

République du Sénégal
Un Peuple-Un But- Une foi
Ministère de l'Agriculture et de l'Équipement Rural

PP AT&RD

**PAPSEN PAIS ASSISTANCE TECHNIQUE ET RECHERCHE POUR LE
DÉVELOPPEMENT**

Sous-Programme centre
Rapport 1^{er} cycle
(Novembre 2020 – Décembre 2021)

Etude de différents types d'amendements sur les nématodes du sol (phytoparasites et libres) dans un périmètre maraîcher du PAPSEN dans la zone centre du Sénégal.

ISRA/CDH

Mars 2022

Djibril DJIGAL (ISRA/CDH)

Ndèye Helene Diallo DIAGNE (ISRA/CDH)

Ahmadou Bamba NDIAYE (ISRA/CDH)

Saliou NGOM (DPV)

Malipha COLY (stagiaire, UCAD)



**CONSIGLIO NAZIONALE
DELLE RICERCHE**



**INSTITUT SÉNÉGALAIS DE
RECHERCHES AGRICOLES**

SIGLE ET ABBREVIATIONS

CDH : Centre pour le Développement de l'Horticulture

ISRA : Institut Sénégalais de Recherches Agricoles

IE : Indice d'Enrichissement

IS : Indice de Structure

NRC: Nematode channel Ratio

PE : Parcelle Elémentaire

Ba : Bactérivore

Fu : Fongivores

Om : Omnivores

Car : Carnivores

LISTE FIGURE

Figure 1 : Schéma du dispositif expérimental	3
Figure 2 : Structure de la cavité buccale des groupes trophiques des nématodes du sol	5
Figure 3 : évolution au cours de la densité totale de nématodes phytoparasites selon le mode de fertilisation.....	9
Figure 4 : comparaison de l'abondance des nématodes phytoparasites avant et 3,5 mois après repiquage en fonction du mode de fertilisation.....	9
Figure 5 : comparaison de la densité totale de nématode libres avant et 3,5 mois après repiquage selon le mode de fertilisation.....	11
Figure 6 : Evolution de la structure trophique des nématodes non phytoparasites avant (A) et 3,5 mois après (B) repiquage selon le mode de fertilisation	12
Figure 7 : conceptualisation des indices selon le diagramme de Ferris et al. (2001).....	15

LISTE TABLEAU

Tableau 1 : Les différents traitements du dispositif expérimental	2
Tableau 2 : Abondance et fréquence des genres de nématodes phytoparasites	7
Tableau 3 : comparaison de l'abondance des groupes trophiques de nématodes libres avant et après fertilisation.....	13
Tableau 4 : évolution des indices d'enrichissement (IE) de structure (IS) et du nematode channel Ratio (NRC) selon le traitement avant et 3,5 mois après la fertilisation.	14

SOMMAIRE

SIGLE ET ABBREVIATIONS	i
LISTE FIGURE.....	ii
LISTE TABLEAU	ii
SOMMAIRE	iii
1.INTRODUCTION.....	1
1.1. Contexte et problématique de l'étude	1
1.2. Objectifs.....	1
2. METHODOLOGIE	2
2.1. Dispositif expérimental et traitements	2
2.2. Echantillonnage des sols et des racines	3
2.3. Analyses nématologiques	4
2.3.1. Extraction des nématodes du sol.....	4
2.3.2. Extraction des racines	4
2.3.3. Identification et comptage des nématodes frais	4
2.3.4. Identification et comptage des nématodes fixés	4
2.3.5. Détermination des indices nématologiques	5
2.3.6. Détermination de l'incidence et de la sévérité des attaques dues à Meloidogyne	5
2.4. Analyses statistiques.....	6
3. ANALYSES ET INTERPRETATIONS DES RESULTATS	7
3.1. Abondance des différentes espèces de nématodes phytoparasites	7
3.2. Abondance totale des nématodes phytoparasites.....	8
3.3. Incidence et Sévérité des attaques due à Meloidogyne et abondance dans les racines .	10
3.4. Abondance des nématodes non phytoparasites	10
3.5. Structure trophique et groupe trophique des nématodes non phytoparasites	11
3.6. Evolution des indices nématologiques	13
3.7. Conceptualisation des traitements selon le diagramme de Ferris et al. (2001)	15
4. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	16
BIBLIOGRAPHIE	17

1. INTRODUCTION

1.1. Contexte et problématique de l'étude

Le maraichage est essentiellement pratiqué dans la zone des Niayes et dans la vallée du fleuve du Sénégal. Cependant, cette activité commence à se développer dans d'autres zones du Sénégal comme le bassin arachidier, générant ainsi une source de revenus complémentaires pour les populations locales. Cependant, la pratique du maraichage dans cette zone pourrait engendrer une utilisation accrue et non maîtrisée de la fertilisation chimique, entraînant l'augmentation des coûts de production et des risques sanitaires et environnementaux comme dans les autres zones maraichères (Cissé *et al.*, 2003, 2006). Ces produits ne font également qu'accroître le déséquilibre écologique des sols et entraîner une prolifération de différents pathogènes des cultures maraichères. C'est pourquoi, l'introduction dans les systèmes de production des innovations technologiques appropriées pour limiter l'utilisation des produits chimiques et augmenter la productivité des exploitations maraichères apparaît nécessaire. Pour cela, la fertilisation organo-minérale associant du compost amélioré et l'engrais minéral dans les parcelles horticoles pourrait constituer un levier pour un bon fonctionnement du sol, une bonne gestion des ravageurs des cultures comme les nématodes et par conséquent une bonne productivité. C'est dans ce sens que cette activité a été proposée dans le cadre du projet PAPSEN. Elle va se focaliser sur l'impact de la fertilisation organique en comparaison à la fertilisation minérale ou mixte dans la gestion des nématodes phytoparasites et sur la qualité biologique du sol via la communauté des nématodes du sol. Considérée comme un indicateur de la structure et du fonctionnement des réseaux trophiques telluriques (Ferris *et al.*, 2001) et des pratiques agricoles (Villenave *et al.*, 2010, Djigal *et al.*, 2012a, 2012b), les nématodes diffèrent dans leur sensibilité et leur réponse à une modification des facteurs abiotiques et biotiques du sol. Ils réagissent à une variation des communautés microbiennes due aux apports de substrats organiques (Djigal *et al.*, 2004).

Ainsi cette étude vise à renforcer le plan de fertilisation adapté pour la culture de la tomate dans les conditions agroécologiques du bassin arachidier. Elle s'appuiera sur le dispositif mis en place dans le cadre de l'activité « fertilité des sols » du projet PP-AT à la station de Bambey.

1.2. Objectifs

Les objectifs de cette activité spécifique consistent à déterminer :

- i) Le mode de fertilisation et la dose optimale d'amendement permettant un meilleur contrôle

des nématodes phytoparasites qui affectent négativement la culture de la tomate ;

- ii) Le mode de fertilisation induisant une plus grande structuration du réseau trophique nématologique, indicateur du bon fonctionnement biologique du sol.

