



RÉPUBLIQUE ALGERIENNE
DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE



MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT
SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE SAAD DAHLAB BLIDA 1

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

DEPARTEMENT DES BIOTECHNOLOGIES

Projet de fin d'étude en vue de l'obtention

Du diplôme de Master II

Spécialité : Phytoprotection Durable

Thème

**Etude de l'effet de trois types de fumier sur la diversité
trophique des communautés de nématodes dans un
verger agrumicole**

Présenté par : Alili Islam

Devant le jury composé de :

Mme OUANIGHI H.

M.A.A. UB1

Présidente

Mme NEBIH D.

M.C.B. UB1

Promotrice

Mme SABRI K.

M.A.A. UB1

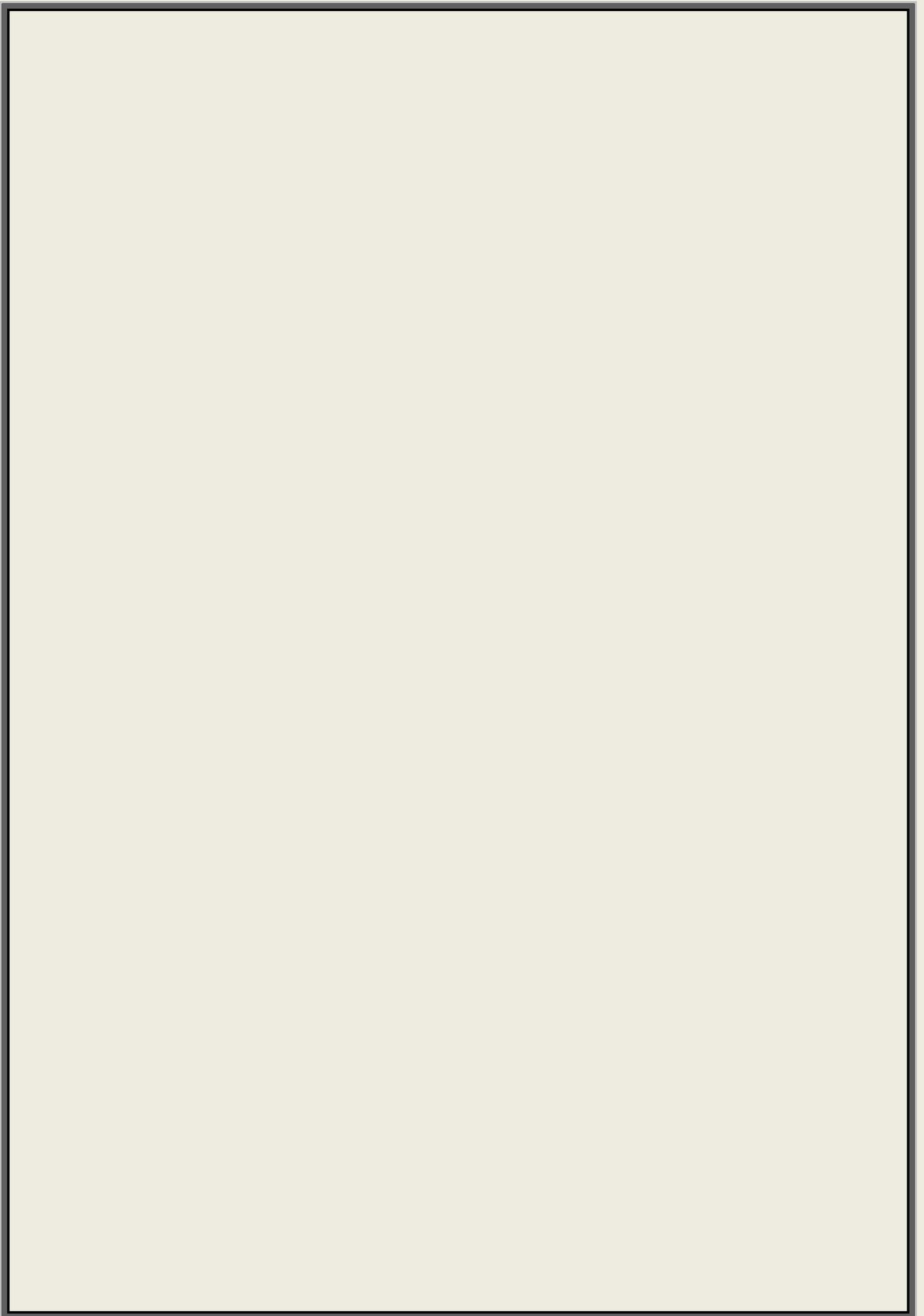
Examinatrice

Mme SAFFIDINE F.

Doctorante UB1

Examinatrice

ANNEE UNIVERSITAIRE 2014/2015



Remerciements

Au terme de ce travail,

Tout d'abord, je remercie ﷻ de m'avoir donné la santé, la patience et les moyens, à fin que je puisse accomplir ce travail.

*Mes vifs remerciements et ma profonde gratitude s'adressent à mon
Enseignant et promotrice
Mme Nebih pour sa patience et sa disponibilité.*

*Nos sincères remerciements et gratitude s'adressent
A Mme Ouanighi, d'avoir fait l'honneur de présider la
Séance de ma soutenance, et également à Mme Sabri et Mme Saffidine
pour avoir accepté de juger ce travail.*

*Je tiens à remercier aussi Monsieur Djazouli, Melle Amrine, Mme
Djemaai pour ses aides
Et ses orientations.*

*A tous ceux et celles qui m'ont apportés un soutien moral, qu'ils
veuillent bien accepter mes sincères remerciements. Tous ceux qui ont
contribué, de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.*

ALILI ISLAM.

DEDICACES

A mes très chères parents vous trouvez ici ma reconnaissance éternelle et ma profonde gratitude, mon grand respect, je vous dis merci pour tout ce que vous avez fait, Pour moi, que DIEU vous protège et vous réserve Une longue vie.

***A mes chères frères et mes chères sœurs.
Aux tous personnels de la famille ALILI.
Que DIEU fasse à ce que tout le monde réussisse dans sa vie privée comme Professionnelle DIEU nous comble de sa bénédiction et de sa grâce.***

ISLAM...

Résumé

La présente étude a révélé dans la rhizosphère des orangers « var. Thomson » de la station expérimentale du département des biotechnologies une diversité 13 taxons de nématodes identifiés (*Tylenchulus semipenetrans*, *Paratylenchus sp*, *Ditylenchus sp*, *Helicotylenchus sp*, *Aphelenchus sp*, *Tylenchus sp*, *Psilenchus sp*, *Pratylenchus sp*, *Zygotylenchus sp*, *Xiphinema sp*, *Coslenchus sp*, *Mononchus sp* et *Dorylaimus sp*.) et des espèces de la famille des *Telotylenchidae* non identifiés. Les communautés de nématodes rencontrées sont réparties en quatre groupes trophique (phytophages, bactérivores, fongivores et prédateurs–omnivores) avec une prédominance des phytophages. La distribution des groupes trophiques dans le verger d'étude révèle une différence très hautement significative ($p=0,000$; $p < 0,05$). Ils varient en relation avec le temps ($p=0,001$; $p < 0,05$). Par ailleurs, les trois types de fumier (Bovin, Ovin et Camelin) ont eu une action comparable sur les populations des quatre groupes ($P=0,446$; $p > 0,05$). Les indices écologiques, la diversité (H') et la richesse (S) présentent une variation temporelle dépendante du type de fumier. Alors que l'équitabilité (E) est faiblement affectée par les apports de fumier mais elle est stable dans le temps.

Mots clés : Communautés de nématodes, Fumiers, Indices Ecologiques, Oranger, Variations Temporelles

Studying the effect of three manure types on trophic diversity of nematodes communities in citrus orchard

ABSTRACT

The present study done on the rhizosphere of the orange trees (Thomson variety) located in the experimental station of biotechnology has shown a diversity of thirteen identified taxa (*Tylenchulus semipenetrans*, *Paratylenchus sp*, *Ditylenchus sp*, *Helicotylenchus sp*, *Aphelenchus sp*, *Tylenchus sp*, *Psilenchus sp*, *Pratylenchus sp*, *Zygotylenchus sp.*, *Xiphinema sp*, *Coslenchus sp*, *Mononchus sp* and *Dorylaimus sp.*) in the addition of non-identified species from *Telotylenchidae* family. The nematode communities are distributed into four functional groups (phytophagous, bacterivores, fungivores, and predator-omnivories) with a phytophagous predominance. The distribution of trophic groups in the orchard shows a great significant difference ($p=0.000$; $p < 0.05$) they also change in relationship with time ($p=0,001$; $p < 0,05$) however the three types of manure (Cattle, Sheep and Camelin) have a different effect on the four groups population ($P=0,446$; $p > 0,05$). The ecological diversity (H') and richness (S) showed a temporal variation that depends on the manure type. However the evenness (E) is weakly affected by the manure inputs but its stable through time.

Keywords: nematode communities, manure, ecological indices, orange trees, temporal variation

دراسة تأثير ثلاثة أصناف دبال على التنوع الغذائي لمجتمعات الديدان الخيطية في بستان الحمضيات

الملخص :

كشفت نهج الدراسة المطبق على تراب الجذور في أشجار البرتقال (*Var. Thomson*) والمتواجدة بحظيرة التجارب قسم البيوتكنولوجيا عن تواجد ثلاثة عشر صنف من الديدان الخيطية والمعرفة كالتالي : (*Tylenchulus semipenetrans*, *Paratylenchus sp*, *Ditylenchus sp*, *Helicotylenchus sp*, *Aphelenchus sp*, *Tylenchus sp*, *Psilenchus sp*, *Pratylenchus sp*, *Zygotylenchus sp*, *Xiphinema sp*, *Coslenchus sp*, *Monochus sp et Dorylaimus sp*) . وأنواع من (*Telotylenchidae*) غير معرفة .

تصنف مجتمعات الديدان الخيطية الأنفة ذكرها ضمن أربع مجموعات غذائية متمثلة في : (أكلات النبات آكلات البكتيريا آكلات الفطريات .المفترسة (متنوعة الغذاء) علما أن الهيمنة كانت لأكلات النبات)

إن توزيع المجموعات الغذائية في الحقل الدراسي كشف عن اختلاف كبير ($p=0.000$; $p<0.05$) كما يظهر اختلاف زمني ($p= 0.001$; $p<0.05$) . من جهة أخرى فإن أنواع الدبال الثلاثة : (بقر، غنم، وإبل) لديهم تأثير متبادل على الأصناف الأربعة ($p= 0.446$; $p>0.05$) .

أظهرت المؤشرات البيئية ، التنوع (H') والوفرة (S) تغيرات زمنية تبعا لنوع الدبال ، غير أن تأثير الدبال على مؤشر المساواة (E) كان ضعيفا ، علما أن المؤشر كان ثابتا زمنيا .

● الكلمات المفتاحية :

مجتمعات الديدان الخيطية ، الدبال ، المؤشرات البيئية ، شجرة البرتقال ، التغيرات الزمنية.

Table de matière

INTRODUCTION.....	1
Chapitre I : Synthèse Bibliographique	
I.1. Données bibliographiques sur les agrumes.....	3
I.1.1. Historique de la culture des agrumes.....	3
I.1.2. Description botanique des agrumes.....	4
I.1.3. Position systématique.....	6
I.1.4. Exigences écologies des agrumes.....	7
I.1.5. Les principaux ravageurs des agrumes.....	7
I.2. Généralités sur les nématodes.....	11
I.2.1. Adaptation et modes conservations des nématodes..	12
I.2.2. les communautés de nématodes phytophages associées aux agrumes.....	13
I.2.3. Effet des facteurs biotiques et abiotique sur les variations des communautés.....	14
I.2.3.1. Influence des facteurs abiotiques.....	14
I.2.3.1.1. Effet des caractéristiques physicochimiques du sol.....	14
I.2.3.2. Influence des facteurs biotiques	16
I.2.3.2.1 Relations interspécifiques (nématodes-nématodes).....	16
I.2.3.2.2. Matière organique.....	16
I.2.4. La diversité trophique des nématodes.....	17
I.2.5. Effet du milieu sur les variations des groupes trophiques.....	18
I.3. Données bibliographiques sur les amendements	
I.3.1. Caractérisation des amendements organiques.....	19
I.3.2. Les différents types d'amendements organiques.....	19
I.3.2.1. Le fumier.....	19
I.3.2.2. Le lisier.....	19
I.3.2.3. Engrais vert.....	19

III.1.3.	Variation temporelle des nématodes en fonction des différents types du fumier.....	36
III.1.4.	Répartition globale des groupes trophiques dans le verger.....	38
III.1.5.	Variation globale des groupes trophiques en fonction du temps.....	38
III.1.6.	Variation temporelle des groupes en fonction des traitements.....	39
III.1.6.1	Analyse de la variance (GLM) des groupes trophiques.....	42
III.1.7.	Variation temporelle des indices écologiques en fonction des traitements....	44
III.1.8.	Analyse statistique des indices écologique par le model GLM.....	46
III.1.8.1.	Analyse de la Richesse (S).....	46
III.1.8.2.	Analyse de la diversité (Shannon-Weaver H').....	47
III.1.8.3.	Analyse de l'équitabilité(J).....	48
III.2	Discussion.....	50
	Conclusion.....	54
	Références bibliographique.....	56

Listes des figures

Figure 1:	Régions d'origines des agrumes.....	3
Figure 2:	Photographie des arbres d'agrumes (Thomson).....	5
Figure 3:	Présentation des sites d'études (180 m d'altitude).....	23
Figure 4:	Travail manuel du sol sans traitement.....	25
Figure 5:	Dispositif expérimental de la parcelle étudiée.....	25
Figure 6:	Travail manuel du sol avec traitement.....	26
Figure 7:	Prélèvement des échantillons.....	27
Figure 8:	Matériel nécessaire d'extraction des nématodes et l'identification.....	28
Figure 9:	Les étapes d'extraction.....	29
Figure 10:	Le Passage actif des nématodes.....	30
Figure 11:	Morphologie de <i>Coslenchus</i>	32
Figure 12:	Morphologie de <i>Tylenchorhynchus</i> (<i>Telotylenchidae</i>).....	33
Figure 13:	Morphologie de <i>Psilenchus</i>	33
Figure 14:	Morphologie de <i>T. semipenetrans</i>	33
Figure 15:	Morphologie de <i>Tylenchus</i>	34
Figure 16:	Morphologie de <i>Dorylaimus</i>	34
Figure 17:	Morphologie de <i>Pratylenchus</i>	34
Figure 18:	Morphologie de <i>Helicotylenchus</i>	35
Figure 19:	Morphologie d'un bactérivores.....	35
Figure 20:	Répartition globale des phytophages.....	36
Figure 21:	Variation temporelle des nématodes en fonction des différents types du fumier.....	37
Figure 22:	Classification ascendante hiérarchique.....	37
Figure 23:	Répartition globale des groupes trophiques dans le verger.	38
Figure 24:	Variation temporelle des groupes trophiques.....	39
Figure 25:	Effet des traitements sur les variations temporelles des groupes.....	41
Figure 26:	Effet des traitements sur les variations temporelles des groupes.....	43
Figure 27:	Effet des traitements sur les indices écologiques.....	45
Figure 28:	Variation de la Richesse (S) en fonction des traitements et	

	du temps.....	46
Figure 29:	variation temporelle de la diversité (H') en fonction des traitements.....	48
Figure 30:	Evaluation de l'équitabilité (J) de la nématofaune en fonction des traitements et du temps.....	49

Liste des tableaux

Tableau 1 :	Les principaux agrumes cultivés en méditerranée.....	5
Tableau 2 :	Quelques ravageurs des agrumes et leurs dégâts.....	8
Tableau 3 :	Effet des différents traitements sur les groupes trophique des nématodes en fonction de temps	42
Tableau 4 :	Variation de la Richesse(S) en fonction des traitements et de temps.....	46
Tableau 5:	Effet des traitements sur de la diversité (H') des nématodes.....	47
Tableau 6 :	Variation de l'équitabilité (J) en fonction des traitements et de temps.....	48

Introduction générale

Les agrumes représentent les fruits les plus consommés dans le monde, leur production dépasse 100 millions de tonnes par an. Le bassin méditerranéen produit plus du quart de la production mondiale (ER-Raki, 2007). La surface agrumicole algérienne s'étend sur 41.380 ha dont la plaine de la Mitidja occupe 44% de la surface (SDA, 2008). La plus grande partie de la production est utilisée dans la consommation en frais (97%) et le reste est destiné à la transformation agro-alimentaire et autre (SDA, 2008).

Pratiquement aucune culture n'échappe à l'attaque d'au moins une espèce de nématode, même s'il existe des différences quantitatives importantes suivant les espèces (Sasser *et al.*, 1987). La rhizosphère des citrus en compte un grand nombre, plusieurs travaux ont signalé la présence de diverses espèces de nématodes phytophages. Duncan (1999), affirme que *Tylenchulus semipenetrans*, *Radopholus similis*, *Pratylenchus coffee* et *Meloidogyne* spp sont considérés comme des parasites majeurs du Citrus vu les pertes considérables produites dans plusieurs régions du monde. Toutefois, *T.semipenetrans* selon Verdejo-Lucas *et al.* (1995) est l'espèce dominante sur Citrus. Elle évolue dans différents types de sol. Les prospections de Tuset et Garcia (1986); Beringola *et al.*(1987) dans les vergers d'agrumes en Espagne ont révélé que *T. semipenetrans* a été détecté dans 90% des vergers examinés. En Algérie il a été signalé par Triki (2011) dans différentes régions de la mitidja. Alors que Khiar (2014) l'a détecté dans les vergers d'oranger var. « Thomson » de la région de Tizi ouzou.

La préparation du sol et l'apport de compost permettent d'améliorer le statut organique du sol, en conséquence un meilleur développement de la plante cultivée. Par ailleurs, ces traitements induisent des modifications de la structure spécifique des communautés de nématodes phytoparasites en augmentant l'abondance d'une espèce peu pathogène qui pourra limiter les dégâts dus aux nématodes (Villena *et al.*, 1998).

Plusieurs travaux signalent les amendements organiques (animale ou végétale) utilisés par les producteurs représentent une alternative de gestion des cultures visant à réduire ou à éliminer les intrants synthétiques (Mian et Rodriguez-Kabana, 1982 ; Abawi et Widmer, 2000 ; Mc Sorley et Fredirick, 1999 in Nahar *et al.*, 2006).

En effet ces amendements améliorent la qualité (la fertilité et la structure) du sol et peut réduire des pertes dues aux phytoparasites sans la pollution environnementale liée à l'utilisation d'engrais et des pesticides chimique tout en augmentant la récolte et les rendements (Boehm *et al.*, 1993 , Oka, 2010).

En rapport avec les travaux sus cités, nous avons entrepris la présente étude afin d'évalue revalue l'effet de trois types de fumier (bovin, ovin et camelin) sur les modifications des communautés de nématodes associées aux orangers « variété Thomson ».

