

Les nématodes, reflet du fonctionnement biologique des sols en semis direct sous couverture végétale

Cécile VILLENAVE¹, Djibril DJIGAL², Eric BLANCHART¹, Alain RATNADASS³, Jean-Luc CHOTTE¹, Bodovololona RABARY³

¹ UR 179 SeqBio IRD SupAgro Montpellier, France,

² UR 179 SeqBio LEMSAT IRD ISRA Dakar, Sénégal,

³ FOFIFA-SCRID, Antsirabe, Madagascar.

1. Introduction

La nématofaune des sols est constituée de nématodes phytoparasites, bien connus pour les dégâts qu'ils peuvent occasionner sur les cultures, ainsi que de nématodes libres dont une grande part est microbivore. Du fait de l'abondance et de la diversité des nématodes dans les sols ainsi que de leurs caractéristiques biologiques, ces organismes sont de bons candidats à leur utilisation comme bio-indicateurs de l'état du sol. La composition de la nématofaune du sol a été étudiée trois années successivement (2005-2006-2007) dans des systèmes en semis direct avec couverture végétale (SCV) mis en place dans un dispositif agronomique. L'objectif était de déterminer quelles étaient les modifications de fonctionnement biologique du sol dans ces différents systèmes révélés par l'analyse des nématodes du sol.

2. Matériel et méthodes

Le site d'étude se situe à Antsirabé, dans les hautes terres à Madagascar (température moyenne 16°C et pluviométrie moyenne 1300 mm). Le dispositif a été mis en place en 1991 par l'ONG malgache TAFE avec l'appui du CIRAD. Quatre traitements du dispositif ont été étudiés, 1) un système en labour conventionnel : CT m/s, rotation maïs (*Zea mays L.*)-soja (*Glycine max. L.*), et trois systèmes en SCV sans travail du sol (No-tillage, NT) : 2) NT m/s, rotation maïs-soja, 3) NT m/m-d, rotation maïs-maïs avec une couverture végétale de *Desmodium uncinatum*, et 4) NT h/s-k, rotation haricot (*Phaseolus vulgaris*)-soja avec une couverture de *Pennisetum clandestinum*; les résidus de récolte sont exportés des parcelles en labour conventionnel alors qu'ils sont restitués pour les SCV. Enfin la végétation naturelle (Bozaka) présente autour de la parcelle a également été l'objet de prélèvements; elle est composée essentiellement par une strate herbacée et quelques arbustes. Les résultats présentés ici concernent le niveau de fertilisation moyen qui consiste en une association de fumier bovin (5 Mg ha⁻¹) et d'engrais minéraux (NPK) (Razafimbelo, 2005) Le sol est un sol ferrallitique fortement désaturé humifère. Des échantillons de sol ont été prélevés fin janvier 2005, 2006 et 2007. Sur chacune des 12 parcelles du dispositif agronomique et pour 5 sites dans la bozoaka, 5 prélèvements élémentaires ont été réalisés sur la strate 0-5 cm à l'aide de cylindres de 250 cm³ et ont été rassemblés pour former un échantillon composite. Sur chaque échantillon composite une mesure de l'humidité du sol a

été réalisée. Les nématodes ont été extraits par élutriation (Seinhorst, 1962), dénombrés, fixés dans une solution formolée (Villenave et al., 2001). Les nématodes ont ensuite été montés dans des lames d'ensemble (environ 250 nématodes) avant d'être identifiés sous microscope (x 300) au niveau du genre ou de la famille puis regroupés par groupe trophique (Yeates et al., 1993) et en guildes fonctionnelles qui regroupent des nématodes du même groupe trophique possèdent les mêmes caractéristiques de traits d'histoire de vie (type r ou K) (Ferris et al., 2001).

La détermination de l'abondance relative des nématodes dans les différentes guildes fonctionnelles permet de calculer différents index (Index de Maturité, de Structure et d'Enrichissement) dont les détails de calcul sont présentés dans Ferris et al., 2001.

Une anova2 a permis d'analyser les effets du système de culture ainsi que de l'année d'analyse sur les différents paramètres nématologiques.

3. Résultats et discussion

La structure de la nématofaune est stable au cours du temps pour la période d'étude. Seuls les nématodes carnivores et omnivores présentent des différences d'abondance entre les trois années (Tableau 1).

Tableau 1 Humidité du sol (%) et densités (nombre de nématodes / 100 g-1 sol sec) des différents groupes trophiques de nématodes du sol dans les différents systèmes étudiés, Index de maturité, d'enrichissement et de structure

Rotation	Bozaka	CT n/s	NT n/s	NT h/s-k	NT n/m-d	2004/2005	2005/2006	2006/2007	effet système	effet date	interaction
nb ¹	17	9	9	9	9	17	18	18			
Humidité (%)	45,6 b	40,0 a	39,6 a	40,8 a	42,7 a	46,0 b	37,3 a	44,0 b	***	***	**
Bactérivores	306	658	160	299	524	347	475	306	NS	NS	NS
Fongivores	124 a	129 a	27 a	85 a	182 b	99	123	112	***	NS	***
Phytophages	575 a	360 a	298 a	409 a	920 b	672	473	429	***	NS	NS
Carnivores	7	0	13	21	9	21 b	2 a	7 a	NS	***	NS
Omnivores	280 b	107 a	147 a	340 b	351 b	375 b	216 a	167 a	***	**	NS
Total	1292 a	1254 a	645 a	1154 a	1986 b	1513	1289	1022	***	NS	NS
Index de Maturité (MI)	2,90 c	2,51 a	3,10 c	3,20 c	2,76 b	3,21 b	2,82 a	3 a	***	***	NS
Index d'Enrichissement (IE)	47,5 b	24,2 a	43,8 ab	34,3 a	43,6 ab	36,6	45,8	37,4	**	NS	NS
Index de Structure (IS)	76,7 c	52,9 a	82,7 c	85,2 c	72,1 b	83,6 b	73,2 a	66,7 a	***	***	NS