2. METHODOLOGIE

2.1. Dispositif expérimental et traitements

Cette étude a été réalisée sur le dispositif expérimental du PAPSEN mis en place pour la tomate à la station ISRA de Bambey dans le cadre de l'activité « Fertilité du sol ». La tomate (*Solanum lycopersicum*, variété Mongal) a été choisie comme modèle pour cette étude des nématodes du sol, puisqu'étant une des plantes maraichères les plus attaquées et les sensibles par ces pathogènes telluriques dans les zones horticoles du Sénégal. Le dispositif expérimental est en Bloc Complètement Randomisé (**Figure 1**) avec 6 traitements répétés 4 fois (**Tableau 1**). Les blocs sont distants de 0,7 m. Les unités expérimentales sont constituées par des parcelles élémentaires de 8 m² (2m X 4m) comportant 5 lignes de goutte à goutte distantes de 70cm. Les plants de tomate issus d'une pépinière préalablement mis en place et disposés au sein des unités expérimentales sur les 5 lignes, sont distants de 50 cm sur la ligne.

Tableau 1 : Les différents traitements du dispositif expérimental

Facteur	Nombre de niveaux	Description	Désignations
Traitement	6	Témoin sans apport	T0
		NPK 10.10.20 à la dose de 300kg/ha (192g/PE)	T1
		Compost à la dose calculée de 11,43 t/ha	T2
		Compost (dose calculée) + 100 % NPK	T3
		Compost (dose calculée) + 50 % NPK	T4
		Compost (dose calculée) + 25 % NPK	T5
Répétitions	4		
TOTAL	24 parcelles élémentaires		

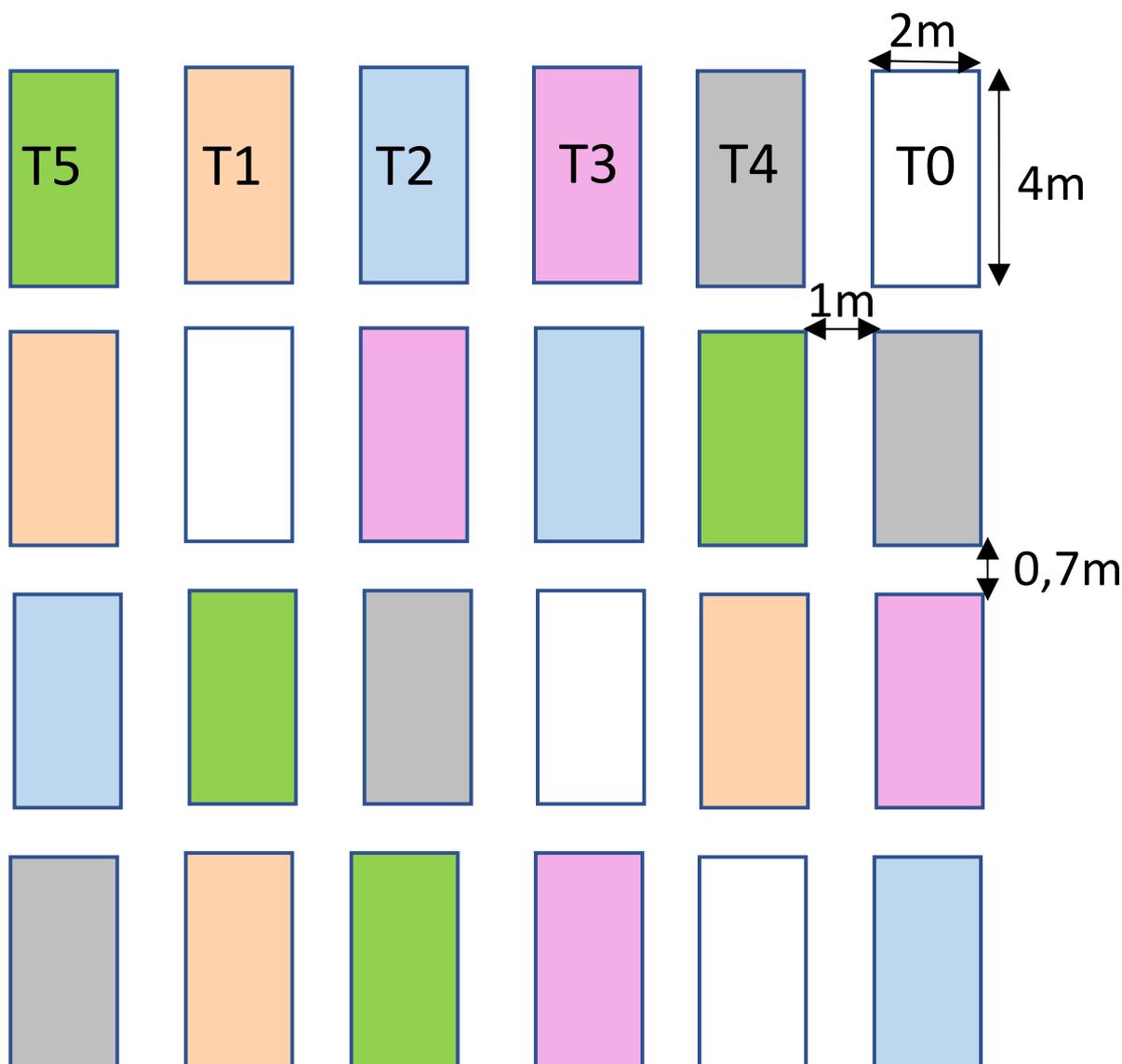


Figure 1 : Schéma du dispositif expérimental

2.2. Echantillonnage des sols et des racines

L'échantillonnage a été fait pour chaque parcelle élémentaire à une profondeur d'environ de 15 cm à proximité de la plante en utilisant la méthode Z. Ainsi, 10 sous échantillons par parcelle élémentaire ont été prélevés et mélangés dans un seau. Un échantillon composite d'environ 500 g a été recueilli dans un sachet plastique, bien étiqueté et conservé dans une glacière jusqu'à l'analyse. Pour les racines, 10 plants par parcelle élémentaire ont été échantillonnés suivant la même méthode que le sol après la récolte finale. Après séparation du système racinaire avec la partie aérienne, les 10 sous échantillons sont conservés dans un sachet plastique étiqueté.

2.3. Analyses nématologiques

2.3.1. Extraction des nématodes du sol

L'extraction des nématodes a été réalisée avec la méthode des seaux, qui utilise la différence de vitesse de sédimentation des nématodes et des particules de sable dans l'eau. Deux cent cinquante g (250g) de sol ont été pesés pour chaque échantillon et déposé dans un seau de 10L. Le seau rempli au 3/4 avec l'eau est mélangé vigoureusement (A). Trente secondes après décantation, le contenu du seau est versé sur une superposition de 3 tamis 500 µm, 50µm et de 32µm de maille (B). Les opérations A et B sont répétées 3 à 4 fois. Le tamis de 500µm permet de retenir les débris végétaux grossiers. Les nématodes sont retenus par les 2 derniers tamis (50 et 32 µm) et le rinçage des tamis permet de recueillir les extraits de nématodes. Les extraits obtenus sont ensuite versés dans un tamis de 100µm préalablement tapissé sur sa face interne de papier kleenex bien mouillé et déposé dans une boîte de pétri contenant de l'eau. Les extraits sont récupérés 48h après et versés dans un tube de comptage.