Pour atteindre les objectifs visés, nous avons adopté une méthodologie de recherche visant :

- Synthèse bibliographique sur :
 1. Les agrumes
 2. les nématodes associés à l'agrumiculture.
 3. Les amendements organiques

- Travail expérimental comporte
 1. Les méthodologies utilisées
 2. Les résultats et la discussion
 3. La conclusion générale

Chapitre I : Synthèse Bibliographique

I.1. Données bibliographiques sur les agrumes

I.1.1. Historique de la culture des agrumes

Les agrumes sont originaires des pays du sud-est asiatique ou leur culture se confond avec l'histoire des civilisations anciennes de la Chine, qui les cultivèrent d'abord pour leur parfums, puis pour leurs fruits (Loussert, 1989). Ce même auteur signale aussi que c'est avec le rayonnement des civilisations Chinoises et Hindoues que leur culture commença à se propager, au cours du premier millénaire avant notre ère, à l'ensemble des pays du sud-est asiatique (sud du Japon et archipel de Malaisie). Les Cédriatiers furent probablement les premiers agrumes cultivés en méditerranée à l'époque des Mèdes, au VII^{ème} siècle avant notre ère (Loussert, 1989). Les agrumes auraient été diffusés au Moyen-Orient, puis dans les pays méditerranéens, par les échanges commerciaux de l'antiquité et jusqu'à nos jours. C'est ainsi, qu'à la fin du 16^{ème} siècle, les agrumes à l'exception du mandarinier, s'étaient répandus dans presque toutes les régions tropicales et subtropicales (Parfonry, 2001).



Fig.1 : Historique de la culture des agrumes (Anonyme 2011)

I.1.2 Description botanique des agrumes

Les agrumes sont des arbres épineux à feuilles persistantes, de la famille des rutacées, cultivées comme arbre fruitier dont la majorité des espèces sont ornementales (Mazoyer *et al.*, 2002). Praloran (1971) souligne que la période de floraison est entre mars et juillet. Pour ce qui est de la couleur des fleurs est blanche. En zone tropicale, on observe deux périodes de floraison principales ; la première se situe après la période fraîche qui est donc une floraison naturelle. La seconde et la plus importante s'observe peu après la reprise de la saison de pluie (Parfonry, 2001). Leurs fruits, constitués de quartiers remplis de petites vésicules très juteuses, constituent leur principale originalité. Les botanistes lui ont donné un nom particulier : *Hesperidium*, du nom du jardin des Hespérides de la mythologie. On ne connaît pas d'autres fruits ayant cette structure. Toutes les parties de l'arbre contiennent des glandes à essence: écorce, feuilles, branches, fleurs, fruits le parfum fait partie de l'agrume (Mazoyer *et al.*, 2002).

Les fleurs sont généralement de couleur blanche, de 4 à 5 pétales imbriqués, souvent recourbés vers l'arrière très parfumé odorant. Selon les espèces, la floraison en grappe ou en fleur isolée est très abondante. L'époque de floraison varie selon les espèces et le climat, de mars à juillet. La pollinisation est assurée par le vent et les insectes (Anonyme, 2004).

La hauteur des arbres est de 500 cm. Pour ce qui est de la méthode de multiplication est semis au chaud, greffe en fente sur citronnier ou bigaradier en août ou en Septembre, ou greffe en écusson en mai ou en août, généralement il est intéressant de greffer un rameau de 2 ans. La taille est à l'intérieur, pincez les extrémités en mars des rameaux pour limiter le développement (Praloran, 1971).



Fig.2 Photographie des arbres d'agrumes (Thomson) (original2015)

Dans le monde, les citrus ont une grande importance économique. Il existe divers variétés (Tabl. 1) cultivés en méditerranée (Loussert, 1989)

Tableau 1 -Les principaux agrumes cultivés en méditerranée (Loussert, 1989)

Genre et espèces	Sous espèces-Genres et variétés d'intérêt commercial
<i>Poncitrifoliata</i>	A donné de nombreux hybrides utilisés comme porte-greffe (Citranges, Citrumelos).
<i>Fortunellamargarita</i>	Les Kumquats ont donné de nombreux hybrides (<i>Limequats</i> , <i>Citranquats</i>).
<i>Fortunillajaponica</i>	Le Bigaradier (utilisé comme porte-greffe).
<i>Citrus aurantium</i>	L'oranges navel : Washington, Thomson, <i>Navelina</i> , <i>Navelate</i> Les Oranges blondes : <i>Salustiana</i> , <i>Hamlin</i> , <i>Shamouti</i> , <i>ValenciaLate</i> , <i>Cadenera</i>
<i>Citrus sinensis</i>	Les Oranges demi-sanguines : double fin améliorée, Maltaise demi sanguine.

	Les Oranges sanguines : <i>SanguinelliNigra</i> , <i>Moro</i> , <i>Tarocco</i> .
	Les Mandariniers <i>satsuma</i> .
<i>Citrus unshiu</i>	Les Mandariniers communs.
<i>Citrus deliciosa</i>	Les Clémentiniers : les clémentines sans pépins (nombreux clones).
<i>Citrus clementina</i>	Les autres Mandariniers : <i>Mand. Ortanique</i> , <i>Mand. Murcott</i> , <i>Mand. Wilking</i> .
	Les Citronniers : <i>Eureka</i> , <i>Lisbonne</i> , <i>Verna</i> , <i>Femminelloovale</i> .
<i>Citrus reticulata</i>	Les Pomelos: <i>MarshSeedless</i> , <i>Duncan</i> , <i>Ruby</i> , <i>Shambar</i> .
<i>Citrus limon</i>	Les Cédriers : Cédrier de Corse, Cédrier Diamante
<i>Citrus paradisi</i>	Les Pamplemoussiers
<i>Citrus medica</i>	
<i>Citrus grandis</i>	

I.1.3. Position systématique

Praloran (1971) souligne que la classification systématique des agrumes et des genres voisins est un problème que les spécialistes s'accordent à qualifier de complexe. Des divergences se manifestent entre les opinions de Swingle, Tanaka, Hume, Hodgson et Chapot en la matière. La classification des agrumes est selon Adjdir et Bensnoussi (2009) comme suit

Règne : Végétale

Embranchement : Angiospermes

Classe : Eudicotes

Ordre : Geniales (Rutales)

Famille : *Rutaceae*

Sous famille : *Aurantoideae*

Genre : *Citrus*

I.1.4. Exigences écologies des agrumes

Les agrumes présentent une grande capacité d'adaptation à des conditions pédoclimatiques très différentes. La culture des agrumes est possible partout où la température moyenne de l'année est supérieure à 13°C et inférieure à 39°C. Les agrumes préfèrent les climats maritimes des zones subtropicales. En terme de besoins en eau, 120 mm par mois, soit 1200 à 1500 mm par an, représentent une quantité d'eau au-dessous de laquelle la culture des agrumes nécessite une irrigation (Anonyme, 2006).

La lumière a une action très remarquée sur la qualité et la coloration des fruits. Les arbres fruitiers sont plus exigeants sur les caractéristiques physiques du sol et non sur les caractéristiques chimiques qui peuvent être corrigées par des apports d'engrais et d'amendements. Les sols doivent être profonds et de préférence légers (sablo-argileux ou argilo-sableux), bien drainés. Les agrumes redoutent les eaux salines (au-dessus de 0,5%). Le pH idéal est situé entre 5,5 et 7,5 (Walali-Loudyi *et al*, 2003). C'est à cet effet que le choix du porte-greffe est un des facteurs essentiels de réussite car il peut conférer à la plante une tolérance à des maladies et à des contraintes abiotiques (salinité, pH, froid, sécheresse, calcaire...). L'optimum d'altitude pour un bon développement des agrumes se situe entre 1000 et 1300 m car ces derniers ne doivent pas être trop exposés aux vents. Au-dessous de 800 m, les fruits manquent de saveur. La peau des oranges reste verte, les cloisons deviennent plus épaisses (Loussert 1989)

I.1.5. Les principaux ravageurs des agrumes

La très grande diffusion des agrumes dans le monde, de l'est à l'ouest, du nord au sud, sous des climats extrêmement différents, chauds et humides des tropiques, chaud et sec en Californie, ou au Proche-Orient, ou encore tempérés en Espagne, fait que le nombre d'espèces animales se développant, se nourrissant au détriment des agrumes sont extrêmement nombreuses et variées (Praloran, 1971).

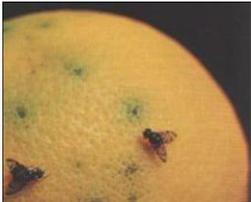
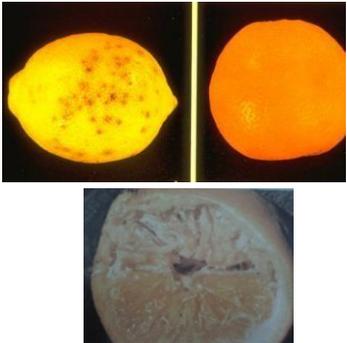
Dans la liste dressée par Ebeling (1959), on trouve 5 espèces de Gastéropodes, 12 espèces d'acariens, 352 espèces d'insectes, 11 espèces de mammifères auxquelles il faut ajouter 186 espèces de nématodes.

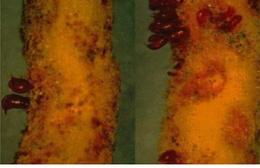
Des insectes, nématodes et acariens divers s'attaquent aux agrumes, dans certains cas pour se nourrir, dans d'autres pour accomplir une partie de leur cycle biologique.

Ces attaques sont à l'origine de dégâts qui ont lieu directement par la destruction de différentes parties de l'arbre ou indirectement par la transmission de certaines maladies (Ouedraogo, 2002).

Selon Biche (2012) les cultures d'agrumes sont très sensibles aux maladies cryptogamiques, et aussi à beaucoup de ravageurs, qui causent des dégâts énormes et influent sur la rentabilité des vergers d'agrumes. En Algérie, l'agriculture est d'un grand intérêt économique, principalement au niveau des zones où les productions arboricoles sont importantes. En effet, les infestations et les dégâts sont causés principalement par les cochenilles Diaspines sur toute la bande Nord de l'Algérie, où sont concentrées les principales productions végétales à fruits, à noyau et à pépin. L'essor actuel de l'agriculture notamment de l'arboriculture fruitière et de l'agrumiculture, pose de nombreux problèmes non seulement techniques et économiques mais aussi commerciaux, dû aux infestations causées par plusieurs insectes et champignons et plus particulièrement par les cochenilles Diaspines. Les dégâts causés par ces déprédateurs sont présentés dans le tableau 2.

Tableau 2-Quelques ravageurs des agrumes et leurs dégâts (Quilici, 2003 et Biche, 2012)

Nom de ravageurs	Photos de l'espèce	Dégâts
La mineuse des agrumes (<i>Phyllocnistis citrella</i>)		
Mouche des fruits (<i>Ceratitis capitata</i>)		

<p>Les Tarsonèmes (Acarien) (<i>Polyphagotarsonemus latus</i> bank.)</p>		
<p>(<i>Tetranychus cinnabarinus</i>)</p>		
<p>Le Phytote (Acarien) (<i>Phyllocoptruta oleivera</i>)</p>		
<p>(<i>Hemitarsonemus latus</i>)</p>		
<p>Acarien (<i>Aceria sheldoni</i>)</p>		
<p>Les Nématodes (<i>Tylenchulus semipenetrans</i>)</p>		

<p><i>(Dialeurodes citri)</i></p>		
<p><i>(Aonidiella aurantii)</i></p>		
<p><i>(Aphis spiraecola)</i></p>		
<p>Cochenille <i>(Parlatoria pergandei)</i></p>		

I.2. Généralités sur les nématodes

Les Nématodes ou Anguillules sont de petits vers ronds microscopiques mesurant presque tous moins d'un millimètre de long. Ils sont le plus souvent invisibles (Sonneville, 2006). Ils sont vermiformes ils forment un groupe zoologique très important du fait qu'ils contiennent un nombre varié d'espèce qui colonisent divers milieux (De Guiran, 1983). Ils sont parmi les animaux les plus diversifiés du sol, généralement les plus abondantes des métazoaires et les plus importants consommateurs secondaires dans le sol (Mulder *et al*,2005).

Ils sont largement distribués dans le sol et occupent une position centrale dans le réseau trophique(Moore et de Ruitter, 1991).Ils ont des effets profonds sur la décomposition de la matière organique et la minéralisation des éléments nutritifs (Seasted *et al.*, 1988; Sohlenius *et al.*, 1988), la transformation et le transfert d'énergie (Anderson *et al.*,1981; Freckman,1988; Yeates et Bongers, 1999; Neher, 2001, Coleman *et al.*,2004).De nombreux rapports indiquent que les nématodes possèdent plusieurs particularités qui font d'eux des bio-indicateurs écologiques utiles dans le sol et les écosystèmes aquatiques (Freckman, 1988).

Morphologiquement, les nématodes sont constitués d'un tube externe (cuticule) enveloppant deux tubes internes superposés, le tube digestif et le tractus génital(Cayrol *et al*, 1992).Les nématodes phytoparasites se caractérisent par la présence dans la cavité buccale d'un stylet performant en forme d'aiguille creuse que l'animal enfonce dans les tissus du végétal pour absorber le contenu prédigéré des cellules. Il est suivi d'un canal œsophagien qui comprend une partie musculaire représenté par le bulbe médian et d'une partie glandulaire. La partie musculaire, véritable pompe aspirante et refoulant, injecte le produit des glandes dans les cellules végétales à travers le stylet, puis en absorbe le contenu prédigéré (De Guiran, 1983).

L'identification des nématodes est basée sur l'examen morphologique des caractéristiques phénologiques. Les critères comme : la longueur et la largeur du corps, la forme de la tête et de la queue, la longueur du stylet, position de la vulve, le type de recouvrement de la glande œsophagienne par rapport à l'intestin sont toutes utilisées pour l'identification des genres de nématode. Pour identifier les espèces ,

d' autres caractéristiques additionnelles sont nécessaires comme la structure de la cuticule, la présence ou l'absence de soies céphalique, bursa caudale, phasmides, la structure œsophagienne et le nombre des ovaires (Heyns, 1981; Eisenback,1998). La reconnaissance d'environ 20000 espèces décrites est basée principalement sur les caractéristiques morphologiques et anatomiques complétée par les marqueurs moléculaires qui sont de plus en plus importants dans l'identification et la classification des nématodes (Blaxter *et al.*, 1998, Thomas *et al.*,1997).

Les conséquences du parasitisme des nématodes sur la plante sont extrêmement difficiles à quantifier ; cependant, les nématodes agissent sur la fonction assimilatrice du système racinaire et peuvent limiter l'absorption des éléments nutritifs nécessaires au développement de la plante (Villeneuve, 2000). Ils contribuent ainsi à la baisse de la production des cultures, en cas de forte infestation des sols, ils entraînent des altérations caractéristiques ou des déformations typiques de l'ensemble du végétal. Ils provoquent des maladies de dépérissement accompagnées de différents symptômes ; nanisme, retard végétatif, voir même la mort des plantes (Sonneville, 2006).

I.2.1 Adaptation et modes conservations des nématodes

Pour passer la mauvaise saison en absence de plantes, les nématodes phytoparasites s'adaptent en prenant des formes de résistance bien plus que d'autres groupes animaux, les nématodes sont probablement les plus résistants dans les conditions environnementales adverses (Sadek, 1977).

L'anhydrobiose concerne les phytoparasites comme les espèces *Criconemellaornata*, *Scutellonema cavenessi* et *Helicotylenchus dihystera*. Ce mode de résistance est de règle également pour les genres *Meloidogyne*, *Tylenchorhynchus*, *Rotylenchulus*, *Ditylenchus*, *Hemicycliophora* et *Pratylenchus* (Demeure, 1978;Saeed et Rossner, 1984; Gaur, 1988; Gaur et Perry, 1991) et chez les Rhabditides. Ces derniers sont réactivés plus rapidement et demeurent viables plus long temps que les Tylenchides en stade anhydrobiotique (Gaur, 1988). Les nématodes en anhydrobiose se déshydratent et se plasmolysent, dès la première pluie, ils entrent en activité et d'importantes populations se reconstituent rapidement grâce aux adultes qui s'accouplent ou par reproduction parthénogénétique. Ce mode

de résistance est très adapté aux conditions climatiques marquées par de longues saison sèche (Demeure *et al*, 1980; Gaur, 1988).

L'enkystement c'est une forme particulière de résistance. Dans ce cas, seules les femelles adultes sont concernées: les œufs restent à l'intérieur du corps de la femelle; à la mort de celle-ci, la cuticule se transforme en un kyste protecteur (DeGuiran, 1983) et quand les conditions redeviennent favorables, les œufs libèrent les larves (L2). Ces formes de résistance se rencontrent chez les espèces du genre *Heterodera* et *Globodera*.

La migration verticale, se déroule au fur et à mesure que le sol se dessèche, les nématodes migrent en profondeur pour trouver de l'humidité et remontent dans les horizons superficiels dès le début de l'hiver. Cas des *Meloidogyne spp* (Prot, 1984), *Aphasmatylenchus straturatus* (Germani et Luc, 1982) et certains *Hoplolaiminae* (Baujard *et al*, 1987). Pendant la saison sèche, *Aphasmatylenchus straturatus* est concentré entre l'horizon moins 40 et moins 50 cm, zone où sont localisées les racines du ligneux *Butyrospermum parkii* (karité) à l'intérieur desquelles, le nématode a été observé; le karité apparaît comme l'hôte naturel de ce nématode (Germani et Luc, 1982).

I.2.2. les communautés de nématodes phytophages associées aux agrumes

Des nombreuses espèces de nématodes phytophages se reproduisent sur les racines des agrumes et causent des dégâts importants (Cohn, 1972; Duncan 1999). Parmi eux, *Tylenchulus semipenetrans*, *Radopholus similis*, *Pratylenchus*, et *Meloidogyne spp*. Sont considérés comme des nématodes parasites majeurs. Ils entraînent d'importantes pertes économiques dans plusieurs régions du monde. D'autres nématodes par contre sont des ravageurs mineurs, moins fréquents et moins abondants ; ils sont limités à quelques régions géographiques. Comme *Hemicycliophora arenaria*, *Paratrichodorus lobatus*, *Pratylenchus brachyurus*, et *Xiphinema brevicolle* (Duncan, 1999). En Algérie les nématodes rencontrés sur les agrumes dans la région de Tizi-Ouzoua révèle une diversité importante de 19 taxons (Khiar 2014). Alors que dans la Mitidja Triki (2011) a identifié 15 genres. Pour les deux travaux en Algérie la nématofaune est représentée en générale par *Tylenchulus semipenetrans*, *Pratylenchus sp*, *Ditylenchus sp*, *Helicotylenchus sp*, *Heterodera sp*,

Aphelenchus sp, *Tylenchus sp*, *Psilenchus sp*, *Meloidogyne sp*, *Xiphinema sp*, *Longidorus*, *Mononchus sp* et *Dorylaimus sp*.

I.2.3. Effet des facteurs biotiques et abiotique sur les variations des communautés

Tout organisme est soumis, dans le milieu où il vit à des actions simultanées des différents agents, physiques, chimiques, édaphiques, climatiques et biotiques contrôlant ses diverses activités. En effet, d'après Norton (1989), Kandji *et al.* (2001) ; Cadet *et al.* (2005) les caractéristiques du sol affectent l'abondance, la distribution et la structure des communautés de nématode, indépendamment de l'influence directe de la plante hôte.

Selon Stirling (1991) l'abondance des nématodes est dépendante de la présence de la plante hôte mais aussi des conditions de l'environnement qui permettent le déroulement de la phase tellurique du cycle biologique des nématodes.

I.2.3.1 Influence des facteurs abiotiques

I.2.3.1.1. Effet des caractéristiques physicochimiques du sol

La relation (nématode-type de sol), nommée relation mésologique, est connue depuis longtemps. De nombreux auteurs ont observé que la répartition des nématodes phytoparasites est en relation avec le sol (Seinhorst, 1956 ; Quénéhervé, 1988 ; Blair *et al.*, 1999). En effet une récente étude faite par Zhao *et al.* (2000), sur 5 types de sols différents limoneux, sableux, argileux, limoneux-sableux, et argileux-limoneux et sur chaque type de sol inoculé (de 2000 à 2500 L₂) de *Meloidogyne* ont remarqué que le taux de développement des nématodes est plus élevé dans les types de sol : Limoneux, sableux et limoneux-sableux. Brown et Swain (1974 cité par Bachelier, 1978) ont montré que la structure, par l'instabilité des agrégats du sol peut devenir un facteur limitant dans la distribution des nématodes en déterminant une forte compacité des sols et un manque d'aération.