¹ nombre d'échantillon

*** différence significative au seuil de 0.001%; ** : différence significative au seuil de 0,01%; NS: différence non significative

CT n/s rotation maïs/*Zea mays L.*-soja (*Glycine max.L.*), NT n/s sans travail du sol & rotation maïs-soja;

NT n/m-d sans travail du sol & rotation maïs-maïs avec une couverture végétale de *Desmodium uncinatum*;

NT h/s-k sans travail du sol & rotation haricot (*Phaseolus vulgaris*)-soja avec une couverture de *Pennisetum clandestinum*

La composition et la structure de la nématofaune est clairement différente en fonction du travail du sol et de la couverture végétale dans les systèmes étudiés. La bozaka présente simultanément de forts MI, EI et SI. Un fort MI ainsi qu'un fort SI couplé à un EI élevé caractérise un milieu stable où les micro-chaines trophiques du sol sont complexes et développées.

Au contraire, le traitement avec labour (CT) présente les valeurs les plus faibles de ces indices ; les assemblages de nématodes du sol sont dominés par des nématodes microbivores de type opportunistes peu sensibles aux perturbations du milieu. Les nématodes fragiles (carnivores et omnivores) ont disparu de ce système.

Le traitement NT m/s est pauvre en nématodes, contrairement au traitement avec labour il contient très peu de nématodes bactériovores et a fortiori très peu de nématodes bactériovores opportunistes ; par contre les omnivores et prédateurs sont relativement abondants par rapport aux nématodes microbivores. C'est donc un système où les chaînes trophiques sont longues mais où l'intensité des processus doit être faible (faible compartiment microbien et nématologique).

La rotation maïs / maïs avec *Desmodium* en couverture vive présente les densités de nématodes fongivores les plus élevées mais également les plus fortes densités de nématodes phytoparasites en raison d'une prolifération des *Meloidogyne*. Dans la mesure où ce nématode peut induire des dégâts considérables sur certaines cultures, cet effet sera à approfondir.

C'est le système NT h/s-k qui présente l'assemblage de nématode le plus structuré des pratiques sans labour.

Contrairement à d'autres études, nous n'avons pas mis en évidence que les nématodes fongivores sont favorisés en techniques simplifiées (Neher 1995), à l'exception du traitement avec couverture vive de *Desmodium*. Toutefois, les densités de nématodes bactériovores tendent à être plus élevées dans le traitement avec labour mais les différences ne sont pas significatives. Les nématodes omnivores sont également plus abondants sans labour dans les traitements avec couvertures vivantes (Yeates et Bongers, 1999).

Des analyses complémentaires sont en cours pour confirmer ces résultats dans d'autres conditions de SCV (autre niveau de fertilisation, autre site), à un niveau taxonomique plus fin (genres et familles et en plus des groupes trophiques). Il s'agira également pour mettre en relation les données nématologiques à certains paramètres physico-chimiques et biologiques du sol disponibles sur le site afin d'être plus fin dans l'interprétation des différences de composition de nématofaune et de mieux cerner les propriétés d'indicateurs.

4. Références :

- Ferris H, Bongers T and de Goede R G M 2001 A framework for soil food web diagnostics: extension of the nematode faunal analysis concept. *Applied Soil Ecology* 18, 13-29.
- Neher D A 1995 Biological diversity in soils of agricultural and natural ecosystems. *In* Exploring the role of diversity in sustainable agriculture, Ed American Society of Agronomy, Crop science Society and Soil science society of America. pp 55-72, Madison, WI, USA.

- Razafimbelo T M 2005 Stockage et protection du carbone dans un sol ferrallitique sous systèmes en semis direct avec couverture végétale des hautes terres malgaches. Thèse pp 141. ENSA Montpellier.
- Seinhorst J W 1962 Modifications of the elutriation method for extracting nématodes from soil. *Nematologica* 8, 117-128.
- Villenave C, Bongers T, Ekschmitt K, Djigal D and Chotte J-L 2001 Changes in nematode communities following cultivation of soils after fallow periods of different length. *Applied Soil Ecology* 17, 43-52.
- Yeates G W and Bongers T 1999 Nematode diversity in agroecosystems. *Agriculture Ecosystems & Environment* 74, 113-135.
- Yeates G W, Bongers T, de Goede R G M, Freckman D W and Georgieva S S 1993 Feeding habits in soil nematode families and genera - An outline for soil ecologists. *J nematol* 25, 315-331.

5. Remerciements

Cette étude a pu être menée grâce au financement de l'ADEME (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie) obtenu dans le cadre de l'appel d'offre ECO-ECOGER (France). Les auteurs témoignent leur reconnaissance à toutes les personnes qui ont permis et facilité ces études à Madagascar, les membres de l'ONG Tafa et du CIRAD en particulier ainsi que de l'IRD Madagascar.

26

Avril 2008

**TERRE
MALGACHE**



**SPECIAL
SEMIS DIRECT**

**TANY
MALAGASY**



MACARTHUR

The John D. and Catherine T. MacArthur Foundation

**UNIVERSITE D'ANTANANARIVO
ECOLE SUPERIEURE DES SCIENCES AGRONOMIQUES**