2.3.2. Extraction des racines

L'extraction des racines a été réalisée par la méthode de Baermann modifiée. Pour chaque parcelle élémentaire, les 10 sous échantillons de racines collectés ont servi d'abord à la détermination de l'indice de galle. Puis ils sont découpés en petites morceaux d'environ 1 cm. Après homogénéisation, un aliquote de 15g est placée dans un tamis de 100µm. Ce dernier est déposé dans une boîte de Pétri contenant de l'eau. Après une semaine d'incubation, le contenu de la boîte de pétri est versé dans un tube gradué pour le comptage et l'identification des nématodes.

2.3.3. Identification et comptage des nématodes frais

Après l'extraction, les extraits de nématodes sont concentrés dans un tube de 25 ml. Puis 5ml de cette solution ont été prélevés et placés dans une plaque de comptage. Tous les genres de nématodes phytoparasites ont été identifiés et comptés sous microscope x100. Un comptage total a été réalisé pour les nématodes non phytoparasites. Les résultats ont été exprimés en nombre d'individus/kg de sol. Puis, les extraits nématodes ont été fixés sous la hotte avec du formaldéhyde (4 % ; pH 7) préalablement chauffé à 60°C afin de les tuer et de les conserver jusqu'à l'identification des taxons non phytoparasites.

2.3.4. Identification et comptage des nématodes fixés

L'identification des taxons de nématodes non phytoparasites (libres) a été réalisée au microscope x100, après montage en lame de masse des extraits fixés au formaldéhyde. Pour

chaque échantillon, entre 200 à 300 individus sont montés entre lame et lamelle. Puis, les différents taxons sont identifiés au niveau genre ou famille et ensuite classés en 4 groupes trophiques suivant Yeates *et al.* (1993): phytoparasites, bactérivores, fongivores, omnivores, carnivores (Figure 2).

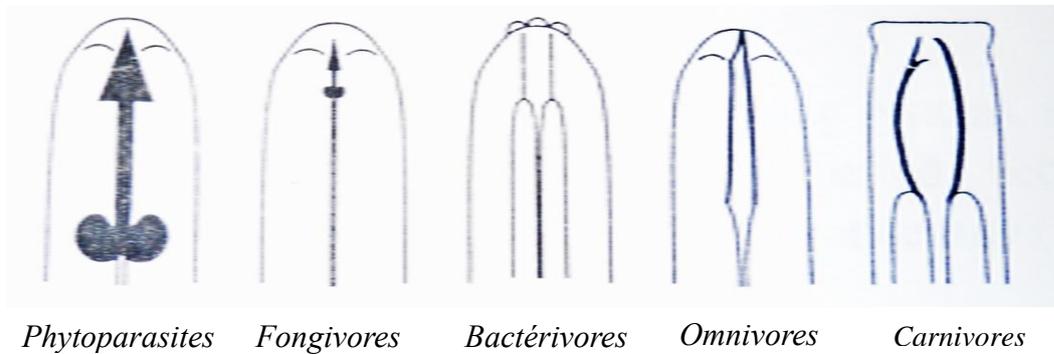


Figure 2 : Structure de la cavité buccale des groupes trophiques des nématodes du sol

2.3.5. Détermination des indices nématologiques

Deux (2) indices écologiques des nématodes ont été calculés suivant Ferris *et al.* (2001) : l'indice d'enrichissement ($IE = (e/(e+b)) \times 100$) et l'indice de structure ($IS = s/(s+b) \times 100$), où e correspond à l'abondance des nématodes de la composante d'enrichissement (guildes trophiques Ba1 et Fu2) pondérée par leurs valeurs k_e ; b l'abondance des nématodes de la composante basale (guildes trophiques Ba2 et Fu2) pondérée par leurs valeurs k_b et s l'abondance des nématodes de la composante de structure (guildes trophiques Ba3-5, Fu3-5, Om4-5 et Car2-5) pondérée par leurs valeurs k_s . IE vise à évaluer la réponse du réseau trophique à la disponibilité de ressources. IS indique si la communauté du sol est basale (typique des systèmes perturbés) ou structurée (typique des systèmes plus stables). Le Nematode Channel Ratio (NCR) a été aussi calculé suivant Yeates (2003), $NCR = B/(B+F)$, où B et F sont respectivement, les contributions relatives des nématodes bactérivores et fongivores à l'abondance totale des nématodes. NCR va permettre de quantifier l'importance relative des bactéries et des champignons du réseau trophique dans la décomposition de la matière organique.

2.3.6. Détermination de l'incidence et de la sévérité des attaques dues à *Meloidogyne*

Après l'échantillonnage des 10 plants par parcelle élémentaire après la récolte, les racines ont été lavées afin d'évaluer l'incidence (proportion de plants infestés) et la sévérité de l'infestation par le genre *Meloidogyne* ou indice de galle. Cet dernier a été estimé sur les racines de 10 plants par parcelle élémentaire en utilisant l'échelle de cotation John Bridge et Sam Page (1980).

2.4. Analyses statistiques

Les données ont été analysées par ANOVA et les moyennes sont comparées avec le test de Fisher PLSD ($p < 0,05$) en utilisant le logiciel Xlstat version 7.5.2. (Addinsoft, Paris),

3. ANALYSES ET INTERPRETATIONS DES RESULTATS

3.1. Abondance des différentes espèces de nématodes phytoparasites

Six (6) espèces nématodes phytoparasites ont été identifiés dans les parcelles durant l'expérimentation (Tableau 2). Ce qui indique une très faible diversité des nématodes phytoparasites dans ces sols, marqué par la forte dominance de *Scutellonema cavenessi*. Ce nématode présent dans toutes les parcelles, constitue environ 93% des nématodes phytoparasites. Ce résultat n'est pas surprenant, puisque *Scutellonema cavenessi* qui est un nématode parasite type de l'arachide (Germani,1981) constitue généralement le nématode phytoparasite le plus abondant dans la zone du bassin arachidier (Baujard *et al.*,1995). La forte densité de l'espèce *Scutellonema cavenessi* qui avoisine 4000 individus/kg de sol, indique qu'elle est capable de parasiter aussi la tomate. A part *Tylenchorynchus spp* et *Helicotylenchus dihystera*, qui présentent des densités moyenne comprise à 120 et 160 individus/kg de sol respectivement, les 3 autres nématodes (*Ditylenchus dipsaci*, *Paratylenchus sp* et *Rotylenchulus reniformis*) ne sont présents que de manière sporadique, avec des fréquences de moins de 1%, donc sans conséquence sur la croissance de la tomate. Comme tenu de la forte prévalence de *Scutellonema cavenessi* dans les parcelles, l'impact des nématodes phytoparasites sur la tomate va reflète l'évolution de cette espèce, d'autant plus qu'aucun individu du genre *Meloidogyne* n'a été détecté dans le sol. Les espèces de ce genre de nématode était ciblé dans l'étude, mais ils ne sont pas apparemment présents dans les sols.