Prot et Van Gundy (1981) ont démontré expérimentalement l'influence de la texture du sol (teneur en argile) sur le déplacement de *Meloidogyne*. La texture du sol agit également sur la répartition d'une même espèce. Cadet et al. (1994) signalent au sud de la Martinique dans les vertisols (sols à argile de type smectite) la présence espèce d'*Helicotylenchus*, *H. retusus* ; par contre celle-ci est absente dans les andosols (sols à minéraux argileux de type allophane) situés à faible distance, mais on y trouve *H. erythrinae* ou *H. dihystra*. Or, ces espèces ectoparasites, morphologiquement comparables, sont présentes sur une même plante, par exemple la tomate, cultivée sur toute l'île.

La présence d'une plante ne déterminant pas obligatoirement celle des espèces de nématodes qui sont capables de la parasiter. Estioko et Reyes(1984) affirment que pour une même plante, les espèces de nématodes présentes dans les sols sableux sont souvent différentes de celles que l'on rencontre dans les sols argileux. L'étude de Cadet et Debouzie (1990) dans les parcelles de la canne à sucre au nord de la Côte d'Ivoire montrent, que sur les plateaux gravillonnaires les plantes sont surtout attaquées par *Meloidogyne*, alors que sur celles situées sur les zones limono-argileuses en bordure des rivières se sont les attaques par *Pratylenchus* qui sont observées.

D'autres auteurs se sont intéressés aux facteurs chimiques. Les fortes concentrations en sels minéraux (KN₃, NaCl, Ca(N₃)₂, MgSO₄), ont un effet répulsif sur *Meloidogyne*, mais ce comportement n'est pas généralisable à toutes les espèces de nématodes (Prot ,1979)

Une protection de 86 à 91 % de plants de tomate contre *M. incognita* a été obtenue par apport de quatre nitrates et d'un sulfate. Indépendamment du mode d'action de ces sels, ces résultats indiquent que l'on peut contrôler une population de nématode en manipulant des facteurs environnementaux abiotiques (Le Saulx, Quénéhervé1997).

I.2.3.2. Influence des facteurs biotiques

I.2.3.2.1. Relations interspécifiques (nématodes-nématodes)

La première contrainte est de trouver le moyen de lutter contre des nématodes parasites sans pouvoir en réduire le nombre. Pour pallier cette difficulté, il est apparu nécessaire d'examiner leur situation sous l'angle qualitatif car dans les zones tropicales, les nématodes interviennent en peuplements diversifiés. Par exemple, sur la canne à sucre ou sur le mil, le sorgho, l'arachide, il est possible de rencontrer entre 2 et 12 espèces de nématodes au même endroit (Spaull et Cadet, 1990).

L'incidence de la composition spécifique du peuplement a été étudiée sur mil, pour un sol de texture grossière. Trois espèces : *Helicotylenchus dihystera*, *T. gladiolatus* et *Praylenchus pseudopratisensis* ont été inoculées individuellement ou en association *T. gladiolatus* et *P. pseudopratisensis*, en population monospécifique, provoquent une baisse significative de la biomasse aérienne du mil, ce qui n'est pas le cas pour *H. dihystera*. En revanche, lorsque ces espèces sont associées deux à deux, ou par trois, les peuplements constitués n'ont pas d'effet dépressif significatif sur la croissance du mil (Villenave et Cadet, 1998).

I.2.3.2.2. Matière organique

La matière organique dans le sol permet la réduction des nématodes. Lors de sa décomposition, elle libère certains produits toxiques tels que l'acide butyrique (Jones, 1982). Sa décomposition et son accumulation dans le sol, peut être comme un nématicide car ce produit et principalement biologique peut provenir des friches et des déchets agricoles. L'incorporation de matières organiques (par exemple: fumier) dans le sol, stimule l'activité microbienne et fournit des ressources pour des espèces de nématodes opportunistes ; par conséquent, il ya une diminution rapide de la Indice de Maturité (IM) suivie par une augmentation progressive au cours de succession ultérieure (Ferris, Venette et Lau, 1996). Le IM augmente au cours de la succession et avec la diminution de l'activité microbienne (Ettema et Bongers, 1993).

I.2.4. La diversité trophique des nématodes

Les nématodes sont largement répartis dans le sol, leurs communautés sont composées de diverses espèces selon leurs tendances alimentaires (Gomes *et al.*, 2003). Les connaissances sur les habitudes alimentaires des nématodes sont encore

fragmentaires, l'examen le plus récent des nématodes dans le sol a distingué huit types (Yeates *et al.*, 1993a). Pour faciliter l'interprétation de la structure de la communauté, il faut distinguer les nématodes associés aux plantes des formes qui s'y alimentent (Yeates *et al.*, 1993b).

Gomes *et al.* (2003) classent les nématodes dans cinq majeurs groupes, les fungivores, les bactérivores, les parasites des plantes (phytophages), les prédateurs et les omnivores. La plupart des nématodes utilisent l'énergie résultant de la photosynthèse des plantes. Ils peuvent s'alimenter directement sur les producteurs primaires, tels que les plantes supérieures (par exemple *Aphelenchoides* sur les feuilles, *Ditylenchus* sur des tiges, *Pratylenchus* et *Meloidogyne* sur des racines), les algues unicellulaires (par exemple *Chromadorita*, *Pareudiplogaster* et *Daptonema* sur des diatomées), ou sur des microorganismes associés à la décomposition de la matière végétale (par exemple *Aphelenchus*, *Filenchus* sur les mycéliums fongiques ; *Rhabditis*, *Plectus*, *Leptolaimus* et beaucoup de *Monohysteridae* sur des bactéries). Les fèces animales et les cadavres sont des ressources importantes pour le développement des microorganismes et les nématodes qui s'y alimentent (fungivores et bactérivores), Les niveaux trophiques supérieurs comme prédateurs des nématodes et d'autre micro-invertébré (par exemple *Mononchus*, *Nygolaimus*, *Enoploides*, *Sphaerolaimus*) ou comme parasites des invertébrés ou vertébrés (par exemple *Thelastoma*, *Ascaride*) eux-mêmes dépendants des plantes. Cependant, les nématodes s'alimentant sur plus d'un niveau trophique se classent dans le groupe des omnivores (Polz *et al.*, 2000; Van Gaever *et al.*, 2006).

Les groupes trophiques définis par Yeates *et al.* (1993a), sont représentés par :

- Les nématodes phytophages, à titre d'exemple (*Meloidogyne*, *Heterodera*, *Helicotylenchus*, *Pratylenchus*, *Xiphinema*....), utilisant leur stylet pour se nourrir au niveau des vaisseaux conducteurs des plantes. Un grand nombre de ces nématodes sont associés à la réduction des récoltes en rapport avec leur densité de population. Certaines espèces de *Longidoridae* et *Trichodoridae* transmettent des maladies virales aux plantes.

- Les nématodes associés aux plantes, comme *Tylenchus* et *Dorylaimellus*, possédant un stylet se développent en grand nombre dans la rhizosphère des plantes sans réduction de récoltes.

- Les nématodes fungivores, (*Aphelenchus*, *Aphelenchoides*, *Leptonchus*, *Diphtherophora*) utilisant leur stylet pour se nourrir sur les hyphes mycéliens.

- Les nématodes bactériovores, citons (*Rhabditis*, *Caenorhabditis*, *Diplogaster*, *Cephalobus*, *Alaimus*), se nourrissant de procaryotes utilisant leur stoma tubulaire inerme.

- Les nématodes prédateurs se nourrissant de sources alimentaires d'origine animale en ingérant leurs proies à travers une large cavité munie de dents (*Diplogaster*, *Mononchus*, *Nygolaimus*) ou en aspirant le contenu du corps prédigéré à travers lumen de leur stylet (*Seinura*, *Labronema*).

- Les nématodes omnivores, enfermant certain *Dorylaimidae* (*Dorylaimus*) il paraît qu'ils utilisent comme source alimentaire les bactéries, les champignons, des proies de la microfaune, des diatomées et des algues.

- Nématodes parasites des animaux, dont les stades infestant se rencontrent dans le sol, (*Deladenus*) et (*Heterorhabditis*).

I.2.5. Effet du milieu sur les variations des groupes trophiques

Les groupes trophiques des nématodes répondent différemment aux divers conditions de l'environnement et pratiques culturales. Les nématodes bactériovores réagissent couramment aux variations d'abondance de leur source alimentaire (Zeleney *et al.*, 2004) et pullulent toujours dans les sols très riches en matière organique (Yeates *et King*, 1997). Les nématodes prédateurs et omnivores sont plus abondants dans les zones naturelles que dans les champs agricoles ceci est dû à leur grande sensibilité aux modifications des sols (Neher, 2000).

L'étude de Wardle *et al.* (1995), sur l'effet du travail du sol et de la jachère sur les variations des différents groupes trophiques a montré que le travail du sol stimule modérément les bactériovores et les fungivores alors que les phytophages, les prédateurs et les omnivores sont modérément inhibé. Cependant les jachères discontinues stimulent les prédateurs et les omnivores par contre elles inhibent les bactériovores, les fungivores et les phytophages.

I.3. Données bibliographiques sur les amendements

I.3.1. Caractérisation des amendements organiques

Ce sont des produits qui améliorent l'état structural du sol avec des apports limités. Le but de cet apport est l'obtention d'un produit stable riche en humus. Il s'agit des matières fertilisantes composées principalement de combinaisons carbonées d'origine végétale fermentées ou fermentescibles destinées à l'entretien ou à la reconstitution du stock de la matière organique du sol. Les amendements améliorent les propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols (Soltner, 2003).

I.3.2. Les différents types d'amendements organiques

I.3.2.1. Le fumier

Le fumier est constitué par un mélange de litière et de déjections animales ayant subi des fermentations plus ou moins poussées en étable ou en tas à l'état naturel (Petit et Jobin, 2005).

I.3.2.2. Le lisier

On appelle lisier le mélange des déjections solides et liquides des animaux qui ne contient pas de litière (Petit et Jobin, 2005). Ce sont des déjections animales, urines et fèces, mélangées et fermentées. Ils contiennent des débris alimentaires et peuvent éventuellement être dilués par des eaux de pluie et de nettoyage. Parmi le lisier, les fientes sont les déjections des volailles, sans litière (Petit et Jobin, 2005).

I.3.2.3. Engrais vert

L'engrais vert correspond à une culture de végétation rapide enfouie sur place et destinée avant tout à améliorer le sol. Ce type d'engrais a un effet important pour la protection du sol, en le considère comme une source de matières organiques jeunes; source d'éléments nutritifs pour les plantes essentiellement en azote (Soltner, 2003).

I.3.2.4. Le compost

Le compost est un produit stable riche en humus issu de la décomposition rapide de toutes les matières organiques : fumiers, résidus de récolte, déchets agro-industriels, déchets animaux, déchets ménagers (Mustin, 1987). C'est une source importante de matière organique produite par la dégradation ou la décomposition de la matière organique fraîche par des micro-organismes (Petit et Jobin, 2005), d'insectes et de vers de terre (Duplessis, 2002) dans des conditions bien définies.

I.3.2.5. Déchets industriels ou urbains

On notera essentiellement :

I.3.2.5.1 Les écumes de sucrerie : L'écume fermentée n'est utilisable qu'après la disparition des coprins (Messiaen(1997), in, Adden, 2004).

I.3.2.5.2 Les boues de station d'épuration : Elles sont particulièrement intéressantes sur sols où elles induisent une importante augmentation de la fertilité pouvant dispenser de tout apport d'engrais durant les trois ou quatre années qui suivent (Messiaen (1997), in, Adden, 2004).

I.3.2.5.3 Ordures ménagères et les écorces concassées :

Les ordures peuvent être utilisées comme matière fertilisante du sol néanmoins, apportés au sol à l'état brut, elles risquent de nuire aux plantes par « rétrogradation de l'azote ». On les utilisera de préférences compostées. (Messiaen (1997), in, Adden, 2004).

I.3.3. Importance des amendements organiques

I.3.3.1. Effet sur la plante (la culture)

De nombreuses études ont été menées, concluant le plus souvent de l'effet bénéfique des amendements organiques sur la santé des plantes. Plusieurs mécanismes expliquent ces effets bénéfiques, Les composts peuvent permettre l'activation des mécanismes de défense de la plante (Vallad *et al.*, 2003).

Elle consiste à donner aux plantes les moyens de se défendre elles-mêmes, ou renforcer leurs propres moyens de défense, plutôt que de combattre directement l'agresseur. Dans cette catégorie se trouvent les stimulateurs des défenses naturelles des plantes (SDN) (Amborabe *et al.*, 2004).

Selon (Villenave *et al.*, 2007), l'apport de compost pendant 6 années successives a eu un effet positif sur les caractéristiques physico-chimiques des sols. Les teneurs en matière organique, en bases échangeables et en phosphore assimilable sont plus élevées dans les parcelles à apport de compost. La préparation du sol (et éventuellement reprise du travail) et l'apport de compost permettent d'améliorer le statut organique du sol par rapport aux autres modes de conduite favorisant, en conséquence, un meilleur développement de la plante cultivée. A titre d'exemple, la production végétale de maïs est plus élevée pour les traitements ayant reçu du compost que pour les traitements avec travail du sol mais sans apport de compost (Villenave *et al.*, 2007).

I.3.3.2. Effet sur les nématodes

Le travail du sol, ainsi que l'apport des amendements organiques peuvent avoir une action significative sur la dynamique des populations de nématodes. Ces traitements induisent des modifications de la structure spécifique des peuplements de nématodes phytoparasites en augmentant l'abondance d'une espèce peu pathogène qui pourrait limiter les dégâts dus aux nématodes (Villenave *et al.*, 1998).

L'accroissement de l'activité biologique est plus forte avec un amendement frais que composté. Pour lutter contre les nématodes, l'apport de fumier brut est plus efficace que l'apport de ce même fumier composté. Pendant la décomposition du fumier, dans le sol, il y a production de composés azotés nématicides (Nahar *et al.*, 2006). L'effet suppressif du compost augmente généralement avec la quantité appliquée (Noble et Coventry, 2005).

Les cultures de couverture sont des amendements organiques très utilisés pour la fertilité du sol et le contrôle des maladies. Mc Sorley et Frederick (1999) signalent que l'incorporation des résidus végétaux augmente généralement le nombre de

nématodes libres. Le type de résidus végétaux incorporés au sol agit spécifiquement sur le développement des organismes antagonistes, comme les nématodes prédateurs ou les champignons parasites. A titre d'exemple Wang *et al.* (2001) rapportent que l'incorporation de crotalaire (*Crotalaria juncea*) au sol a augmenté développement des champignons prédateurs de nématodes et des champignons parasites des œufs de *Rotylenchulus reniformis*. Elle favorise également la pullulation des nématodes bactéricivores plus que les amendements aux *Brassica napus* ou *Tagetes erecta*.

Chapitre II: Matériels et méthodes

II.1. Les objectifs

Les objectifs visés dans ce travail sont d'une part inventorié les nématodes associés à l'oranger *var. Thomson* et d'autre part évalué l'effet de trois type de fumier (bovin, ovin et camelin) sur les variations temporelles des communautés de nématodes rencontrés dans ce verger.

II.2. Présentation de la station d'étude

Notre expérimentation s'est déroulée dans la parcelle 8 (figure 3) de la station expérimentale du département des Biotechnologies de la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université de Blida1. Ce site se trouve à 6 Km au Nord Est de Boufarik et 4,4 Km au Sud-Ouest de la ville de Blida, entre 36°29 et 36°30 de latitude Nord et 3°53 et 3°45 de longitude Est. Elle est limitée à l'Est par la commune de Soumaa, à l'Ouest par la commune de l'OuledYaich, au Nord par la commune de Beni-Mered, au Nord- Est par la commune Guerouaou et au Sud par les montagnes de Chréa.



Fig.3.Présentation des sites d'études (180 m d'altitude) (Anonyme 2015)

Les renseignements fournis par la direction de la station expérimentale indiquent que le verger d'agrumes destiné aux essais expérimentaux a été créé en mars 2002 n'a subi aucune forme de régie en termes d'entretien cultural, d'intrants en fertilisants ou en traitements phytosanitaires. La taille des arbres est effectuée en novembre. Lorsque la couverture enherbée au sein du verger devient importante, un discage est réalisé au mois de juin, l'arrosage est quotidien pendant la période estivale.

II.3. Méthodologies

Le travail expérimental est réalisé en fonctions des étapes suivantes:

II.3.1. Origine les amendements organiques utilisés

Le fumier testé d'origine animal (bovin, ovin et camelin) provient de la station expérimentale du département des Biotechnologies.

II.3.2. Préparation de la parcelle d'étude

Le verger des agrumes où s'est déroulé notre travail a été labourée en Juin 2014 dans le but de désherber la parcelle. Le mois de janvier 2015 nous avons choisi les arbres d'oranger var. Thomson qui vont subir les différents traitements en tenant compte de leur aspect morphologique (homogénéité des dimensions des arbres). Au niveau de la parcelle nous avons délimité cinq (05) blocs en ligne, chaque ligne contient 03 arbres représentant les 03 répétitions. Le travail manuel du sol à l'aide d'une pioche a été réalisé autour de la rhizosphère des arbres au niveau de quatre blocs (12 arbres) de manière à façonner une cuve autour de l'arbre. Ce travail est destiné pour préparer le sol pour les traitements (Fig.4). Les 5 blocs sont répartis comme suit ; un bloc témoin 1 négatif (sans travail du sol et sans fumier) ; un bloc témoin 2 positif (avec travail du sol mais sans fumier), et les trois autres blocs ont subi chacun un des fumiers bovin, ovin ou camelin. (Fig.5)

Les traitements aux fumiers ont été apportés le 15 février, 2015, à raison de 10Kg par arbre. La quantité de fumier est posé dans la cuve autour du tronc et elle est recouverte par du sol et arrosé afin d'aider au déclenchement du processus de décomposition plus rapidement (Fig.6).



Fig.4. Travail manuel du sol sans traitement (original 2015).

