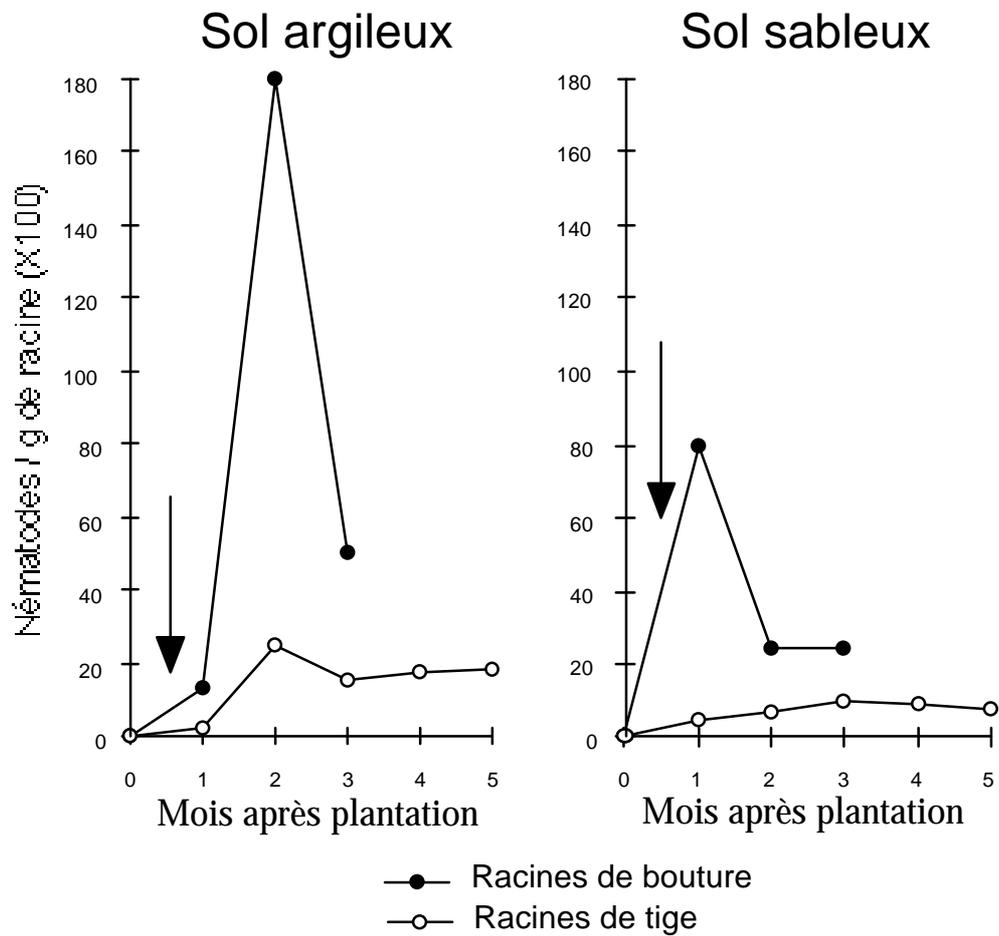


Figure 3: Relations entre abondance des nématodes et la teneur en calcium échangeable du sol à la Martinique.

A : *Pratylenchus coffeae* sur igname

B : *Helicotylenchus dihystra* et *Pratylenchus zeae* sur canne à sucre