Tableau 2 : Abondance et fréquence des espèces de nématodes phytoparasites dans les parcelles

Espèces	Abondance		Fréquence
	Nombre individus/kg de sol	%	%
<i>Scutellonema cavenessi</i>	3822	92,74	100
<i>Helicotylenchus dihystera</i>	122	2,96	37
<i>Tylenchorynchus spp</i>	160	3,88	90
<i>Ditylenchus dipsaci</i>	13	0,32	33
<i>Paratylenchus sp</i>	1	0,02	4
<i>Rotylenchulus reniformis</i>	3	0,07	8

3.2. Abondance totale des nématodes phytoparasites

L'abondance totale des nématodes qui est en moyenne de 2500 individus/ kg de sol avant le repiquage (avant fertilisation) évolue de manière similaire quel que soit le mode de fertilisation durant l'expérience (figure 3). En effet, elle diminue à 60% en moyenne dans toutes les parcelles 1 mois après repiquage. Puis elle augmente graduellement à partir de cette date pour atteindre 3500 et 9900 individus/kg de sol respectivement 2 mois et 3,5 mois après le repiquage. La comparaison des traitements à 3,5 mois après le repiquage montre que l'abondance totale des nématodes phytoparasites ne varie pas significativement entre les parcelles amendées. Par contre elle est plus élevée dans les parcelles témoins sans aucune fertilisation (13000 individus/kg en comparaison aux parcelles où du NPK seul, du compost seul et un mélange compost + 100% NPK ont été apportés, où la densité ne dépasse pas 8000 individus/kg de sol (Figure 4). Ces résultats indiquent que la fertilisation chimique (10.10.20) et organique (compost) permettraient de contrôler les nématodes phytoparasites présents dans ces sols. L'effet du compost dans la réduction des nématode phytoparasites, de même que les mécanismes mise en jeu sont très contrastés (Oka, 2010). Souvent des facteurs biotiques liés à la présence d'organismes antagonistes des nématodes dans les composts ou des composés azotés (Oka et Yermiyahu, 2002 ; Raviv *et al.*, 2005) sont à l'origine de l'effet suppressive des composts. Dans notre étude, le compost utilisé qui est composé essentiellement de fumier de cheval, de fiente de volaille, et de paille de brousse ne laisse présager qu'aucune action directe sur les nématodes phytoparasites. C'est pourquoi, la présence d'organismes antagonistes aux nématodes phytoparasites dans le compost serait privilégié pour expliquer cet effet suppressif. Des pertes moindres sur la tomate pourraient observées dans les parcelles fertilisées par rapport aux parcelles témoins non fertilisées, même si les différences ne devraient pas être significatives puisque les densités obtenues pour l'espèce dominante *Scutellonema cavenessi* de la communauté sont un peu loin des seuils de nuisibilité globalement observés. Par ailleurs, les résultats montrent que l'abondance des nématodes phytoparasites ne varie pas significativement selon le mode de fertilisation chimique, organique ou mixte. Contrairement à ce que plusieurs auteurs ont montré, l'amendement organique (compost) ne permet pas toujours de contrôler plus efficacement les nématodes phytoparasites que la fertilisation chimique.

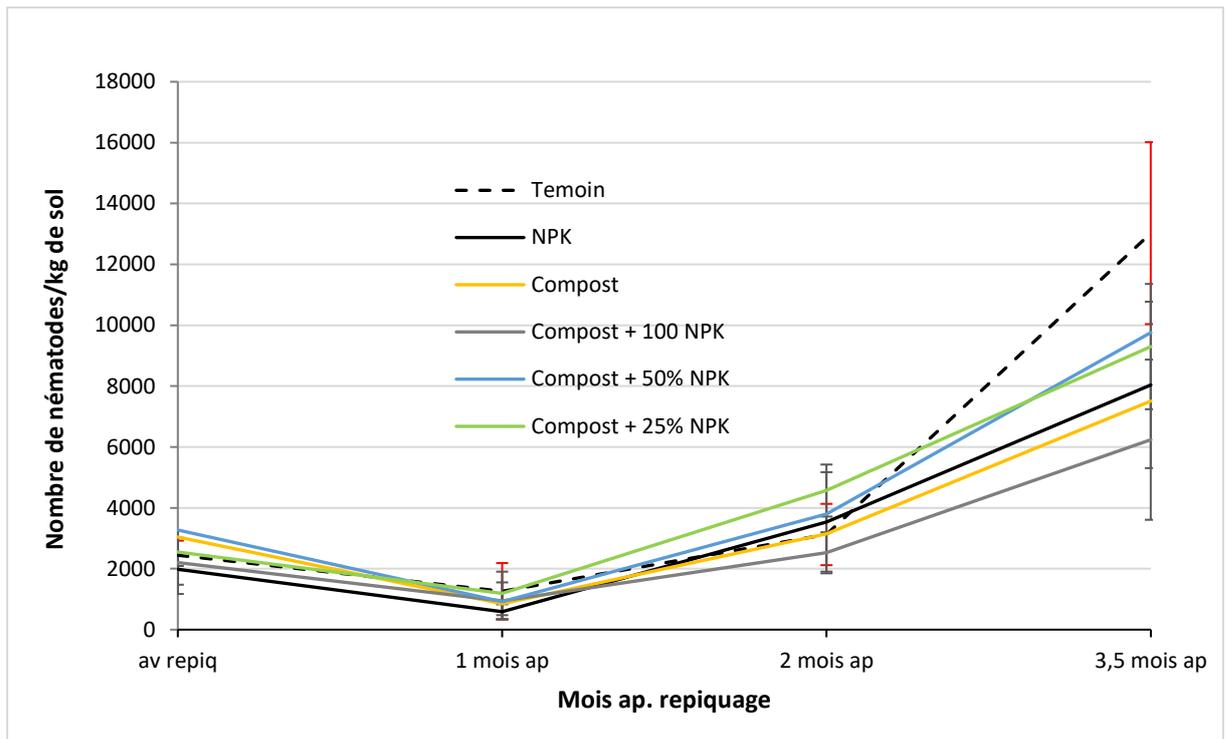


Figure 3 : évolution au cours de la densité totale de nématodes phytoparasites selon le mode de fertilisation.