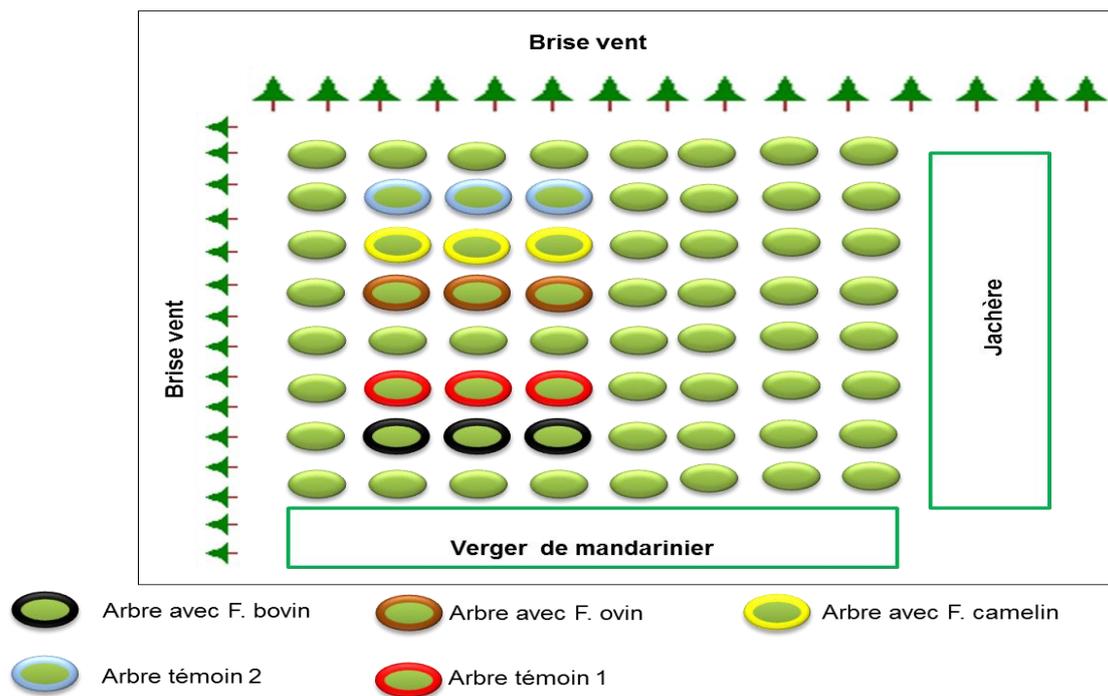


Fig.5. Dispositif expérimental de la parcelle étudiée (original2015)



Fig.6.Travail manuel du sol avec traitement (original 2015).

II.3.3. Prélèvement des échantillons

Les échantillons de sol sont réalisés au niveau de la rhizosphère des arbres des blocs d'expérimentation à raison d'un prélèvement tous les 15 jours. Le premier échantillon a été réalisé le 30 janvier 2015, avant le travail du sol et les apports des fumiers (T0) afin d'estimer la structure de la communauté. Après traitement, tous les 15 jours les prélèvements sont effectués au niveau des 5 blocs. Pour chaque bloc composé de 3 arbres les échantillons de sol sont récoltés. Au niveau de chaque arbre nous prélevons trois échantillons de sol de 200g chacun à l'aide d'une tarière à une profondeur de 40 à 50 cm. La jonction des points de prélèvements dessine un triangle (Fig.7). Un total de 9 échantillons de sol par bloc est réalisé d'un poids d'environ 2kg. Les échantillons de chaque bloc sont placés ensemble dans un sac plastique hermétiquement fermé de façon à éviter le dessèchement. Chaque sac porte les références du prélèvement (traité ou pas et type de fumier). La période de prélèvement s'étend de Janvier à Juin 2015.

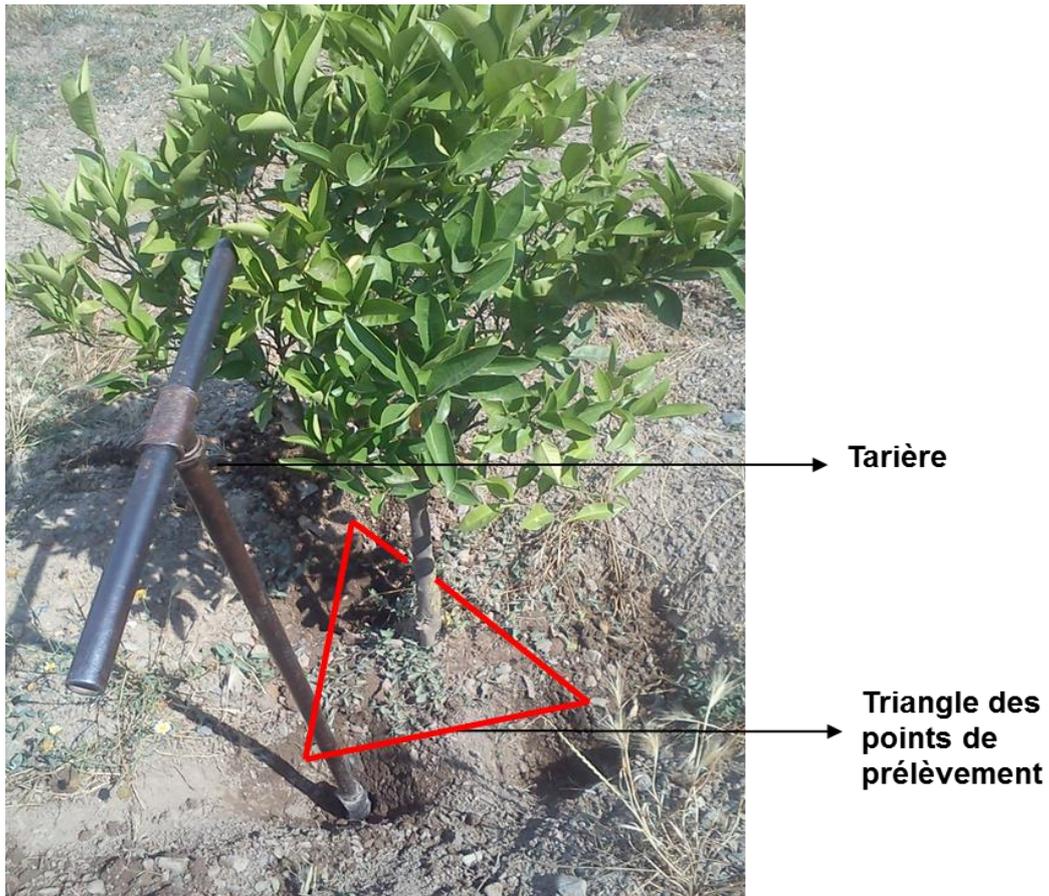


Fig.7. Prélèvement des échantillons (original 2015)

II.3.4.Extraction des nématodes du sol

La méthode d'extraction utilisée est celle des seaux de Dalmasso (1966), dite méthodes de flottaison et sédimentation. Elle est basée sur les différences de densité entre les nématodes et les différentes parties du sol. Elle nous permet d'extraire les nématodes de différente taille du sol.

II.3.5. Matériel nécessaire

- tamis de 2 mm.
- 01 tamis de 90 μ .
- 2 seaux de 10 L chacun
- Bâton.
- Béchers.

- Entonnoirs.
- Des tubes à essai de 100 ml.
- Tamis avec filtre kleenex.
- Pissette d'eau.
- Cellule de comptage gradué.
- Loupe binoculaire.



Fig.8. Matériel nécessaire d'extraction des nématodes et l'identification(original 2015)

II.3.6. Procédé d'extraction

Les échantillons de sol de chaque traitement (bloc) sont bien homogénéisés au laboratoire sur un plateau .A partir de ces échantillons, on prépare dans un bécher 250 ml de terre. Cette quantité est déposée et délayée à travers le tamis (2mm) dans une petite bassine. Le tamis qui va retenir les gros cailloux, le sable grossier et les débris organiques. Le contenu de la bassine et ensuite transvasé dans un seau en plastique (10 litres) qui est complété à 7 litres d'eau. A l'aide d'un bâton on mélange le contenu du seau pour mettre en suspension les nématodes et les particules du sol. On laisse quelques secondes pour que l'eau se stabilise sans qu'elle ne s'arrête

totallement de tourbillonner, on verse le surnageant à travers le tamis de 90 μ qui va retenir les nématodes(Fig.9). On récupère le contenu du tamis à l'aide d'un jet d'eau de pissette dans un cristallisoir. On répète l'opération 3 fois pour récupérer le maximum de nématodes. Pour chaque échantillon on procède à deux extractions (02 répétitions).



Fig.9. Les étapes d'extraction (originale 2015)

II.3.7. Purification par passage actif des nématodes

On procède à la purification par passage actif des nématodes car la solution obtenue après extraction est boueuse. Il est impossible d'observer les nématodes à ce stade (Fig.10).

Pour cela on prépare les tamis en plastique avec des filtres Kleenex humidifiés. On fait passer le contenu du cristallisoir pour chaque échantillon, à travers les tamis précédemment préparés celui-ci est placé au préalable dans une assiette en plastique. On met la solution obtenue dans les tamis préparés. On laisse la diffusion pendant 3 jours. Passé ce délai le contenu de chaque assiette en plastique est récupéré dans un tube à essai de 100 ml, puis on le laisse se décanter pendant 1 heure. Ensuite il sera réajusté à la graduation adéquate à 25 ml.



Fig.10.Le Passage actif des nématodes (Originale, 2015)

II.3.8. Dénombrement et identification des taxons

Pour évaluer la densité totale et celles des taxons dans nos échantillons. Nous prélevons 5 ml après homogénéisation des tubes. Ils sont déposés dans la cellule de comptage pour le dénombrement et l'identification morphologique basée sur l'observation de certains caractères discriminants sous loupe binoculaire tel que la présence ou l'absence du stylet, sa longueur et sa forme; la forme de la tête ; de la queue ; la longueur du corps ; la disposition de la glande œsophagienne par rapport à l'intestin .Les populations de nématodes du sol sont exprimées en nombre de nématode par 250ml de sol (Merny et Luc, 1996).

4. Exploitation des résultats

Les données recueillies sur les populations des nématodes identifiés sont analysées afin d'émaner les caractéristiques majeurs. Pour cela nous avons fait appel à des indices écologiques (Indice de diversité Shannon Wiener (H'), Indice d'équitabilité(J), Richesse totale (S)). L'analyse multivariée (DCA) avec le logiciel PAST (PAlaeontologicalSTatistics, ver. 1.81) (Phillippeau, 1986. L'analyse de variance (model GLM) avec).(SYSTAT vers. 12, SPSS 2009)

II.4.1. Exploitations des indices écologiques

Les communautés de nématodes sont analysées par les indices suivants : (Indice de Shannon-Weaver (H'), l'équitabilité (J) et Richesse totale (S)). les analyses de ces indices ont été réalisé à travers le logiciel PAST (compare Diversity).

II.4.2. L'analyse multivariée

Les corrélations existantes entre les nématodes rencontrés dans stations sont mises en évidence par l'analyse en composantes principales (DCA). Le principe de cette analyse est de représenter un phénomène multidimensionnel par un graphique à deux ou plusieurs dimensions. Ce test permet de résumer la plus grande variabilité des caractéristiques quantifiées pour un nombre plus réduit de variables appelées axes factoriels qui ont des coordonnées comprises entre -1 et $+1$ et appartiennent à un cercle des corrélations

L'hypothèse d'égalité de la variation dans les stations est testée par le modèle de la distance euclidienne à un facteur contrôlé par le logiciel PAST – PalaeontologicalStatistics, ver. 1.81 (Phillippeau, 1986).

II.4.3. Analyses de variance (SYSTAT vers. 12, SPSS 2009)

Ce type d'analyse est appliqué afin d'émaner si la moyenne d'une variable quantitative varie significativement selon les conditions étudiées. Il est préconisé de réaliser une analyse de variance. Dans les conditions paramétriques (ANOVA pour *ANalysis Of VAriance*), la distribution de la variable quantitative doit être normale. Dans certains cas, une transformation logarithmique a été nécessaire afin de normaliser cette distribution.

Dans les cas où plusieurs facteurs sont en jeu, il peut arriver que toutes les interactions entre facteurs ne soient pas pertinentes à tester. Nous avons alors utilisé le modèle linéaire global (GLM).

Chapitre III. Résultats et discussion

III.1. Evaluation de l'abondance et la structure de la nématofaune

Associé aux agrumes

III.1.1. Inventaire des nématodes rencontrés

L'analyse nématologique a révélé la présence de 13 taxons de nématodes identifiés et des taxons non identifiés appartenant à la famille des *Telotylenchidae*. Les densités des nématodes rencontrés varient en fonction du temps et des types de fumier apportés.

Les nématodes déterminés sont représentés par *Tylenchulus semipenetrans*, *Paratylenchus sp*, *Ditylenchus sp*, *Helicotylenchus sp*, *Aphelenchus sp*, *Tylenchus sp*, *Psilenchus sp*, *Pratylenchus sp*, *Zygotylenchus sp.*, *Xiphinema sp*, *Coslenchus sp*, *Mononchus sp* et *Dorylaimus sp*.

Les taxons rencontrés sont répartis en fonction de leur type d'alimentation en quatre groupes trophiques :

- les nématodes phytophages sont représentés par ; *T. semipenetrans*, *Helicotylenchus*, *Paratylenchus*, *Psilenchus*, *Pratylenchus*, *Zygotylenchus* *Coslenchus*, *Xiphinema*, et les espèces de la famille des *Telotylenchidae*
- les nématodes fongivores sont *Aphelenchus*, *Ditylenchus*, *Tylenchus*.
- les prédateurs omnivores sont *Mononchus* et *Dorylaimus*.
- les nématodes libres représentés en grande partie par les bactérivores non identifiés.

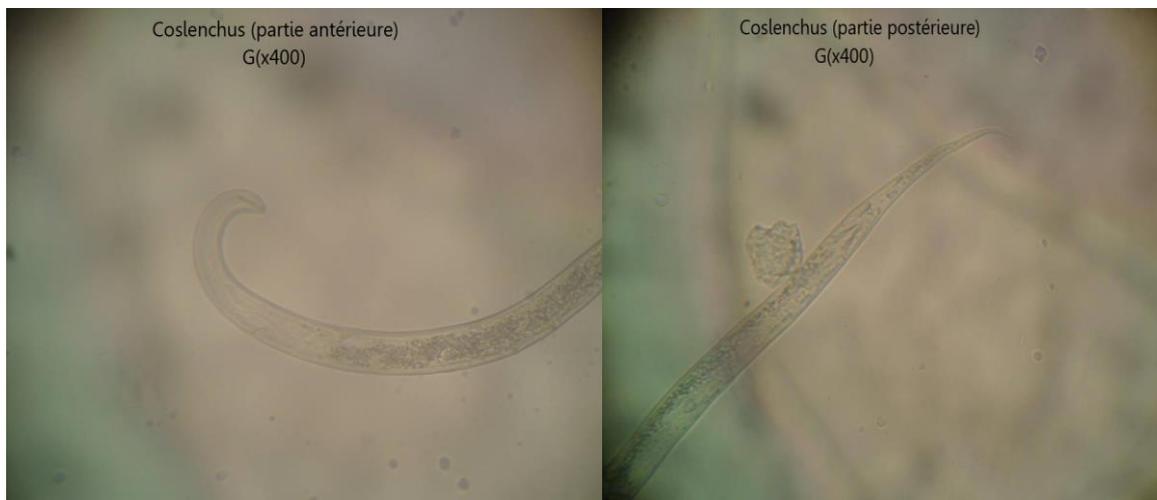


Fig.11 Morphologie de *Coslenchus* (original 2015)



Fig.12 Morphologie de *Tylencorhynchus* (*Telotylenchidae*) (originale 2015)

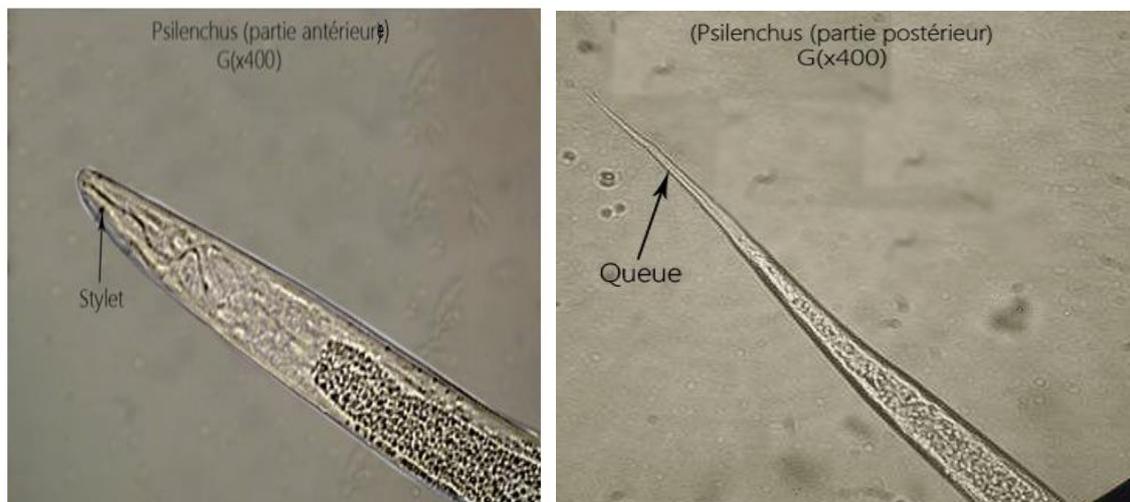


Fig.13 Morphologie de *Psilenchus* (originale 2015)



Fig.14 Morphologie de *T.semipenetrans* (originale 2015)

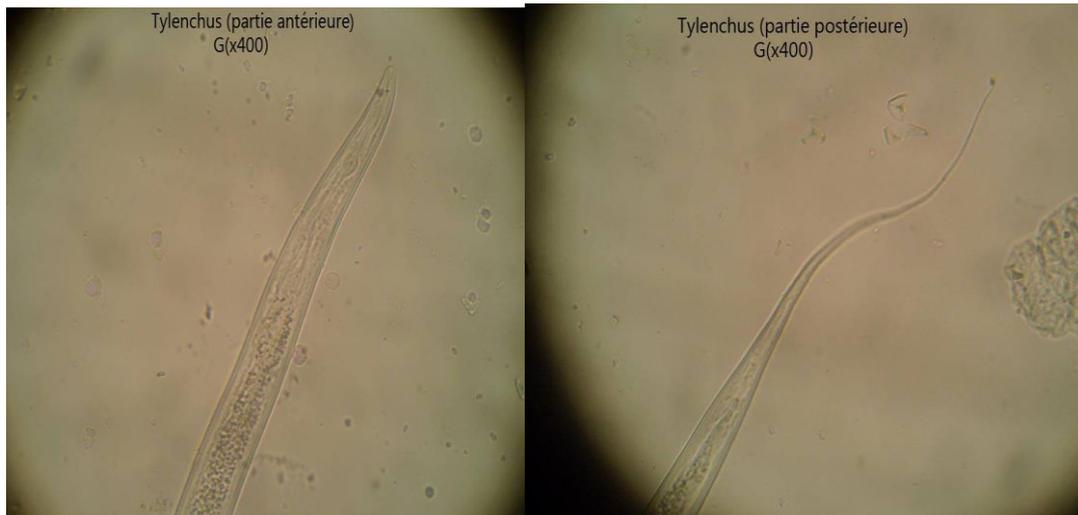


Fig.15 Morphologie de *Tylenchus* (original 2015)



Fig.16 Morphologie de *Dorylaimus* (original 2015)



Fig.17 Morphologie d'une femelle de *Pratylenchus* (originale 2015)



Fig.18 Morphologie de *Helicotylenchus* (originale 2015)

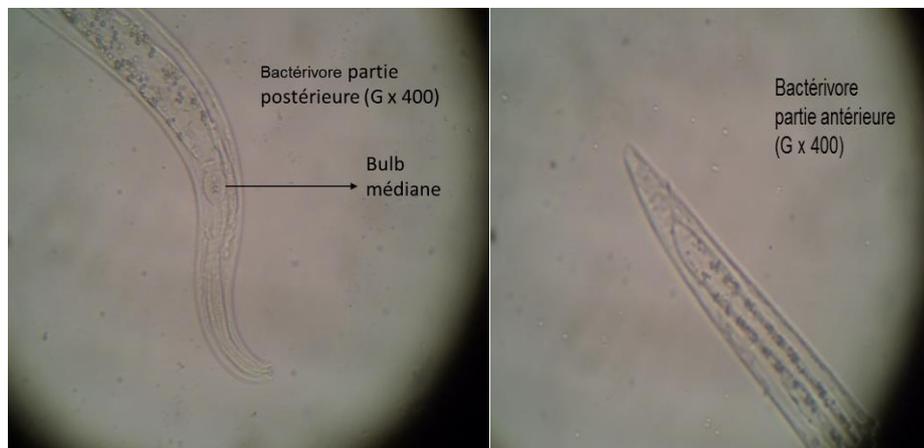


Fig.19 Morphologie d' un bactérivores (original2015)

III.1.2 Répartition globale des phytophages identifiés dans la station

Les résultats représentés par la figure 20 montrent des tendances différentes dans la distribution des phytophages dans la station étudiée. En effet, parmi les phytophages, nous enregistrons la dominance de *Coslenchus* avec une densité moyenne globale de 855N/250ml, suivi par les espèces de la famille des *Telotylenchidae* (332.5 N/250ml). En ce qui concerne les autres taxons identifiés, leurs densités moyennes sont faibles. Elles oscillent entre 5 et 75 N/250ml. Dans cette Catégorie nous notons la dominance de *Xiphinema* et *Helicotylenchus* leur abondance respective sont de (75 et 70N/ 250ml). En outre, le nématode du *Citrus T. semipenetrans* est présent avec de très faiblement densité (47,5N/250ml) de sol.

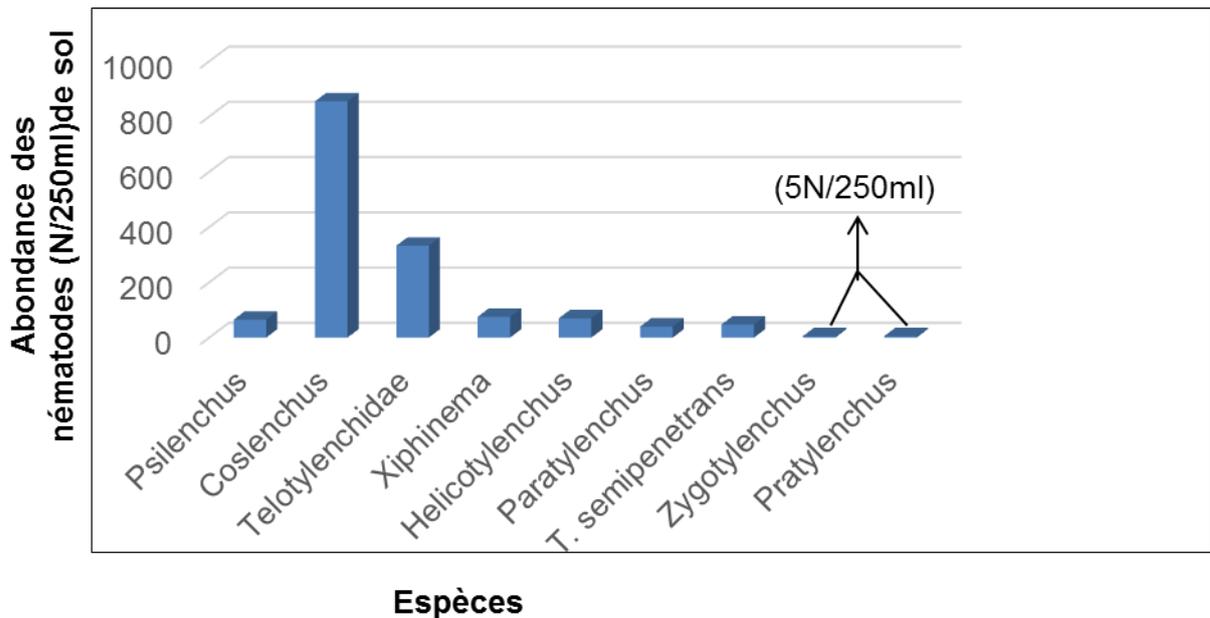


Fig. 20 : Répartition globale des phytophages

III.1.3. Variation temporelle des nématodes en fonction des différents types du fumier

L'analyse de la distribution temporelle des abondances des nématodes identifiés dans le verger d'oranger par la DCA explique l'affinité de certain taxon par rapport aux traitements apportés. Le calcul de distance Euclidien sur la base de similarité de (1.6), il en sort trois groupes hétérogènes (Fig.21 et 22).

Le groupe 1 (*Xiphinema*, *Psilenchus*) et *Helicotylenchus* leurs densités ne sont pas influencé par les apports de fumiers. Il est probable que ces phytophages se sont trouvé accidentellement dans l'échantillonnage, vu leur faible effectif.

Le groupe 2 représenté par les genres (*Paratylenchus*, *Coslenchus* et *Tylenchus*) et les taxons non identifiés de la famille des (*Telotylenchidae*) leur présence est signalé dans la majorité des prélèvements quelque soit le traitement et durant toute la période d'étude.

Le groupe 3 composé par (*Apelenchus*, *Ditylenchus*, *Tylenchulus semipenetrans*) il a été détecté dans quelque échantillon le mois de Mai (T5 et T6).

III.1.4. Répartition globale des groupes trophiques dans le verger

Les résultats représentés par la figure 23, montrent la présence de cinq groupes trophiques dans le sol agrumicole de la station d'étude. Les nématodes phytophages sont les plus abondants par (1492250ml). Alors que le groupe des nématodes bactériveres représente effectif moyen de (1172 250ml).

En ce qui concerne, les trois autres groupes fongivores, prédateurs et omnivores, sont très faiblement représentés comparé aux deux autres groupes. Les densités respectives sont de (525, 205 et 185N/250ml) de sol.

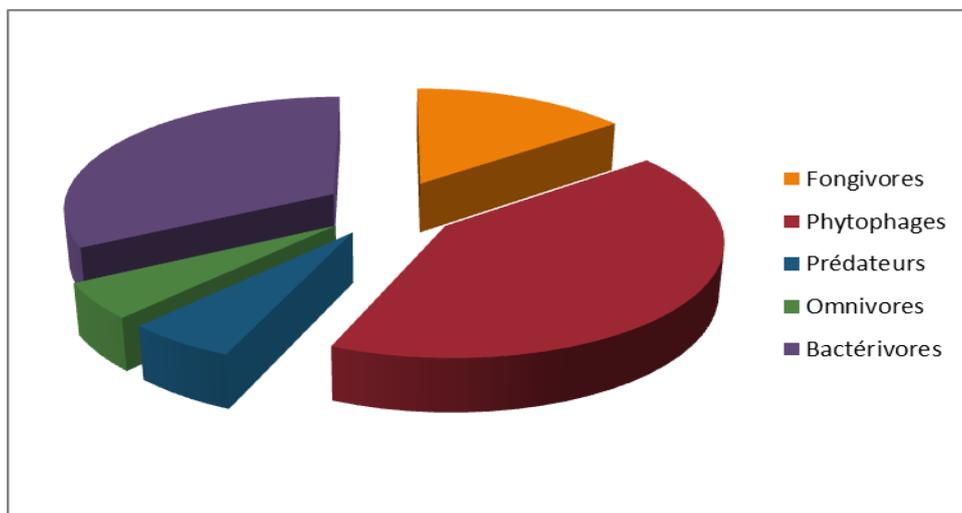


Fig23. Répartition globale des groupes trophiques dans le verger

III.1.5. Variation globale des groupes trophiques en fonction du temps

Les résultats (fig.24), dévoile des variations temporelles des groupe trophiques rencontrés dans la station d'étude, notamment pour les phytophages et bactériveres. En effet, le premier prélèvement (T0) du moins de janvier qui s'est déroulé avant le travail du sol et les apports de fumiers indique la dominance des phytophages (275N/250ml) par rapport aux autres groupes trophiques dont les effectifs moyens sont faibles. Ils sont de 27,5 ; 45 et 80 N/250ml respectivement pour les bactériveres, prédateurs-omnivores et fongivores. Quinze jours après le travail et amendement du sol nous avons réalisé l'échantillon (T1) vers la fin du mois de février nous avons enregistré un pic les nématodes phytophages (440N/250ml). Alors pour les trois autres groupes les modifications sont très insignifiantes. Pour les prélèvements de la mi-mars (T2) nous avons noté la chute des effectifs des phytophages qui sont passé à (197,5N). Par contre les densités des autres groupes sont restées dans un

Etat stationnaire Au cours des relevés du mois d’avril (T3 et T4) nous avons discerné des modifications dans la communauté des nématodes bactérivores qui a pris de l’essor et a dominé les autres groupes. Les effectifs respectifs sont de 250 et 300 N/250ml. Alors que les phytophage ont gardé un état presque statique. A partir des échantillons des mois de Mai (T5 et T6) et de Juin (T7), les densités des communautés de tous les groupes régressent. Toutefois les phytophages ont présenté un déclin rapide. Pour se stabilisé dans les prélèvements (T6 et T7). Les variations temporelles des communautés de nématodes dévoilent que le groupe des fongivores à subi de légères modifications. Les densités varient entre 57,5 (T7) et 100 (T1 et T3). Cependant, les prédateurs-omnivores représentent en général la communauté la plus faible notamment à partir de la mi-Mai (T5).

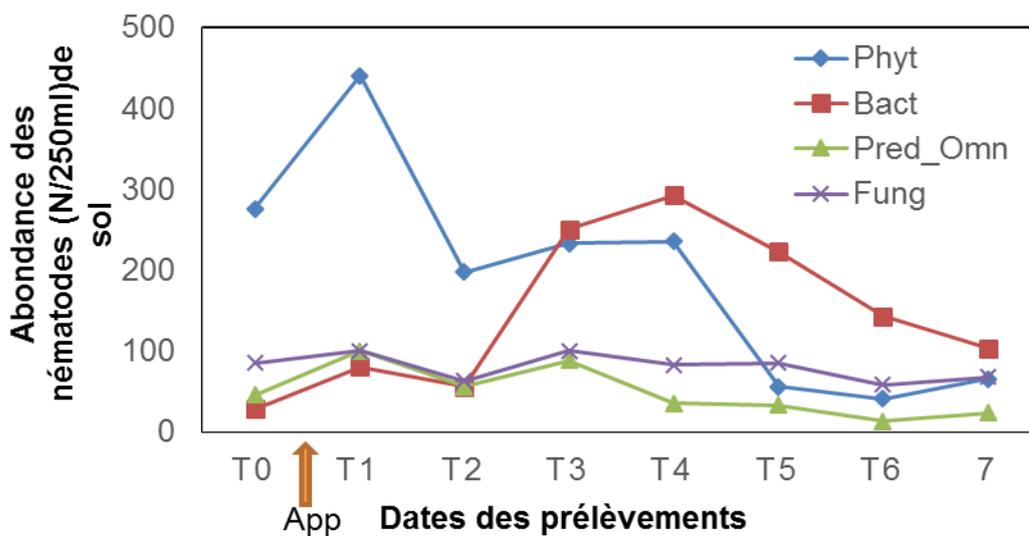


Fig24. Variation temporelle des groupes trophiques

App : Application fumier ; Phyt : Phytophages ; Bact : Bactérivores ; Fung : Fongivores ; Pred_Omn : Prédateur- Omnivores ; T0: 30/01/2015avant traitement

III.1.6. Variation temporelle des groupes en fonction des traitements

Pour comparer nos résultats aux témoins nous avons examiné l’effet moyen des trois types de fumiers. La figure (25) dévoile que les amendements testés agissent différemment sur les groupes trophiques. Cependant, leur action apparait nettement sur le groupe des phytophages et des bactérivores par rapport aux fongivores et prédateurs-omnivores.

En effet avec l'application des fumiers les communautés phytophages ont diminué progressivement dans le temps de Janvier (T0) à Avril (T5). Les abondances moyennes sont passées de 63,5 à 05,83 N/250ml de sol. Elles se sont stabilisées avec une légère augmentation en Mai et Juin (T5 et T6). Alors que pour les deux témoins les phytophages été faible en janvier (T0), les effectifs n'ont pas dépassé les 20 individus. Ces populations se sont multipliés en février (T1) avec un pic d'environ 115 nématodes, puis elles ont chuté au début Mars (T3). Des différences ont été observées pour les témoins dans les échantillons T4 (mi-mars) ou les communautés phytophages dans le lot témoin naturel sans travail de sol ni apport (tem-) ont augmenté pour atteindre un pic de 150 individus début Avril (T4). Vers la dernière quinzaine d'Avril (T5) nous avons noté une réduction brusque des nématodes (15 N/250ml) qui s'est stabilisé à ces faibles effectifs pour les prélèvements suivants de Mai (T5) et Juin (T6).

Quant aux communautés des bactérivores leurs abondances sont faibles avant les apports de fumiers (T0). Elles affichent des densités moyennes comparables à ceux des témoins et elles restent ainsi jusqu'au prélèvement de la 1^{ère} quinzaine de Mars (T3). Dans les échantillons (T4) vers le mi-mars la population augmente est atteint un pic de 85,83 individus. Par la suite les effectifs des nématodes bactérivores dénotent une réduction rapide le mois d'Avril (T4 ; T5), puis augmentent en Mai (T5) et rejoint approximativement les densités des témoins en Juin (T6). Pour les nématodes bactérivores dans les lots témoins montrent en général les mêmes tendances quelque soit la période de prélèvement.

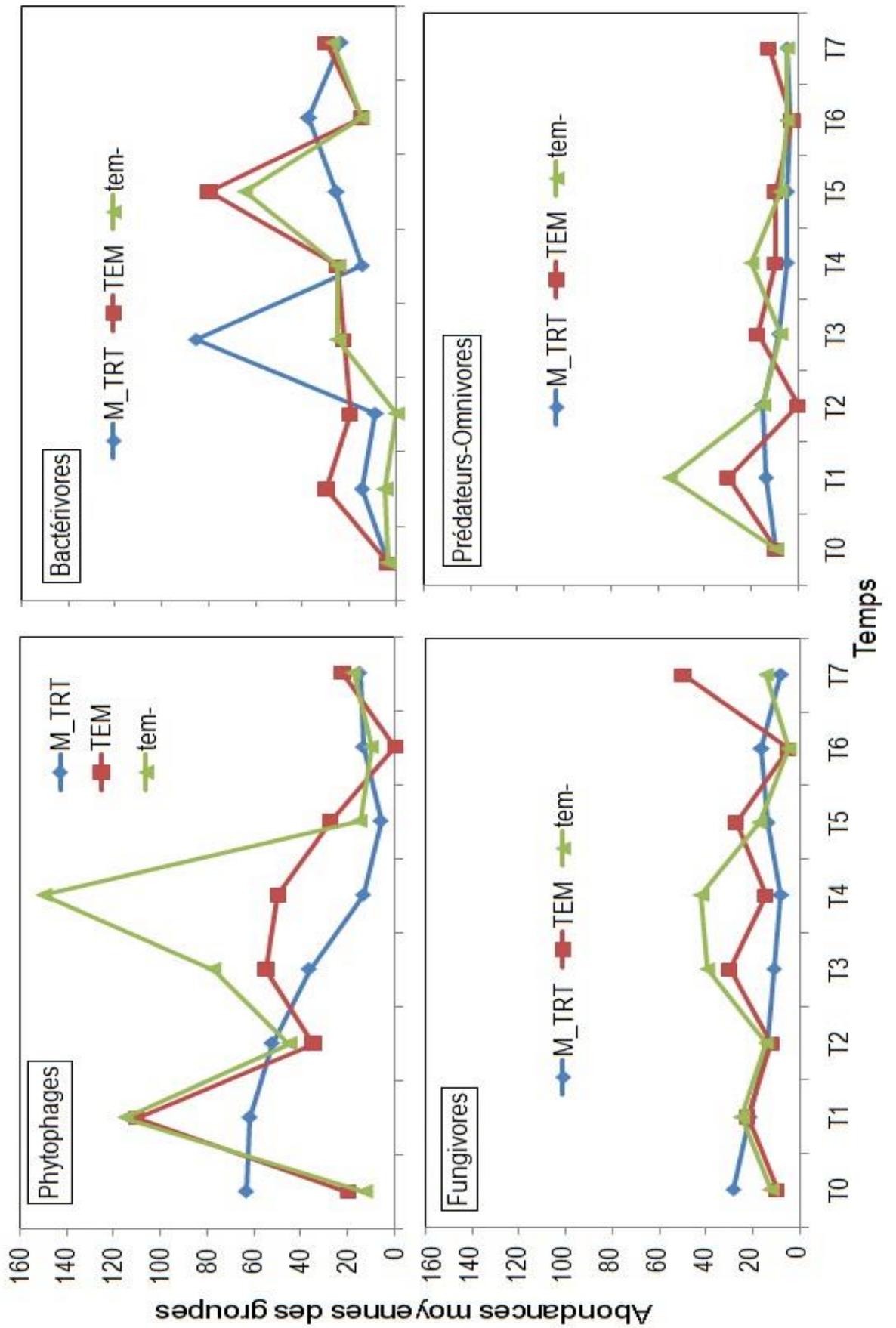


Fig.25 Effet des traitements sur les variations temporelles des groupes

En ce qui concerne les groupes fongivores et prédateurs-omnivores l'effet des fumiers est infime sur leurs populations. En général leurs abondances sont semblables à ceux des témoins. A l'exception du témoin naturel (tem-) ou relevés de Mars (T3) et d'Avril (T4) ont montré les effectifs élevés de fongivores (40 et 42,5 nématodes) ainsi que pour le témoin avec travail du sol (TEM) pour l'échantillon de Juin (T6) ou nous avons enregistré 50 individus. Pour les prédateurs-omnivores les densités élevés ont été signalés en février (T1) dans les blocs témoins, notamment dans le témoin à l'état naturel (tem-).

III.1.6.1. Analyse de la variance (GLM) des groupes trophiques

L'application du modèle G.L.M. pour les résultats obtenus (tableau 4 et figure26), montre que les traitements n'affectent pas différemment l'abondance des groupes trophiques c'est une relation strictement non significative ($P=0,446$; $p > 0,05$). Par contre, les densités des groupes entre eux changent d'une manière très hautement significative ($P=0,000$; $P < 0,05$) et varient significativement dans le temps ($P=0,001$; $p < 0,05$).

Tableau.3. Effet des différents traitements sur les groupes trophique des nématodes en fonction de temps

Source	Somme des carrés	DDL	Carrés moyens	F-ratio	P
Traitements	3 378,683	4	844,671	0,931	0,446
Temps	21 833,376	7	3 119,054	3,436	0,001
Groupes	36 542,795	3	12 180,932	13,419	0,000
Erreur	276 860,534	305	907,739		

La figure (26) relative à l'analyse statistique modèle G.L.M. révèle une action similaire des deux fumiers testés (bovin, ovin) avec les deux témoins. Alors que le fumier camelin a montré une faible abondance des communautés.

En ce qui concerne les variations temporelles des abondances l'analyse révèle qu'elles fluctuent considérablement dans le temps. Les densités des communautés été faibles avant les traitements (T0 ; Janvier). Elles ont atteint un pic après le travail du sol et l'apport de fumier en février (T1), en Mars (T2) les communautés ont rechuté pour reprendre leur multiplication la première quinzaine d'Avril (T3). Au cours des autres prélèvements de T4 à T7 les abondances de la nématofaune diminuent progressivement pour aboutir à des valeurs minimales en Mai (T6) et Juin (T7).

Les groupes trophiques ont dévoilé des différences très hautement significatives ($P=0,000$; $P < 0,05$). Dans le verger d'agrumes nous avons enregistré la dominance du groupe phytophage, suivi par les bactérivores. Par contre, le groupe des fongivore occupent la 3^{ème} position et les prédateurs-omnivores sont faiblement représenté.