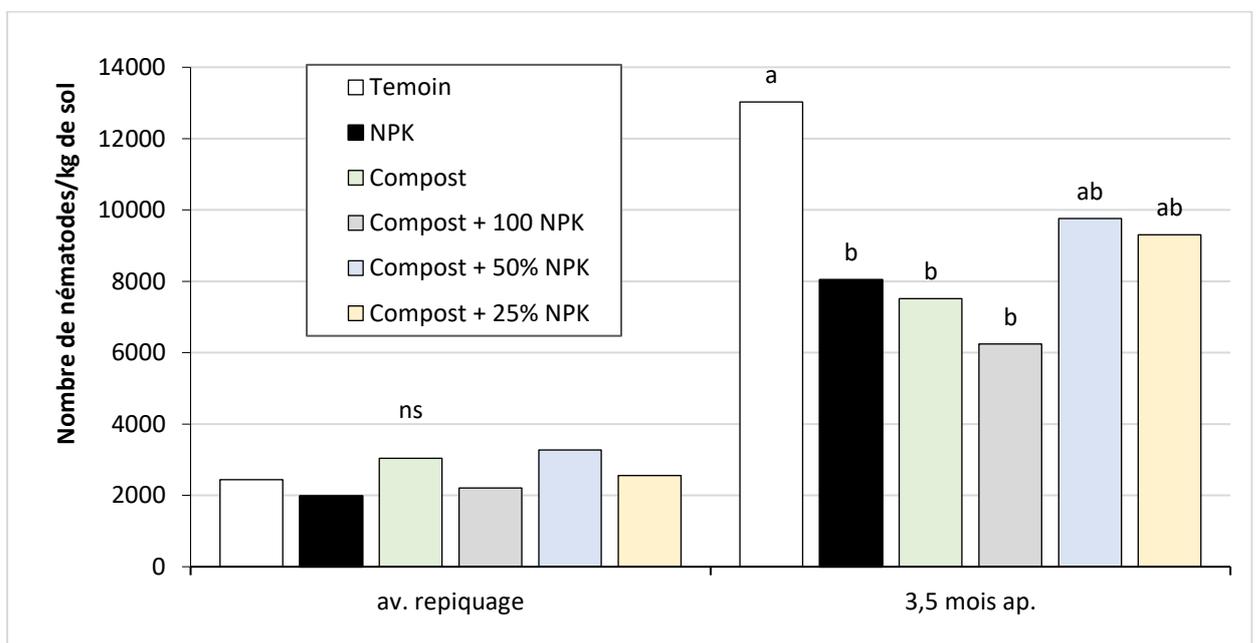


Figure 4 : comparaison de l'abondance des nématodes phytoparasites avant et 3,5 mois après repiquage en fonction du mode de fertilisation

3.3. Incidence et Sévérité des attaques due à *Meloidogyne* et abondance dans les racines

L'incidence ainsi que la sévérité d'infestation des nématodes du genre *Meloidogyne* sur les racines de tomates sont nulles quel que soit le mode de fertilisation (données non présentées). L'absence d'infestation racinaire de *Meloidogyne* se vérifie après leur extraction, où aussi aucun individu *Meloidogyne* n'a été détecté dans les racines collectées après une semaine d'incubation (données non présentées). Ces résultats confirment l'absence des nématodes du genre *Meloidogyne* dans les parcelles de l'expérimentation. L'absence de ce nématode très pathogène sur les cultures maraichères et particulièrement la tomate s'explique d'une part par l'historique de la parcelle. En effet, le terrain où a été installé l'expérimentation était en jachère pendant plusieurs années. Cette pratique a toujours été utilisée comme un moyen de contrôler les populations de nématodes phytoparasites (Pate, 1997 ; Cadet et Floret, 1995). En effet, les densités de nématodes phytoparasites ont tendance à augmenter au cours de la jachère (Cadet et Floret, 1995). Cependant, la composition spécifique des peuplements est modifiée et le peuplement devient moins pathogène. Même si le genre *Meloidogyne* est capable de se développer sur environ 2000 espèces végétale, sa présence fortement lié à la présence de ses hôtes de prédilection c'est-à-dire les cultures maraichères et notamment les solanacées. D'autre part, les dures conditions édaphiques pendant les périodes non pluvieuses (fortes températures et sols secs) de la zone d'étude pourrait aussi impacter sur la survie des nématodes du genre *Meloidogyne* dans le sol.

Les nématodes *Meloidogyne* sont des parasites majeurs des cultures maraichères, c'est pourquoi, ils étaient particulièrement ciblés dans cette étude. Cependant, l'absence de *Meloidogyne* dans les parcelles de l'expérimentation en station ne veut pas dire qu'ils ne sont pas présents dans la zone. En effet, leur présence est bien signalée dans les zones où le maraichage est pratiqué, ce qui pourrait occasionner des dégâts importants sur les cultures. C'est pourquoi, il serait important de tenir compte de leur présence dans le bassin arachidier et ainsi déterminer le mode de fertilisation capable de réduire les effets des espèces de ce genre de nématodes.

3.4. Abondance des nématodes non phytoparasites

L'abondance totale des nématodes non phytoparasites (libres), 1500 individus/kg de sol en moyenne, n'est pas très différent entre les parcelles avant le repiquage (avant fertilisation). Cette abondance évolue cependant très peu avec la fertilisation 3,5 mois après (figure 5), sauf au niveau des parcelles où le compost seul a été appliqué. En effet, le nombre de nématodes libres qui est de 4300 individus/ kg de sol est significativement plus élevée dans ces parcelles

comparativement à celui de toutes les autres parcelles, où elle ne dépasse pas 2500 individus/kg de sol. Ce résultat indique que le compost seul favoriserait les nématodes libres, contrairement à la fertilisation chimique ou mixte.

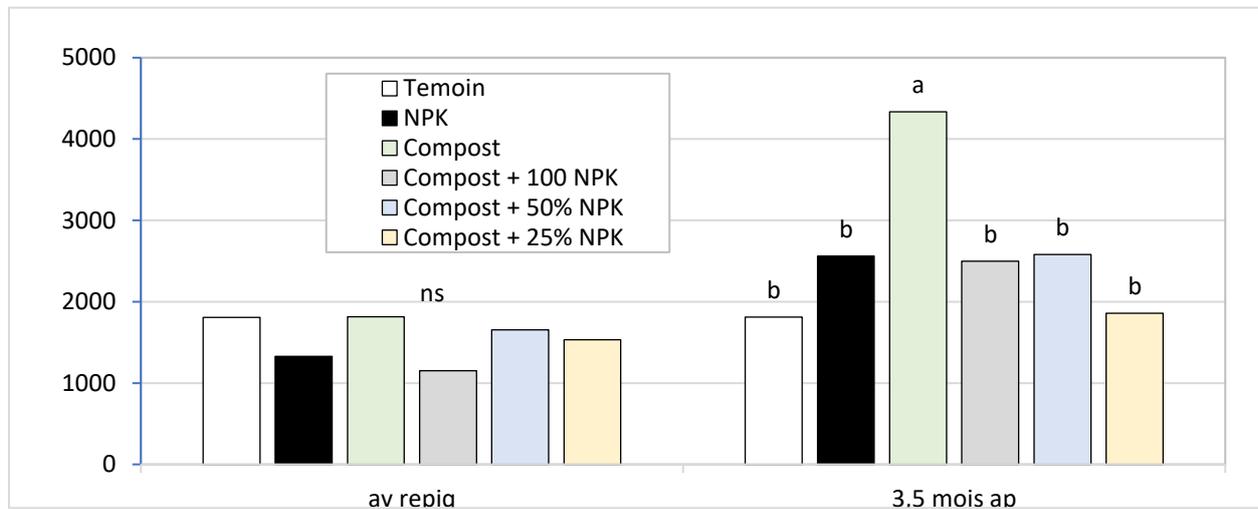


Figure 5 : comparaison de la densité totale de nématode libres avant et 3,5 mois après repiquage selon le mode de fertilisation