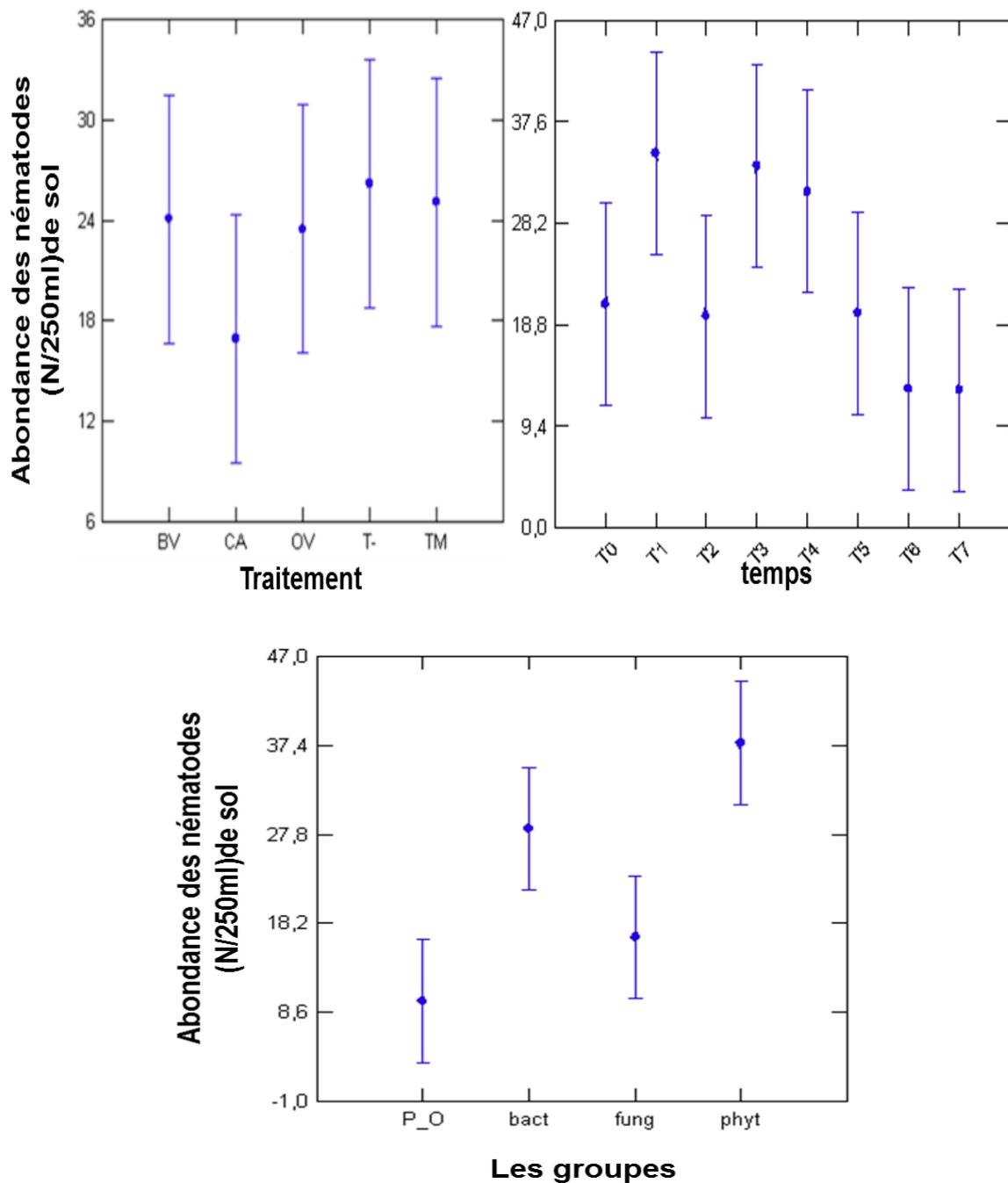


Fig.26 : Effet des traitements sur les variations temporelles des groupes

II.1.7. Variation temporelle des indices écologiques en fonction des traitements

Pour traiter cette partie et comparé nos résultats aux deux témoins nous avons considéré l'effet moyen des trois types de fumier testé (M_TRT). Les résultats (fig. 27), révèlent que comparé aux deux témoins, la moyenne des apports de fumier affectent visiblement la richesse et la diversité des nématodes, mais peu l'équitabilité. Par ailleurs quel que soit le traitement les divers indices considérés varient en fonction du temps en particulier la richesse et la diversité.

En ce qui concerne la richesse et la diversité généralement elle diminue dans la rhizosphère des arbres traités avec les trois types de fumier. Ce déclin commence dans les échantillons du mois février (T1) et se prolonge jusqu'au mois d'Avril (T5), puis ces deux indices dénotent une légère augmentation dépassant celle des deux témoins en Mai (T6) suivi par une réduction en Juin (T7). Par ailleurs les résultats montrent en général la même tendance quand à la richesse et la diversité des témoins. Cependant, nous enregistrons pour les arbres du lot témoin naturel (sans travail du sol ni apport de fumier) une augmentation de la diversité et de la richesse en Mars (T2) et en Avril (T3).

Les valeurs de l'équitabilité (J) sont en général supérieures à (0,5). Elles oscillent entre 0,61 et 0,97. Elles traduisent la présence d'une tendance vers l'instauration d'un équilibre entre espèces. Cet état d'équilibre est observé pour les arbres du lot témoin dont le sol a été travaillé mais sans apport de fumier (TEM) en particulier en Mars, Avril et Mai. Alors que ces périodes les valeurs de l'équitabilité diminuent légèrement dans les lots traités par les fumiers (ovin, bovin et camelin).

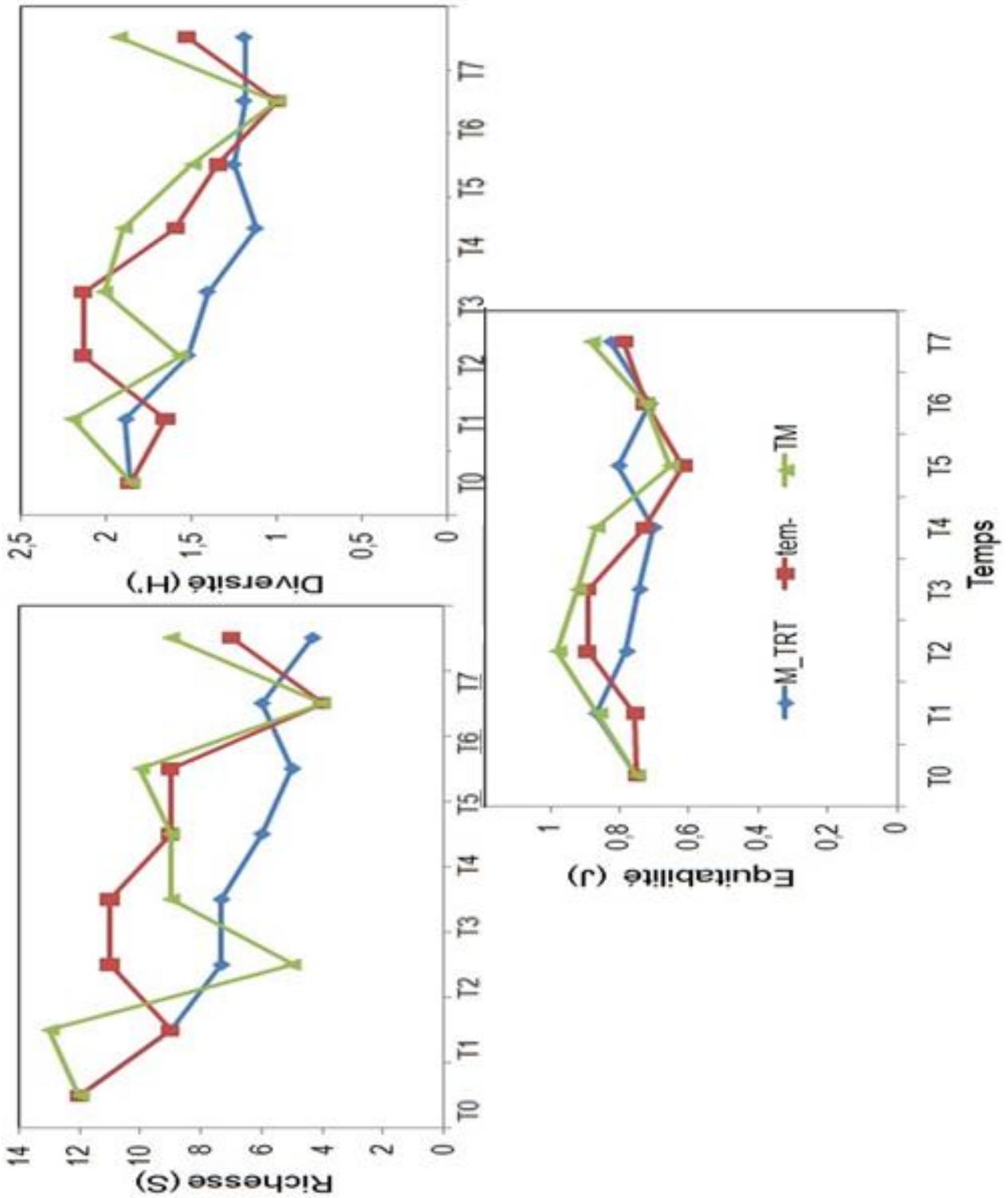


Fig.27 Effet des traitements sur les indices écologiques

III.1.8. Analyse statistique des indices écologiques par le model GLM.

III.1.8.1. Analyse de la Richesse (S)

Les valeurs moyennes de la richesse(Fig.28) fluctuent entre 12 (valeur maximale)en T0 à l'état naturel du verger et 4 (valeur minimale) obtenue pour les deux témoins en Mai (T6). L'analyse de la variance model GLM appliquée à la comparaison de la richesse dans la station d'étude (tabl. X), montre que cette dernière varie significativement dans le temps ($p=0,018$; $p<0,05$) et en fonction des traitements apportés au verger ($p=0,000$; $p<0,05$).

Tab.4: Variation de la Richesse(S) en fonction des traitements et de temps.

Source	Somme des carrés	DDL	Carrés moyens	F-ratio	P
Traitements	45,925	4	11,481	3,202	0,018
Temps	344,8	7	49,257	13,735	0,000
Erreur	240,275	67	3,586		

L'analyse statistique figure (28) montre que l'action des trois types de fumier sur la richesse est comparable. En comparaison avec les deux témoins diminuent sensiblement le nombre de taxons.

Quand au temps la richesse diminue dans le temps quelque soit le traitement.

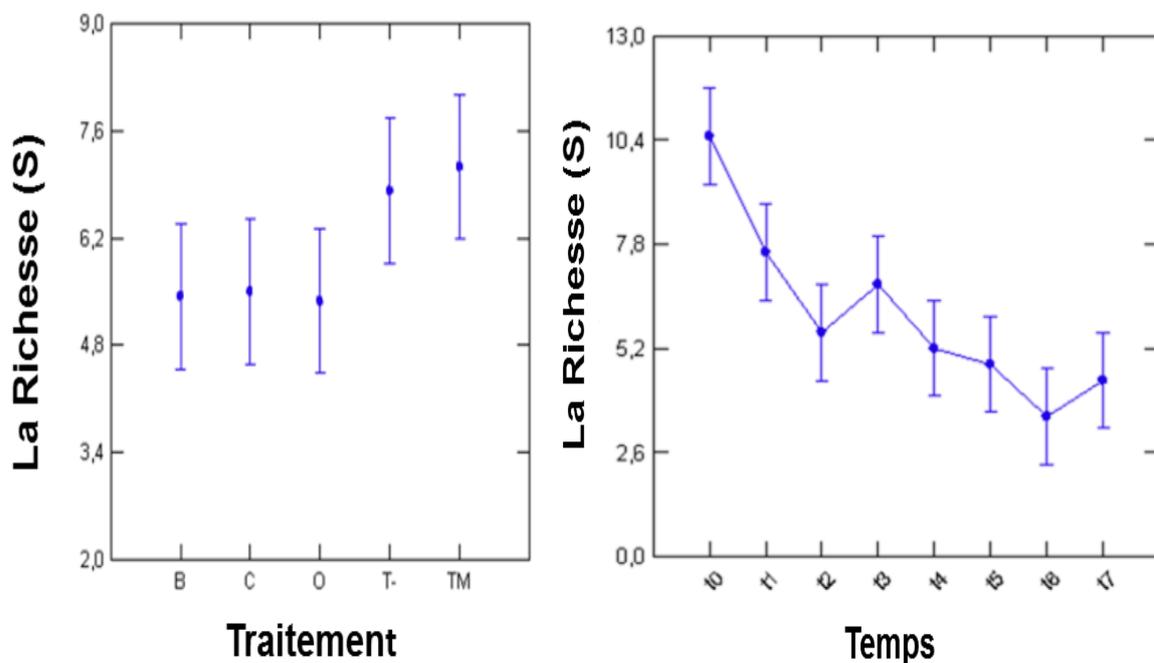


Fig.28 Variation de la Richesse (S) en fonction des traitements et du temps.

III.1.8.2. Analyse de la diversité (Shannon-Weaver H')

L'indice de diversité Shannon-Weaver (H') varie en fonction des traitements et de temps (figure 29). La valeur moyenne maximale de (H') est de 2,20 signalée pour le témoin avec travail du sol (TEM) en février (T2). Alors que la valeur minimale (1.0) est enregistrée pour les deux témoins en Mai (T6). L'analyse de la variance «GLM», appliqué à la variation l'indice de Diversité (H') (tabl.6 et fig.29), montre des différences très significative ($p=0,003$; $p<0,05$) entre la diversité rencontrée dans les différents traitements. Cette dernière est fortement affecté par temps ($p=0,000$; $p<0,05$).

Tab.4 Effet des traitements sur de la diversité (H') des nématodes

Source	Somme des carrés	DDL	Carrés moyens	F-ratio	P
Traitements	2,042	4	0,51	4,369	0,003
Temps	8,326	7	1,189	10,18	0
Erreur	7,828	67	0,117	0	0

L'analyse statistique figure (29) montre que l'indice de diversité (H') est est faiblement affecté par les fumiers apporté (Bovin, Ovin et Camelin), les trois type agissent de la manière comparable sur la diversité des nématodes du verger d'agrumes. Cependant, la différence apparait nettement en comparant les blocs amendés avec les deux témoins ou la diversité (H') est élevée.

Par ailleurs la figure (29) dévoile que l'indice de diversité présente une variation saisonnière quelque soit le traitement.

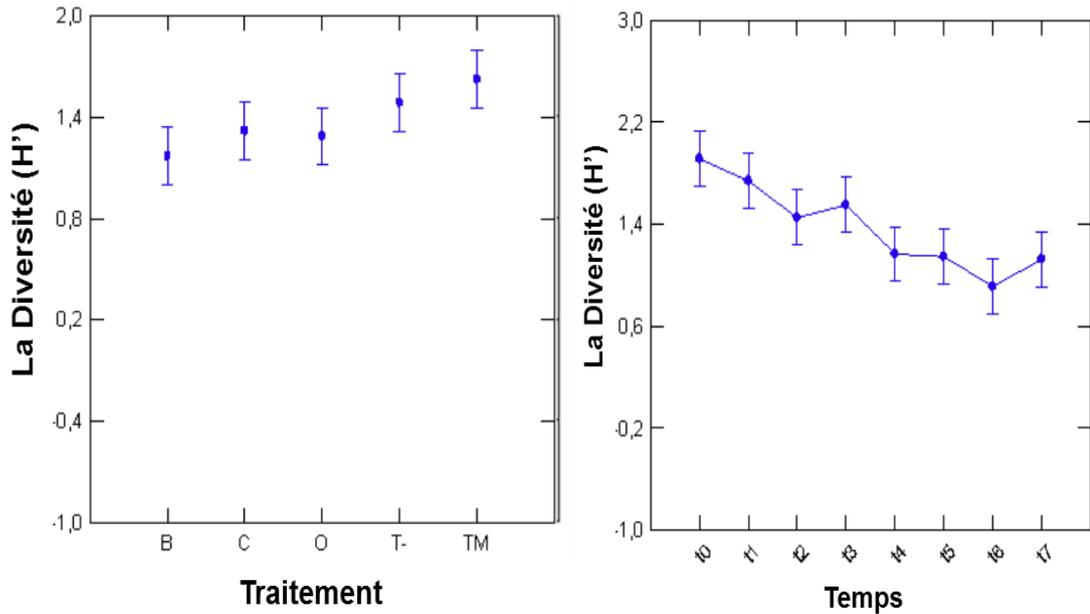


Fig.29 variation temporelle de la diversité (H') en fonction des traitements

III.1.8.3. Analyse de l'équitabilité(J)

Pour l'indice d'équitabilité (J) nous remarquons que les valeurs moyennes pour tous les traitements sont supérieures à 0,5. Ces valeurs oscillent entre 0,97 pour le témoin dont le sol a été travaillé (TEM) dans les échantillons du mois de Mars (T2) et 0,61 pour le témoin naturel (tem-) 0,8 le mois de Mai (T6). L'analyse de la variance indique la présence d'une différence significative entre les traitements ($p=0,024$; $p<0,05$) mais pas par rapport au temps ($p=0,554$; $p<0,05$).

Tab.6 : Variation de l'équitabilité (J) en fonction des traitements et de temps.

Source	Somme des carrés	DDL	Carrés moyens	F-ratio	P
Traitements	0,321	4	0,08	3,021	0,024
Temps	0,157	7	0,022	0,845	0,554
Erreur	1,779	67	0,027		

La figure(30) dévoile que les communautés de nématode tendent à être en équilibre dans la station d'étude quelque soit le traitement apporté. Par ailleurs cet état d'équilibre reste stationnaire quelque soit la période d'échantillonnage.

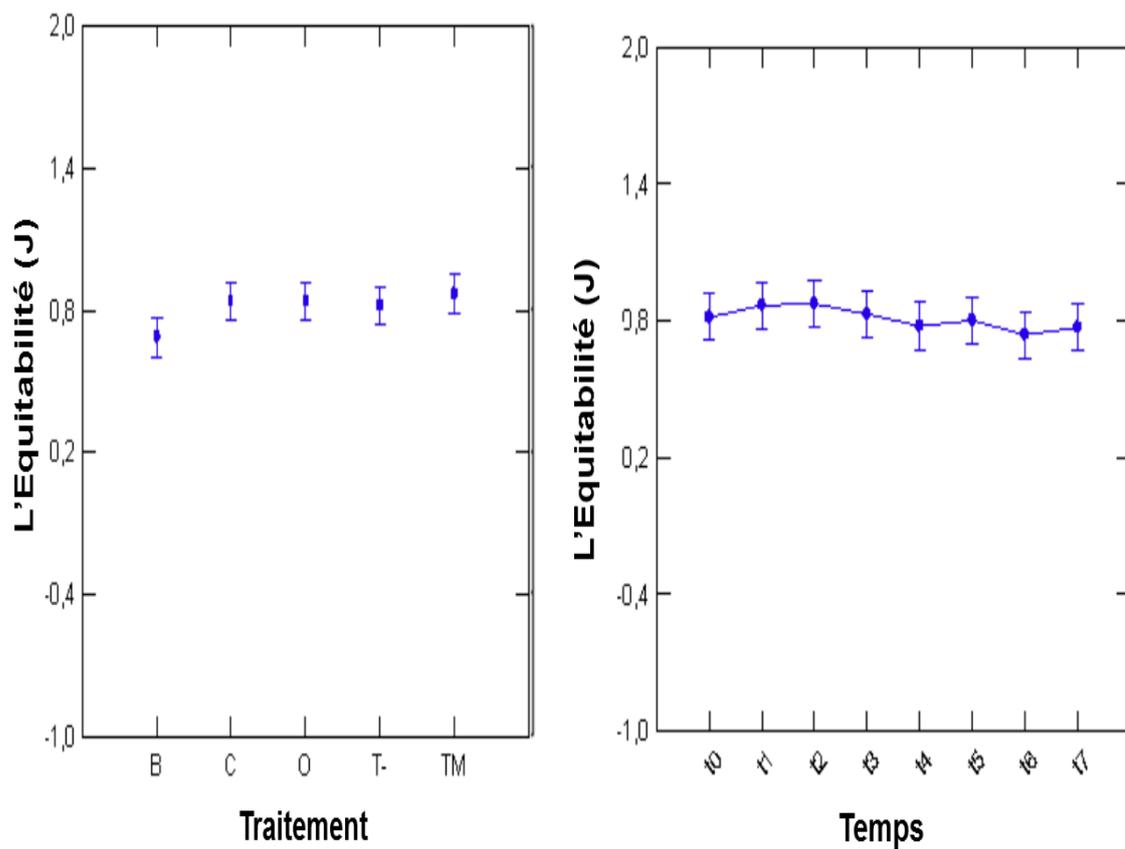


Fig.30 Evaluation de l'équitabilité (J) de la nématofaune en fonction des traitements et du temps.