3.5. Structure trophique et groupe trophique des nématodes non phytoparasites

La structure trophique de la communauté de nématode libre est semblable dans les différentes parcelles avant le repiquage de la tomate (avant la fertilisation), avec une dominance des omnivores et des bactérivores. Ces 2 groupes trophiques représentent respectivement 45 et 35% de la communauté (**Figure 6**). La structure trophique évolue fortement 3,5 mois après le repiquage quel que soit le mode de fertilisation. En effet l'analyse des groupes trophiques montre que les nématodes carnivores sont presque absents dans toutes les parcelles. Egalement, une réduction des omnivores et des fongivores et une très forte augmentation des bactérivores a été observé. Le groupe des bactérivores qui représente entre 80-92%, domine fortement la communauté de nématodes libres quel que soit le mode de fertilisation. La disparition des carnivores et la réduction des omnivores après la mise en culture des parcelles en jachère sont liées à leur très forte sensibilité aux perturbations comme par exemples certaines pratiques agricoles (Freckman et Ettema, 1993, Urzelai *et al.*, 2000). Ces nématodes disparaissent souvent dans les milieux très perturbés, pollués, ou intensément gérés (Bongers, 1990, 1999). Dans le cas de cette étude, la mise en culture de la parcelle et le labour qui le précèdent serait probablement à l'origine de la disparition des nématodes carnivores et de la réduction des omnivores.

Aucune différence d'abondance n'est notée entre les parcelles avant repiquage pour tous les groupes trophiques (**Tableau 3**). Mais 3,5 mois après, l'abondance des nématodes bactérivores

est significativement plus élevée dans les parcelles amendées avec le compost seul en comparaison aux autres traitements, sauf dans les parcelles amendées avec du compost + 100% de NPK. Ce qui indique que l'augmentation de la densité des nématodes observé dans ces parcelles est lié à une forte multiplication des bactériovores. De même, le groupe des fongivores présente une abondance significativement plus importante dans les parcelles ayant reçu une fertilisation mixte avec du compost + 50% de NPK en comparaison aux autres parcelles sauf dans les parcelles amendées avec le compost seul (**Tableau 3**). Les bactériovores et les fongivores constituent avec les protozoaires, les principaux prédateurs de la communauté microbienne. Leur forte présence dans ces parcelles indique une plus grande activité microbienne dans ces parcelles en comparaison aux autres parcelles. En effet, constitué essentiellement de composés organiques bien dégradés, le compost stimule l'activité microbienne dans le sol, engendrant une augmentation de la biomasse microbienne qui va constituer une source alimentaire important pour ces 2 groupes de nématodes libres (Ingham *et al.*, 1985 ; Djigal *et al.*, 2004, Briar *et al.*, 2007). La présence de ces derniers dans les parcelles amendées avec du compost seul ou un mixte de compost et 50% de NPK, indique une plus grande activité microbienne dans le sol, mais aussi une recyclage plus rapide des nutriments comme l'azote et le phosphore et leur disponibilité pour la plante (Ingham *et al.*, 1985 ; Djigal *et al.*, 2004).

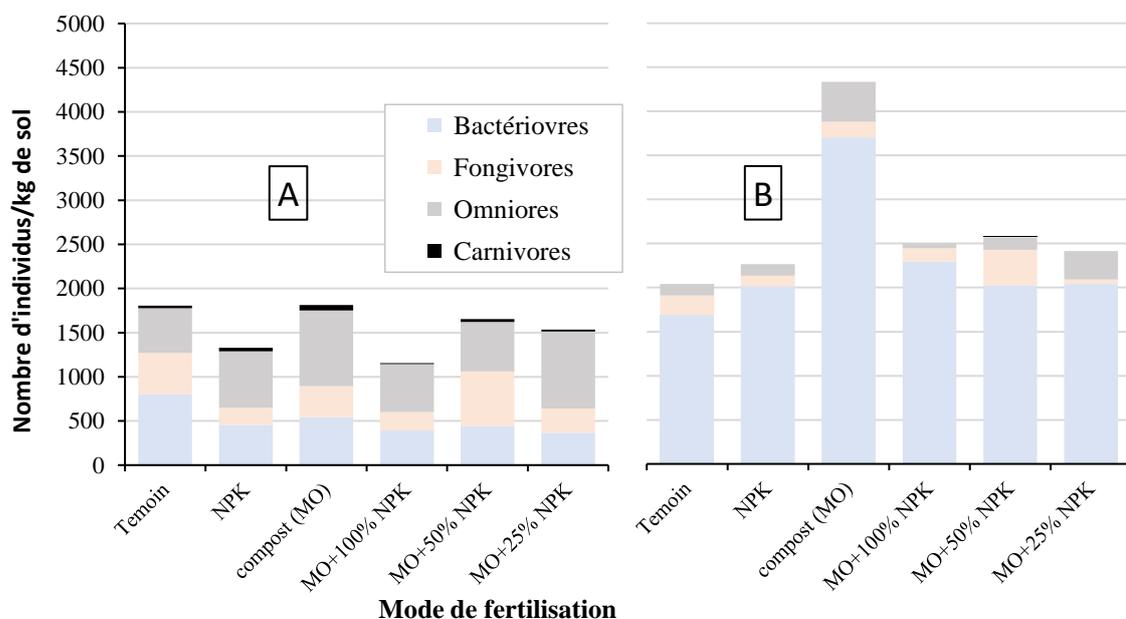


Figure 6 : Evolution de la structure trophique des nématodes non phytoparasites avant (A) et 3,5 mois après (B) repiquage selon le mode de fertilisation

Tableau 3 : comparaison de l'abondance des groupes trophiques de nématodes libres avant et après fertilisation

Mode de fertilisation	Bactériorivores	Fongivores	Omnivores	Carnivores
<i>Av fertilisation</i>				
Témoin	704 a	466 a	505 a	32 a
NPK	458 a	194 a	637 a	38 a
compost	544 a	351 a	856 a	63 a
compost + 100% NPK	390 a	212 a	541 a	10 a
compost + 50% NPK	443 a	617 a	561 a	32 a
compost + 25% NPK	365 a	277 a	870 a	22 a
<i>P-value</i>	0,284	0,335	0,805	0,600
<i>3,5 mois après fertilisation</i>				
Témoin	1689 b	108 b	129 a	0 a
NPK	2017 b	117 b	132 a	0 a
compost	3703 a	178 ab	452 a	0 a
compost + 100% NPK	2295 ab	152 b	53 a	0 a
compost + 50% NPK	2027 b	401 a	140 a	11 a
compost + 25% NPK	2042 b	51 b	320 a	0 a
<i>P-value</i>	0,032	0,029	0,442	0,561

3.6. Evolution des indices nématologiques

Les différents indices écologiques (IE, IS et NRC) ne varient pas significativement dans les différentes parcelles avant le repiquage de la tomate. En effet, l'IE, l'IS et Le NRC sont en moyenne 20, 81, et 0,60 respectivement (**Tableau 4**). Ces résultats indiquent d'une part que la chaîne trophique des parcelles avant repiquage n'est pas très enrichi (IE < 50), mais bien structuré (IS>50). D'autre part que la communauté microbienne qui compose la chaîne trophique est bactérienne et fongique avec le NRC modéré (40-60).