III.2. Discussion :

La production des agrumes est l'une des plus grandes industries agricoles dans le monde. Ils sont cultivés dans plus de 125 pays (Duncan et Cohn, 1990). De nombreuses espèces de nématodes ont été signalées dans la rhizosphère des agrumes (Cohn, 1972). Cependant, très peu d'entre eux se sont avérés d'importance économique. Parmi ces derniers, le nématode du Citrus *T. semipenetrans* a été identifiés comme un parasite important limitant la production des agrumes sous divers conditions édaphiques et environnementales (Parvez *et al.*, 2003).

L'inventaire de la nématofaune dans le vergers d'oranger «Thomson» a révélé la présence de 13 genres de nématodes *Tylenchulus semipenetrans*, *Paratylenchus sp*, *Ditylenchus sp*, *Helicotylenchus sp.*, *Pratylenchus sp*, *Xiphinema sp*, *Coslenchus sp*, *Zygotylenchus sp*, *Psilenchus sp*, *Aphelenchus sp*, *Tylenchus sp*, *Mononchus sp*, *Dorylaimus sp.* et les phytophages de la famille des *Telotylenchidae*. Nos résultats sur l'inventaire rejoignent d'un point de vue taxons rencontrés les travaux accomplis en Algérie par Triki (2011) sur *Citrus* dans la Mitidja et par khiar (2014) la région de TiziOuzou. Par ailleurs, Khanzada *et al.* (2007) au Pakistan et Duncan (1999) aux USA signalent les même taxons sur agrumes. Selon Verdejo-Lucas et McKenry (2004) *Tylenchulus semipenetrans*, *Radopholus similis*, *Pratylenchus coffee* et *Meloidogyne spp.* sont considérés comme des parasites majeurs au *Citrus* dans plusieurs régions agrumicoles du monde.

L'analyse statistique des variations temporelle des taxons identifiés en fonction des traitements dans le verger d'étude par le biais Detrended Correspondence Analysis (DCA) explique l'affinité de certain taxon par rapport à la période de prélèvement et le type de fumier. En général ils sont en accord avec celle de la classification hiérarchique ascendante. En effet les taxons du groupe1 représenté par (*Xiphinema* et *Psilenchus*) et *Helicotylenchus* sont peu abondant et peu fréquent dans le verger d'oranger. Toutefois il a été identifié sur agrumes (Triki, 2011) et olivier (Hoceini, 2012). Les deux taxons (*Helicotylenchus* et *Psilenchus*) sont inféodé aux culture maraîchères (Diongue, 1996 ; Ibrahim *et al.*, 2000, Bellahammou, 2010, Nebih, 2013). Leur présence dans le verger serait en relation avec les plantes spontanées qui y poussent. Par ailleurs pour le genre *Xiphinema*, son principal hôte est la vigne (Bounaceur *et al.*, 2011 ; Esmenjaud *et al.*, 1992). Toute fois il a été identifié sur agrumes (Triki, 2011 et Khiar, 2014) et sur olivier (Hoceini, 2012).

Le groupe 2 comporte des taxons peu abondant mais fréquent dans la station d'étude ils ont été détecté en général dans tous les échantillons mais avec de faible effectifs. Ils sont représenté par *Tylenchus*, *Coslenchus*, *Paratylenchus* et espèces de la famille des *Telotylenchidae*. Ces taxons sont ubiquistes ils ont été rencontrés dans divers systèmes agricoles aussi bien annuels comme le tabac (Pérez et Fernandez, 1998); la tomate et le gombo (Srivastava *et al.*, 2012); l'haricot (Mansoor Al-hakeem et Younis Mohammed, 2011) et le lin (Zein *et al.*, 2012) que pérennes tel que les agrumes (Triki, 2011 et Khiar, 2014), la vigne (Saffidine, 2009 ; Houceini, 2015) et olivier (Houceini, 2012).

Le groupe 3 comprend *Ditylenchus*, *Aphelenchus* et *T.semipenetrans*, ces trois taxons sont très peu abondants et peu fréquent, ils ont été identifiés dans quatre échantillons de Mai (T5) et Juin (T6). Les deux premiers taxons sont pour la plupart fungivores dont la source alimentaire est à base de mycélium. Ces derniers pullulent à un certain stade de la décomposition de la matière organique notamment après la production de composés azotés sous la forme d'ammonium (Trofymow et Coleman, 1982).

En ce qui concerne *T. semipenetrans*, nématode du *Citrus* sa présence est très faible dans le verger d'oranger. Ce résultat est en concordance avec le travail de Triki (2011) dans les vergers agrumicole de la Mitidja. Quoique, divers auteurs soulignent que ce nématode abonde dans les sols agrumicoles et représente un problème universel. Il a été identifié dans divers vergers au Pakistan (Ahmad and Khan, 1973), au sud de la Californie (Heald et O'Bannon, 1987), en Chine (Zhu *et al.* 1992) en Inde (Mani *et al.*, 1988) et en Tunisie (Kallel *et al.*, 2005).

Ces faibles densités dans la station d'étude seraient probablement en relation avec l'âge du verger, les orangers du site d'étude ont moins de 10 ans. Hassan *et al.* (1989) affirment que le nématode du *Citrus* abonde dans les vieux vergers d'agrumes de même Khiar (2014) a enregistré la pullulation de ce nématode dans le vieux verger 60 ans.

Notre étude révèle que les communautés de nématodes rencontrées dans la rhizosphère des agrumes sont réparties en trois groupes fonctionnels. Les nématodes phytophages, les nématodes fungivores, les nématodes prédateurs-omnivores et les nématodes bactériovores non identifiés. Nos résultats sont en concordance avec plusieurs travaux qui confirment que les sols cultivés abritent

différents groupes trophiques (Coleman *et al.*, 1991), Hodda *et al.*, 1997; Pate *et al.*, 2000).

La distribution des groupes trophiques dans le verger d'étude révèle une différence très hautement significative ($p=0,000$; $p < 0,05$). Nous avons noté la dominance des phytophages, suivi par les bactérivores. Alors que les deux autres groupes Fungivores et prédateurs omnivores, sont très faiblement représentés. Nos résultats rejoignent les travaux de Khair (2014), cependant, Triki (2011) et Porazinska *et al.* (1999) affirment la dominance des bactérivores dans les vergers d'agrumes. Nous supposons que la variabilité des groupes fonctionnels enregistrée dans notre station d'étude est en étroite relation avec les pratiques culturales adoptées dans notre verger. En effet aucun entretien n'est apporté dans le verger à l'exception d'un labour entre les lignes en automne. Par ailleurs, la rhizosphère des arbres présente un couvert végétal spontané abondant ceci pourrait expliquer la multiplication des nématodes phytophages. Hânel (1995) déclare que les modifications de la structure trophique des peuplements des nématodes sont en relation avec des changements de leurs ressources alimentaires. Les jachères augmentent l'abondance des nématodes (Cadet *et al.*, 2000).

Par ailleurs, les résultats ont dévoilé des fluctuations des groupes trophiques en relation avec le temps ($p=0,001$; $p < 0,05$) notamment pour les phytophages et les bactérivores. Ces résultats rejoignent les recherches de Verschoor *et al.*, (2002) qui assurent que l'abondance et la structure des communautés de nématodes changent en fonction de la saison.

La réduction progressive dans le temps des communautés phytophages dans les blocs traités et l'abondance des bactérivores en Mars serait en grande partie encorrélation avec les apports de fumier. La dominance des bactérivores peut expliquer par une activité biologique du sol cette hypothèse corrobore avec les investigations de Griffiths et Caul (1993) et Yeates (1987) qui affirment que les amendements organiques sont responsable d'une augmentation de la population microbienne. Ces derniers favorisent la prolifération des nématodes bactériophages (Wasilewska, 1989; Ettema et Bongers, 1993). En parallèle, durant le processus de décomposition de la matière organique, le sol s'enrichit en produits phénoliques, en azote ammoniacal et en ions hydrogènes, substances nématotoxiques très actives contre les nématodes parasites (Nwangouma et Fawole, 2004 ; Siddiqui, 1989 ; Kerkeni *et al.*, 2007).

Cependant, les trois types de fumier malgré qu'ils soient d'origine animale différente (Bovin, Ovin et Camelin) ont eu une action comparable sur les populations des quatre groupes ($P=0,446$; $p > 0,05$). Il serait probable que la qualité des fumiers d'un point de vu composition chimique soit identique vu que ces animaux se trouvent sous les mêmes conditions d'élevage (habitat et alimentation).

L'exploitation des différents indices écologique montre que l'indice de Shannon Wiener (H') et la richesse (S) présentent une variation temporelle dépendante du type de fumier. D'après Norton et Niblack (1991), l'abondance et la structure des nématodes change non seulement en fonction des zones de prélèvement mais également en fonction des saisons. Selon le même auteur, la température du sol et l'humidité sont considérées comme les facteurs les plus importants affectant la dynamique saisonnière des populations des nématodes.

Par ailleurs, les résultats dévoilent que l'équitabilité (E) est faiblement affectée par les apports de fumier mais elle est stable dans le temps. Elle est en général supérieure à 0,5 dans les différents blocs quelques soit la saison. Elle traduit la présence d'une tendance vers l'instauration d'un équilibre entre les espèces.

La richesse et la diversité sont faibles dans les orangiers des blocs amender de même ces deux indices diminuent progressivement en fonction du temps. Alors que pour les deux témoins (naturel et avec travail du sol) la richesse et la diversité sont plus élevées. Ces résultats seraient probablement en relation d'une part avec l'abondance et la diversité du couvert végétal spontané notamment dans les arbres du bloc témoin naturel. Les travaux de Cadet *et al.* (2000) affirment que les jachères augmentent la diversité du peuplement de nématode. D'autre part avec le travail du sol apporté qui modifie la structure du peuplement dans les vergers de Citrus (Porazinska *et al.*, 1999). Ces indices sont utilisés pour déduire les taux de processus du sol (Ettema, 1998), leur fonction (Ekschmitt *et al.*, 2003; Yeates, 2003) et les effets des perturbations sur la faune du sol (Wardle *et al.*, 1995).

Conclusion

Au terme de ce travail, les résultats obtenus font ressortir dans la rhizosphère des orangers « var. Thomson » de la station expérimentale du département des biotechnologies une diversité de 13 taxons de nématodes identifiés et des espèces de la famille des *Telotylenchidae* non identifiés. Ils sont représentés par *Tylenchulus semipenetrans*, *Paratylenchus sp*, *Ditylenchus sp*, *Helicotylenchus sp*, *Aphelenchus sp*, *Tylenchus sp*, *Psilenchus sp*, *Pratylenchus sp*, *Zygotylenchus sp.*, *Xiphinema sp*, *Coslenchus sp*, *Mononchus sp* et *Dorylaimus sp*.

En fonction de leur type d'alimentation ils sont répartis en quatre groupes fonctionnels

- les nématodes phytophages sont représentés par ; *T. semipenetrans*, *Helicotylenchus*, *Paratylenchus*, *Psilenchus*, *Pratylenchus*, *Zygotylenchus*, *Coslenchus*, *Xiphinema*, et les espèces de la famille des *Telotylenchidae*.
- les nématodes fongivores sont *Aphelenchus*, *Ditylenchus*, *Tylenchus*.
- les prédateurs omnivores sont *Mononchus* et *Dorylaimus*.
- les nématodes libres représentés en grande partie par les bactérivores non identifiés.

L'analyse statistique (DCA) des variations temporelle des taxons en fonction des traitements dans le verger d'étude explique l'affinité de certain taxon par rapport à la période de prélèvement et le type de fumier. En général les taxons identifiés sont communs aux vergers des agrumes, mais ne présentent aucune importance économique d'un point de vue dégâts sur ces spéculations. Le nématode du *Citrus T.semipenetrans* qui représente un problème universel dans les sols agrumicoles dévoile de très faibles densités sur les agrumes de la station d'étude.

La distribution des groupes trophiques dans le verger d'étude révèle une différence très hautement significative. Nous avons noté la pullulation des phytophages, suivi par les bactérivores. Alors que les deux autres groupes Fongivores et prédateurs omnivores, sont très faiblement représentés.

Ces groupes fonctionnels varient significativement en fonction du temps. Cependant, les trois types de fumier malgré qu'ils soient d'origine animale différente (Bovin, Ovin et Camelin) ont eu une action comparable sur les populations des groupes.

L'exploitation des différents indices écologiques montre que l'indice de Shannon Wiener (H') et la richesse (S) présentent une variation temporelle dépendante du type de fumier. Alors que l'équitabilité (E) est faiblement affectée par les apports de fumier mais elle est stable dans le temps.

En perspectives, il serait intéressant de poursuivre ce travail et l'étendre à d'autres régions agrumicoles infestées par le nématode du *Citrus* (*T. semipenetrans.*, Dans le but d'évaluer l'effet des amendements organiques aussi bien d'origine animale que végétale sur les modifications et la réduction des populations de ce parasite spécifique aux *Citrus*.

Références bibliographiques :

Abawi, G.S., and Widmer, T.L., 2000 – Impact of soil health management practices on soil borne pathogens, nematodes, And root diseases of vegetable crops. *Applied soil ecology* 15, pp.37-47.

Adden A.K., 2004 - Evaluation quantitative ce composts de biomasses diverses et leur phytotoxicite. Maîtrise .*Université de Lomé*.44p.

Adjdir Z. et Bensnoui A., 2009 - Bilan d" une Agrumeraie, cas de la ferme pilote Moussadek Abdal kader (Remchi Wilaya de Tlemcen). Mémoire d" ingénieur, *Univ. Tlemcen*, 81 p.

Anonyme , 2011 - <http://blogdesagrumes.blogspot.com/2011/12/historique.html>

Amborabe A., 2004-Stimulation des défenses naturelles de la vigne. Essais d'emploi du chitosan contre *Botrytis cinerea*. *Phytoma*, 571, pp. 26-29.

Amouzou T. C., 2003 -Gestion intégrée de la fertilité des sols sur les parcelles maraîchères de Thasommo Village, Loas, FUSAGx, Gembloux, 76 p

Anderson, R.V., Coleman, D.C., Cole, C.V., Elliot, E.T., 1981 - Effects of the nematodes *Acrobeloides* spp. and *Mesodiplogasterl heritieri* on substrate utilization and nitrogen and phosphorus mineralization in soil. *Ecology* 62, pp. 549-555.

Baujard, P., 1994 -Nématicides, nématodes phytoparasites des cultures pluviales dans les tropiques semi-arides de l'Ouest-Africain. *Afro-Asian J.Nematol.*, 4, pp. 129-146.

Beare M. H., 1997 - Fungal and bacterial pathways of organic matter decomposition and nitrogen mineralization in arable soil. *In Soil ecology in sustainable agricultural systems*. Ed., Brussaard L. and Ferrera-Cerrato R., *Boca Raton, FL: Lewis*, pp.37-70.

Beringola, M. L., Carceles, A. et Gutierrez, M. P., 1987 -Ensayos de *nematicidas* contra el nematodo de los agrios, *Tylenchulus semipenetrans*. Boln Sanidadveg. Plagas.3, pp.261-271.

Biche M., 2012 - Les principaux insectes ravageurs des agrumes en Algérie et leurs ennemis naturels. Institut national de la protection des végétaux, le ministère de l'agriculture et du développement rural et FAO, 36 p.

Blair B.L., Stirling G.R., Whittle P.J.L., 1999 - Distribution of pest nematodes on sugarcane in South Queensland and relationship to soil texture, cultivar, crop age and region. *Aust. J. Exp. Agric.*, 39, pp.43-49.

Blaxter, M.L., Deley, P., Garay, J., Liu, L.X., Scheldeman, P., Vierstraete, A., Vanfleteren, J.R., Mackey, L.Y., Dorris, M., Frisse, L.M., Vida, J.T. and Tomas, W.K., 1998 – A molecular evolutionary framework for the phylum *Nematoda*. *Nature* 392, pp.71-75

Boehm, M.J., Madden, L.V., and Hoitink, H.A.J., 1993 – Effect of organic matter decomposition level on bacterial species diversity and composition in relationship to pythium damping off severity. *Applied Environmental Microbiology* 59, pp.4171-4179.

Bounaceur F., Safiddine F., Abedelli M., Nebih-Hadjsadok D and Bissaad F.Z., 2011 - Contribution to the Knowledge of Nematodes Genera in Northern Vineyards of Algeria. *Annals of Biological Research*,2 (3), pp.297-306.

Cadet P., Bois JF., Chotte JL., Duponnois R., N'Diaye-Faye ND., Floret Ch., Fould S., Manlay R., Masse D., Mateille T., Normand Ph., Pate E., Plenchette Ch., Thioulouse J., Villenave C. et Fardoux J., 2000 - Recherche de méthodes de gestion des peuplements de nématodes phytophages par les facteurs du sol en zone soudano sahélienne au Sénégal. *Etude et Gestion des Sols*, 74, pp261-270.

Cadet P., Debouzie D., 1990 - Evolution spatio-temporelle d'un peuplement de nématodes parasites de la canne à sucre. *Rev. Nématol.*, 13, pp.77- 88

Cadet P., Van Den Berg E., Delatte A. et Fiard J.P., 1994 - Comparaison de quelques peuplements nématologiques des petites Antilles. *Biogeographica*,70, pp. 125-138.

Cadet, P., Masse, D., and Thioulouse, J., 2005 - Relationships between plant-parasitic nematode community, fallow duration and soil factors in the Sudano-Sahelian area of Senegal. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 102, pp.302-317.

Caryol J.C., Caporalino C.D.,Mattei E.P., 1992- La lutte biologique contre les nématodes phytoparasites. Laboratoire de Biologie des invertébrés INRA, BP 2078, 06606 Antibes.15p.

Chon, E., 1972 – Nematode diseases of citrus. Webster, J.M. Ed. *EconomicNematology*, Academic press, London, pp.215-244.

Cohn, E., 1972 -Nematode diseases of citrus. In: Webster, J.M. Ed..*EconomicNematology*, AcademicPress, London, pp. 215-244.

Coleman DC, Crossley DA and Hendrix PF., 2004 - Fundamentals of soil ecology, 2nd ed. Academic Press, San Diego, London., 386 p.

Coleman DC, Edwards AL, Belsky AJ, Mwonga S., 1991 - The distribution and abundance of soil nematodes in East-African savannas. *Biology and Fertility of Soils*, 12, pp.67-72.

Dalmasso A., 1966 - Méthodes simples d'extraction des nématodes du sol. *Rev. Ecol. Biol. Sol*, 3, pp.473-478.

De Guiran G., 1983 - Les nématodes parasites des cultures en pays tempérés .Ed. Littorale, S.A.*Beziers*, France,41p.

De Guiran G., 1983 - Nématodes, les ennemis invisibles .Les nématodes parasites des cultures en pays tempérés .Ed.La littorale, S.A.*Beziers*, France,40p.

Demeure, Y., 1978 - Les causes de la survie de certains nématodes phytoparasites (*Scutellonema cavenessi* et *Meloidogynespp.*) pendant la saison sèche dans le Sahel sénégalais. Thèse de Doctorat de Spécialité (3eme cycle) de Sciences Biologiques Appliquées, *Université Claude Bernard, Lyon*

Demeure, Y., 1980 -Biology of the plantparasitic nematode *Scutellonema cavenessi* Sher, 1964 :anhydrobiosis. *Rev. Nématol.* 3, pp.283-289.

Duncan A. and Klekowski R. Z., 1975 - Parameters of an energy budget. In *Methods for ecological bioenergetics*. Ed.: Grodzinski, W., Klekowski, R. Z., Duncan, A..*Blackwell Scientific Publications, Oxford*, pp.97-147.

Duncan, L. W., 1999 -Nematode diseases of Citrus. In: Timmer, L. W. &Duncan, L. W. (Eds.). *Citrus Health Management*, APS Press, St. Paul, MN, USA, pp.136-148.

Duplessis J., 2002- Le compostage facilité: guide sur le compostage domestique, *NOVA Envirocom, Québec*.110 p.

Ebeling W., 1959 - Subtropical Fruit Pests. University of California Press, Los Angeles. 436 p.

Eisenback JD., 1998 - Morphology and Systematics. In: *Plant and Nematode Interactions*. Ed. Barker KR, Pederson GA and Windham GL. *Madison, Wisconsin, USA Publishers*, pp.37-63.

ER-RAKI S., 2007- Estimation des besoins en eau des cultures dans la region de Tensift Al Haouz : Modilisation, Expérimentation et Télédétéction, Thèse Docteur, Université CADI AYYAD, faculté des sciences emlalia – Marrakech, PP.8-9.

Esmenjaud, D., Walter, B., Valentin, G., Guo, Z. T., and Cluzeau, D., 1992 - Vertical distribution and infectious potential of *Xiphinema index* (Thorne et Allen, 1950) (Nematoda: *Longidoridae*) in fields affected by grapevine fanleaf virus in vineyards in the Champagne region of France. *Agronomie* 12, pp.395-399.

Estioko RV., and Reyes TT., 1984 – Population dynamics of plant parasitic nematodes associated with sugarcane in Negros Occidental in relation to soil type and weather pattern. *Proc. Philippine Sugar Technol. Ass.*, 31, pp.235-252.

Ettema C.H., Bongers, T., 1993 -Characterization of nematodecolonization and succession in disturbed soils using theMaturity Index. *Biol. Fertil. Soils* 16, pp.79-85.

Ettema CH., 1998 - Soil nematode diversity: species coexistence and ecosystem function. *J. Nematol.*, 30, pp.159-169

Ferris H., Lau S., and Venette R., 1995- Population energetics of bacterial-feeding nematodes: respiration and metabolic rates based on carbon dioxide production. *Soil Biology and Biochemistry* 27, pp.319-330.

Fortuner R et Merny G ,1973 - les nématodes parasites les racines associés au riz en Basse-Casamance (Sénégal) et en Gambie. *Cahier ORSTOM, Série Biologique*, 21, pp.3-30.

Freckman D.w., 1988 -Bacterivorous nematodes and organic matter decomposition .*Agriculture Ecosystemes and Environment*24, pp. 196-217.

Gaur, H. S., 1988 -Dissemination and mode of survival of nematodes in duststorms.*Indian J. Nematol.*, 18 ,pp.94-98.

Gaur, H. S., et Perry, R. P., 1991 - The role of moulted cuticle in the desiccation survival of adults of *Rotylenchulus reniformis*. *Rev. Nématol.*, 14, pp.491-496.

Germani, G., LUC. M., 1982 -Etudes sur la "chlorose voltaïque" des légumineuses due au nématode *Aphasmatylenchus straturatus Germani*. II.*Rev. Nématol.* 5, pp. 139-146.

Gomes G.S., Huang S.P. et Cares J.E., 2003 –Nematode Community, Trophic Structure and Population Fluctuation in Soybean Fields, *Fitopatologia Brasileira* 28, pp.258-266.

Griffiths, B.S., and Caul, S., 1993 - Migration of bacterial-feeding nematodes, but not protozoa, to decomposing grass residues. *Biology and Fertility of Soils* 15, pp. 201-207.

Hânel L., 1995 - Secondary successional stages of soil nematodes in cambisols of South Bohemia. *Nematologica* 41, pp.197-218.

Heyns J., 1981 – Nematode morphology and classification. In ; Nematology in Southern Africa. Ed., Keetch and Heyns. *Science Bulletin, Depart. of Agricultural and Fisheries, RSA*, pp.1-11.

Hodda M., Bloemers GF., Lawton JH., Lamshead PJD., 1997 – The effects of clearing and subsequent land-use on abundance and biomass of soil nematodes in tropical forest. *Pedobiologia*, 41, pp.272-287.

Ibrahim, I.K.A.; Handoo, Z.A. and El-Sherbiny, A.A., 2000 - A survey of phytoparasitic nematodes on cultivated and non-cultivated plants in North-western Egypt. *J. Nematol.*, 32, pp 478-485.

Jones R.K. and Milne D.L., 1982 - Nematode pests of bananas. In *Nematology in Southern Africa* ed., Keetch D.P and Heyns J., *Dept. Agric. and Fisheries, Republic of South Africa. Sci. Bull.*, 400.p.

Kandji, S. T., OgoCallistus K. P. O., Albrecht A., 2001-with some soil physical-chemical characteristics in improved fallows in western Kenya. *Applied Soil Ecology* 18, pp.134-157.

Khier,S. 2014 - Etude des variations saisonnières des communautés de nématodes d'un verger de Citrus dans la wilaya de Tizi – Ouzou., *Ing. D'Etat en Sci. Agronomique, Prot.des Végétaux, USDB*, 61p.

Kroll R., 1994 - Les cultures maraîchères, Maisonneuve et Larose, Paris, 219p.

Le Saulx R. and Quénéhervé P., 1997 - Preliminary bioassay screening of ten salt barriers against *Meloidogyne incognita* for tomato plant-protection. *Nematropica*, 26, pp.285-291.

Loussert R., 1989 - Les agrumes–arboriculture. Ed. Technique agricoles méditerranéennes, Paris, 113 p.

Mansoor Al-hakeem A and Younis Mohammed H., 2011 - Survey of root-knot nematode association with bean plants in Nineveh province. *5th Scientific Conference of College of Agriculture –Tikrit University* (26 to 27 April)

Mazoyer, M., Aubineau, M., Bermond, A., Ney, B Et Roger, E. G.,2002- Larousse agricole. Ed. INAP-G, Paris. pp .29 - 30.

Mc SorLEY R., and Frederick J.J., 1999 - Nematode population fluctuations during decomposition of specific organic amendments, *J. Nematol.* 3, (1), pp.37-44.

Merny G. et Luc M, 1969 - Les techniques d'échantillonnage des peuplements de nématodes dans le sol. In: problèmes d'écologie, Paris, France, pp.237-272.

Messiaen C. M., 1997-Le Potager Tropical, 3è éditions, CILF, Paris, 583 p

Mian, IH. Rodriguez-Kabana R., 1982 - Soil amendments with oil cakes and chicken litter for control of *Meloidogyne arenaria*. *Nematropica.* 12, p.205-220.

Moore, J. C. and De Ruiter, P. C., 1991 -Temporal and spatial heterogeneity of trophic interaction within below-ground food webs, *Agric. Ecosys. Environ.*, 34, pp.371-397.

Mulder L., Hogg B, Bersoult A, Cullimore JV., 2005 - Integration of signaling pathways in the establishment of the legume-rhizobia symbiosis. *Physiol. Plant* 123, pp. 207-218.

Mustin M., 1987-Le composte, gestion de la matière organique. Ed. François Dubusc. Paris. 954p.

Nahar, M. S., Grewal, P. S., Miller, S. A., Stinner, D., Stinner, B. R., Kleinhenz, M. D., Wszelaki, A., and Doohan, D., 2006 - Differential effects of raw and composted manure on nematode community, and its indicative value for microbial, physical and chemical properties. *Applied Soil Ecology*, 34, pp.140-151

Neher D. A., 2001 - Role of nematodes in soil health and their use as indicators. *Journal of Nematology*, 33, pp.161-168.

Noble, R., and Coventry, E., 2005- Suppression of soil-borne plant diseases with composts: a review. *Biocontrol Science and Technology*.5, pp.3-20.

Norton, D. C. and Niblack, T. L., 1991 - Biology and ecology of nematodes. In: Manual of Agricultural Nematology, Nickle, W. R. Ed., Marcel Dekker, New York, pp. 47-68.

Norton, D.C., 1989—Abiotic soil factors and plant-parasitic nematode communities. *Journal of Nematology*, 21, pp. 299-307

Nwanguama E.I. and Fawole B, 2004 - Efficacy, of organic soil amendment on the populations of *Meloidogyne incognita* on okra in South-Western Nigeria. *Nigerian J. Horticult. Science*, 9, pp.89-95

Oka Y., 2010 - Mechanisms of nematode suppression by organic soil amendments— A review, *Applied Soil Ecology*, Vol.44, Issue 2, *Nematology* ,Unit, Gilat Research Center, M.P. Negev85280, Israel, pp.101-115.

Ouedraogo S., 2002 - Etude diagnostique des problèmes phytosanitaires du manguier (*Mangifera indica*L.), de l'oranger (*Citrus sinensis*L.) et du mandarinier (*Citrus reticulata* blanco) dans la province du Kéné Dougou. Mémoire d'ingénieur du développement rural, Burkina Faso, 153 p.

Parfonry R., 2001- Plantes à fruits. In : Raemaekers H. (éd), *Agriculture en Afrique tropicale*, Direction générale de la Coopération internationale, Bruxelles, pp.555-588.

Pate, E., Ndiaye-Faye, N., Thioulouse, J., Villenave, C., Bongers, T., Cadet, P., Debouzie, D., 2000 - Successional trend in characteristics of soil nematode

communities *in* cropped and fallow lands in senegal (Sonkorong). *Appl. Soil Ecol.* 14, pp5-15.

Petit J. et Jobin P., 2005- La fertilisation organique des cultures. Ed.La Fédération d'agriculture biologique du Québec.FABQ.48P.

Phillippeau, G., 1986 - Comment interpréter les résultats d'une analyse en composantes principales. SESI-ITCF, Paris.

Polz, M.F., Ott, J., Bright, M. and Cavanaugh, C.M., 2000 – Whene bacteria hitch a ride. *American Society of Microbiology News* 66, pp.531-539.

Porazinska et al. (1999); Porazinska, D.L., Duncan, L.W., McSorley, R., Graham, J.H., 1999. Nematode communities as indicators of status and processes of a soil ecosystem influenced by agricultural management practices. *Appl. Soil Ecol.*, 13, pp. 69-86.

Praloran J. C., 1971 – Les agrumes, techniques agricoles et productions tropicale. Ed. Maison neuve et Larose, Paris, 561 p.

Prot J.C., 1979 - Influence of concentration gradients of salts on the behaviour of four plant parasitic nematodes. *Rev. Nématol.*, 2, pp.11-6.

Prot, J. C., 1984 -Les nématodes parasites des cultures maraîchères.U.S.A.1.D. 28p.

Prot, J. C., and Van Gundys D, 1981 - Soil texture and migration. *J. Nematol.*, 13, pp.213-217.

Quénéhervé P., 1988 - Population of nematodes in soils under banana cv. Poyo in the Ivory Coast. 2. Influence of soil texture, pH and organic matter on nematode populations. *Revue Nématol.*, 11, pp.245-251.

Quilici S., 2003 - Analyse du risque phytosanitaire (ARP); organisme nuisible : *Parlatoria ziziphis* sur les agrumes. 28 p.

Sadek, M.A., 1977-Plant Nematology an Agriculture Training Aid. Department of food and agriculture division of plant industry laboratory Nematology, California. Library of congres, 157 p.

Saeed, M. et Rossner, J., 1984 - Anhydrobiosis in five species of plant associed nematodes. 1. *Nematol.*, 16,pp.119-124

Saffidine F., 2009 - Contribution à l'étude de la biodiversité de nématodes en Algérie viticole,Projet de fin d'étude, d'ingénieur d'état en agronomie, Protection des végétaux, Dep.Agr.,*Univ.SaadDahlab*, Blida, 44p.

Sasser, J.N., 1989 -Plant parasitic nematodes the farmer's hidden enemy. A cooperative publication of the Department of Plant Pathology and the Consortium for International Crop Protection, Raleigh, USA.

SDA, 2008 –les statistiques : campagne agricole 2008, direction des services agricoles – wilaya de Blida.

Seated, T. R., James, S.W, and Todd,T.C, 1988. - Interaction among soil invertebrates, microbes and plant growth in the tall grass prairie, *Ecosyst. Environ.*, 24, pp.219-122.

Seinhorst J.W., 1956 - The quantitative extraction of nematodes from soil. *Nematologica*, 1, pp.249-267.

Shannon, C.E. and Weaver, W., 1949 - The Mathematical Theory of Communication. *University of Illinois, Urbana, Illinois, USA.*

Siddiqui M.A. and Mashkoor Alam M., 1989 - Seed treatment with azadirachtin for the control of the stunt nematode attacking cabbage and cauliflower. *Annals of AppliedBiology*, 114, pp.4-5.

Sohlenius B., Bostrom, S. and Sandor, A., 1987 - Long-term dynamics of nematode communities in arable soil under four cropping systems. *Appl. Ecol.*,25, pp.131-144.

Soltner D., 2003 - Les bases de la production végétale. Tome I. Le sol et son amélioration. Collection Sciences et Techniques Agricoles. 23^{ème}. Ed. Paris. 472p.

Sonneville A., 2006 -Inventaire des nématodes phytoparasites : des connaissances fondamentales pour la protection de l'environnement. Rev.; IRD. Inst. De recherche pour le développement. *Annal Phytopathology*, 242, pp.1-6.

Spaull, V.W. and Cadet P., 1990 - Nematode parasites of sugarcane. In Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture. Ed. M. Luc, R. A. Sikora, and J. Bridge, *CAB International, Oxon, UK*; pp. 461-491.

Srivastava D.S., Sehgal M., Kumar A. ,Verma S. , Dwivedi B.K. and Singh S.P., 2012 - Plant-Parasitic Nematodes Associated With Tomato And Okra Fields Of Allahabad, Uttar Pradesh, India. *Pak. J. Nematol.*, 30 (2), pp.157-167.

Stirling, G. R., 1991- Biological control of plant parasitic nematodes, CAB international, Wallingford, U.k.315p.

Triki M., 2011 - Contribution à l'étude de diversité nématologique dans quelques vergers d'agrumes de la Mitidja. Projet de Fin d'Etude, *Ing. d'Etat en Sci. Agronomique, Prot.des Végétaux, USDB*, 69p.

Trofymow J. A., and Coleman D. C., 1982 - The role of bacterivorous and fungivorous nematodes in cellulose and chitin decomposition. *in*Nematodes in soil ecosystems. Ed., Freckman. D.W., Austin, TX, *University of Texas*, pp.117-138.

Vallad, G. E., Cooperband, L., and Goodman, R. M., 2003- Plant foliar disease suppression mediated by composted forms of paper mill residuals exhibits molecular features of induced resistance. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 63, pp. 65-77.

Van Gaever, S., Moodley, L., De Beer, D., and vanreusel, A., 2006 – Meiobenthos at the arctic Hakon Mosby Mud Volcano, with a parental caring nematode thriving in sulphide rich sediment. *Marine. Ecology Progress Series* 321, pp.143-155.

Vangundy, S. D., 1958 -The Pathogenicity of *Hemicycliophora arenaria* on citrus. *phytopathology*, 48,399 p.

Verdejo-Lucas, S., Sorribas, F. J., Forner, J. B., et Alcalde, J. A., 1995 –Niveles poblacionales dei nematodoTylenchulus semipenetrans en plantaciones de citricos.4th Cangr. Sac. Esp. *Ciene. hart.*,Bareelana, Spain, pp.25-28.

Villenave C., Fernadez P., Badiane A., Sene M., Ganry F. et Oliverl R., 1998 - Influence du travail du sol et l'apport de compost sur les peuplements de nématodes phytophages. CD - rom, Poster, Symposium n°:32 ,XVI^e Congrès Mondial de l'Association Internationale de science du sol.

Villenave, C. et Cadet, P., 2000 - Rôle particulier de *Helicotylenchus dihystrera* au sein des peuplements de nématodes phytoparasites (Sénégal). In La jachère en Afrique tropicale. Rôles, aménagements, alternatives. Ed., Floret, Ch., Pontanier, RVol. I, *Actes du séminaire international, Dakar, 13–16 avril1999, Paris, John Libbey, 2 vol.*, pp.291-299.

Walali-Loudyi, D.E.M., Skiredji, A., Hassan E.,2003 - Fiches techniques : le bananier, la vigne, les agrumes. In T. d. t. e. agriculture (Ed.). Rabat: Institut Agronomique et vétérinaire Hassan II.

Wang, K.-H., B. S. sipes, and D. P. Schmitt., 2001-Suppression of *Rotylenchulus reniformis* by *Crotolaria juncea*, *Brassica napus*, and *Tagetes erecta*. *Nematropica* 31, pp.237-251.

Wardle, D.A.,Yeates, G.W.,Watson, R.N., Nicholason, K.S., 1995- Development of decomposer food-web, trophic relationships and ecosystem properties during a three-year primary succession in sawdust. *Oikos* 73, pp.155-166.

Wasileswska, L., 1989 – Impact of human activities on nematodes, in Ecology of arable land, c.chalholm and L. Bergstrom, Ed. Kluwer, Dordrecht, The Netherlands, pp.123-132.

Yeates G. W., King, K. L., 1997 -Soil nematodes as indicators of the effect of management on grasslands in the New England Tablelands (NSW): Comparison of native and improved grasslands. *Pedobiologia*41, pp.526-536.

Yeates G.W., Bongers T., de Goede R.G.M., Freckman D.W. etGeorgieva S.S., 1993a - Feeding habits in soil nematode families and genera-an outline for soil ecologists. *J. Nematol.* 25, pp.31-315.

Yeates G.W., Wardel D.A., Watson R.N., 1993b - Relationships between nematodes, soil microbial biomass and weed management strategies in maize and asparagus cropping systems. *Soil Biol. Biochem.* 25, pp.869-76.

Yeates GW., 1987 - Significance of developmental stages in the coexistence of three species of *Mononchoidea Nematoda*) in a pasture soil. *Biol. Fertil. Soils* 5, pp. 225-29

Yeates, G.W., Bongers, T., 1999 - Nematode diversity in agro ecosystems. *Agr. Ecosyst. Environ.*, 74, pp. 113-135.

Zein S N., Hamed A. H. and Zawam H. S., 2012 - Tobacco rattle Tobravirus: Occurrence in Flax Plants (*Linum usitatissimum*L.) in Egypt. *Nature and Science*,10, pp.4-20.