Les IE mesurés 3,5 mois après le repiquage sont similaires à ceux d'avant repiquage. Cependant, des différences sont notées entre système. En effet, les parcelles ayant reçu une fertilisation mixte compost + 50%NPK et compost+25% NPK, présentent un IE significativement plus élevé que celui des parcelles témoins et celle fertilisées en NPK seul. Ces dernières présentent dans l'ensemble un IE plus faible que les autres parcelles; mais les différences ne sont pas significatives. Ces résultats indiquent une chaîne trophique est beaucoup plus enrichie dans les parcelles avec une fertilisation mixte où l'apport de NPK est réduit à 25 et 50%.

Comme l'IE, l'indice de structure (IS) qui traduit la maturité de la chaîne trophique, évolue également après la fertilisation (Tableau 4). Cet indice est plus élevé dans les parcelles en fertilisation mixte compost+50%, où l'IS est de 52, en comparaison aux autres parcelles. Mais la différence n'est significative qu'avec la parcelle en fertilisation mixte avec 100% de NPK. Le Nematode Channel Ratio (NRC) qui traduit les voies de décomposition de la matière organique dans le sol se situe entre 0,83 et 0,97 dans les différentes parcelles. Ce qui indique une décomposition à dominante bactérienne quel que soit le régime de fertilisation.

Tableau 4 : évolution des indices d'enrichissement (IE) de structure (IS) et du nematode channel Ratio (NRC) selon le traitement avant et 3,5 mois après la fertilisation.

Mode de fertilisation	IE	IS	NRC
<i>Av fertilisation</i>			
Témoin	22 a	72 a	0,67 a
NPK	15 a	85 a	0,68 a
compost	21 a	82 a	0,58 a
compost + 100% NPK	16 a	85 a	0,66 a
compost + 50% NPK	26 a	81 a	0,43 a
compost + 25% NPK	23 a	82 a	0,62 a
<i>P-value</i>	0,284	0,335	0,805
<i>3,5 mois ap. fertilisation</i>			
Témoin	8 c	29 ab	0,90 ab
NPK	11 bc	24 ab	0,94 a
compost	21 abc	32 ab	0,95 a
compost + 100% NPK	37 abc	20 b	0,94 a
compost + 50% NPK	28 ab	52 a	0,83 b
compost + 25% NPK	33 ab	48 ab	0,97 a
<i>P-value</i>	0,016	0,03	0,012

3.7. Conceptualisation des traitements selon le diagramme de Ferris et al. (2001)

La représentation graphique des différents traitements suivant le diagramme de Ferris et al., (2001) et qui traduit les conditions de la chaîne trophique dans le sol indique que la chaîne trophique des parcelles avant repiquage est globalement structurée c'est-à-dire une chaîne trophique mature (complexité de relations trophique), fertile, à C/N modéré, bactérienne-fongique et suppressive, c'est-à-dire capable de contrôler les nématodes phytoparasites. Ces conditions traduisent plutôt les conditions de la jachère qui prévalaient dans ces parcelles avant la mise en culture. Une évolution des conditions de la chaîne trophique apparait 3,5 mois après repiquage, puisque la chaîne trophique des parcelles non amendées et amendés avec du NPK, du compost et du mixte compost + 100% NPK évolue en type basale, c'est-à-dire dégradée, à C/N élevé, fongique. Cette dégradation de la chaîne trophique dans ces parcelles s'explique probablement par la mise en culture de ces parcelles qui étaient en jachère. Cependant, la dégradation liée à la mise en culture est atténuée par la fertilisation mixte avec 50 et 25% de NPK, puisque la chaîne trophique dans ces parcelles intermédiaires (figure 7).

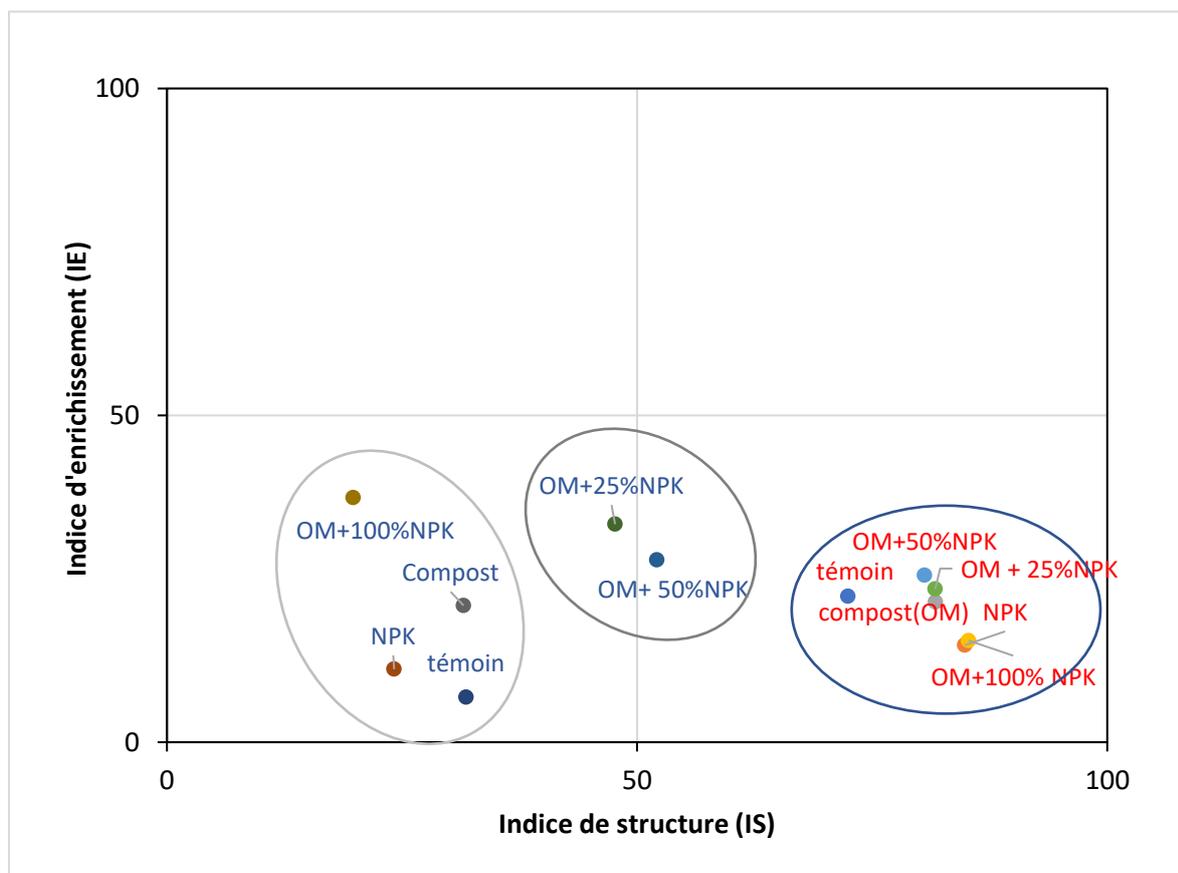


Figure 7 : Représentation sur le plan des traitements selon le diagramme de Ferris *et al.* (2001), avant repiquage (rouge) et 3,5 mois après repiquage (en bleu).

4. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

- Globalement, l'étude montre que la fertilisation du sol et particulièrement l'apport de NPK seul, de compost et leur mélange à 100% entraîne une réduction significative des nématodes phytoparasites, surtout du genre *Scutellonema*, ectoparasite qui domine les sols du bassin arachidier. L'absence d'attaque sur les racines indique la non présence de *Meloidogyne* dans la parcelle d'essai. Mais compte tenu de la présence de *Meloidogyne* dans la zone, il serait toujours important d'en tenir compte dans le cadre de cette étude. Ainsi, nous recommandons soit i) de refaire l'expérimentation « type nématodes » dans une zone de la station avec un précédent maraichage où les espèces du genre *Meloidogyne* auront été signalé ii) ou bien de réaliser une expérimentation au laboratoire, où des *Meloidogyne* seront inoculés en présence de la tomate dans des microcosmes pour déterminer les ou le mode de fertilisation efficace dans le contrôle de ce nématode dans les conditions agro pédologique de la zone.
- La mise en culture des parcelles perturbe fortement le réseau trophique, qui devient dégradé dans les parcelles non amendées et amendés avec du NPK, du compost et du mixte compost + 100% NPK, avec une quasi-disparition des nématodes carnivores et une forte réduction des omnivores. Cependant, l'apport de la fertilisation mixte compost + 50% et 25% de NPK atténue cette perturbation de la chaîne trophique liée plus à la mise en culture des parcelles précédemment en jachère. A travers les communautés de nématodes libres, cette étude met en évidence les modifications du fonctionnement biologique du sol dans ces parcelles. En effet la modification des densités et de composition des différents groupes trophiques, en particulier bactérivores et fongivores sous-tendent une modification de l'importance respective des 2 types de microorganismes qu'ils consomment (bactéries et champignons), mais aussi de l'activité microbienne essentielle au recyclage des nutriments. C'est pourquoi, il serait important de corréliser les données obtenues dans cette étude avec celles des données sols pour pouvoir valider les tendances observées afin de mieux choisir le mode de fertilisation adéquat pour la culture de la tomate dans la zone.

BIBLIOGRAPHIE

- Baujard P., Bour, E. & Martiny, B. (1995) Incidence des nématodes phytoparasites sur la culture du sorgho dans la zone sahélienne du Sénégal. *Afro-Asian Journal of Nematology* 5: 1-10.
- Bongers, T., 1999. The maturity index, the evolution of nematode life history traits, adaptative radiation and cp-scaling. *Plant Soil* 212, 13–22.
- Bongers, T., 1990. The maturity index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition. *Oecologia* 83, 14–19.
- Briar, S.S., Grewal, P.S., Somasekhar, N., Stinner, D., Miller, S.A., 2007. Soil nematode community, organic matter, microbial biomass and nitrogen dynamics in field plots transitioning from conventional to organic management. *Appl. Soil Ecol.* 37, 256–266.
- Cadet, P. & Floret, C. (1995). An initial study of fallow periods on the nematode community in the Soudanese-Sahelian zone of Senegal. *Acta Oecologica* 16 (1): 77-88.
- Cissé. S. T. Fall. M. Badiane. Y. Mb. Diop. A. Diouf (2006). Horticulture et usage des pesticides dans la zone des Niayes au Sénégal. Document de travail n°8. I.
- Cissé I., Tandia A. A., Fall S. T., Diop E. S. (2003). Usage incontrôlé des pesticides en agriculture urbaine et périurbaine : cas de la zone des Niayes au Sénégal. *Cahier Agriculture*; 12 :181-6
- Djigal, D., Chabrier, C., Duyck P.F., Achard, R., Quénéhervé P. and Tixier P., (2012a). Cover crops alter the soil nematode food web in banana agroecosystems. *Soil Biology & Biochemistry* 48 : 142-150.
- Djigal D., Saj S., Rabary B., Blanchart E., Villenave C. (2012b). Mulch type affects soil biological functioning and crop yield of conservation agriculture systems in a long-term experiment in Madagascar. *Soil & Tillage Research* 118, 11–21.
- Djigal, D., Brauman, A., Diop, T., Chotte, J.L., Villenave, C., 2004. Influence of some bacterial-feeding nematodes (Cephalobidae) on soil microbial community during maize growth. *Soil Biol. Biochem.* 36, 323–331.
- Ferris, H., Bongers, T., de Goede, R.G.M., 2001. A framework for soil food web diagnostics: extension of the nematode faunal analysis concept. *Appl. Soil Ecol.* 18, 13–29.
- Freckman et Ettema, 1993, Freckman, D.W., Ettema, C.H., 1993. Assessing nematode communities in agroecosystems of varying human intervention. *Agric. Ecosyst. Environ.* 45, 239–261.
- Germani, G (1981). Pathogenicity of the nematode *Scutellonema cavenessi* on peanut and soybean. *Revue de Nématologie* 4: 203-208.

- Ingham RE, Trofymow JA, Ingham ER, Coleman DC (1985) Interactions of bacteria, fungi, and their nematode grazers: effects on nutrient cycling and plant growth. *Ecol Monogr* 55:119–140.
- Oka, Y., 2010. Mechanisms of nematode suppression by organic soil amendments— a review. *Appl. Soil Ecol.* 44, 101–115.
- Oka, Y., Yermiyahu, U., 2002. Nematode-suppressive effects of composts against the root-knot nematode *Meloidogyne javanica* on tomato. *Nematology* 4, 891–898.
- Pate, E. (1997) *Analyse spatio-temporelle des peuplements de nématodes du sol dans les systèmes de culture à jachères au Sénégal*. Thèse de 3ème cycle, Université de Lyon. 210 pages.
- Raviv, M., Oka, Y., Katan, J., Hadar, Y., Yogev, A., Medina, S., Krasnovsky, A., Ziadan, H., 2005. High-nitrogen compost as a medium for organic container-grown crops. *Bioresour. Technol.* 96, 419–427.
- Urzelai, A., Hernandez, A.J., Pastor, J., 2000. Biotic indices based on soil nematodes communities for assessing soil quality in terrestrial ecosystems. *Sci. Total Environ.* 247 (2-3), 253–261.
- Villenave, C., Saj, S., Pablo, A.L., Sall, S., Djigal, D., Chotte, J.L., Bonzi, M., 2010. Influence of long-term organic and mineral fertilization on soil nematofauna when growing *Sorghum bicolor* in Burkina Faso. *Biol. Fert. Soils* 46, 659–670.
- Yeates, G.W., Bongers, T., de Goede, R.G.M., Freckman, D.W., Georgieva, S.S., 1993. Feeding habits in soil nematode families and genera—an outline for soil ecologists. *J. Nematol.* 25, 315–331.
- Yeates, G.W., 2003. Nematodes as soil indicators: functional and biodiversity aspects. *Biol. Fert. Soils* 37, 199–210