

Structure des communautés de nématodes en fonction des caractéristiques physico-chimiques du sol dans la zone maraîchère de Bamako (Mali)

Boubacar Kola Touré ^{1}, Souleymane Dambé ¹, Yacouba Maïga ¹, Mohamed Maïga ¹, Doulaye Dembélé ²

1 Faculty of Sciences and Technics, USTTB, BPE : 423 Tel: 20290407, Bamako, Mali

2 IGBMC, CNRS UMR7104 - INSERM U1258 - Univ. of Strasbourg, 1 rue Laurent Fries, 67400 Illkirch, France

* Auteur correspondant Email : boubakola@gmail.com, Tel: (+223) 66935582 / 75412629

Résumé

Le maraîchage est confronté à de multiples problèmes parmi lesquels il y a les nématodes phytoparasites. La collecte des échantillons de sol a eu lieu sur cinq sites autour de Bamako. Notre objectif est d'étudier la structure de la communauté de nématodes en fonction des paramètres physicochimiques du sol. Un échantillonnage systématique a été effectué. Sur chaque site vingt échantillons ont été prélevés au niveau de 3 à 4 parcelles par sites. Trois périodes de l'année (la saison chaude, la saison froide et la saison des pluies) ont été concernées. Deux techniques ont été utilisées pour l'analyse nématologique celle des tamis et de Baermann. Les nématodes trouvés ont été fixés puis déterminés. Cette étude a montré que la densité de nématodes phytoparasites est liée aux taux d'Azote et de Phosphore dans le sol (ANOVA, $p < 5\%$). De l'analyse du sol 9 genres de nématodes ont été trouvés : *Meloidogyne*, *Heterodera*, *Tylenchorhynchus*, *Helicotylenchus*, *Scutellonema*, *Pratylenchus*, *Rotylenchus*, *Hemicycliophora*, et *Tylenchus*. La succession des saisons n'a pas influencé la répartition des nématodes. L'apport d'engrais y a été pour sa part déterminant.

Mots clés : Nématodes phytoparasites, paramètres physicochimiques, saisons, tamis

Abstract :

Market gardening is confronted with many problems among which there are plant parasitic nematodes. Soil sample collection took place at five sites around Bamako. Our goal is to study the structure of the nematode community according to the physicochemical parameters of the soil. Systematic sampling was performed. Twenty samples were collected from each site at 3 to 4 plots per site. Three periods of the year (the hot season, the cold season and the rainy season) were affected. Two techniques were used for the nematological analysis of sieves and Baermann. The nematodes found were fixed and determined. This study has shown that the density of plant parasitic nematodes is related to the levels of nitrogen and phosphorus in the soil (ANOVA, $p < 5\%$). From the soil analysis 9 kinds of nematodes were found: *Meloidogyne*, *Heterodera*, *Tylenchorhynchus*, *Helicotylenchus*, *Scutellonema*, *Pratylenchus*, *Rotylenchus*, *Hemicycliophora*, and *Tylenchus*. The succession of seasons did not influence the distribution of nematodes. Fertilizer input has been crucial.

Key words: Phytoparasitic nematodes, physicochemical parameters, seasons, sieves

Introduction

ES cultures maraîchères occupent pour plusieurs raisons, une place de choix parmi les cultures irriguées. Parmi ces raisons il y a leur contribution appréciable à l'autosuffisance alimentaire, l'augmentation du revenu des paysans et surtout des femmes et des jeunes qui les entretiennent.

La production de légumes au Mali a considérablement augmenté ces dernières années pour atteindre 1900173 tonnes sur une superficie de 173110 ha (Ministère de l'Agriculture du Mali, 2018). Cette production permet aux acteurs de

diversifier ainsi que d'améliorer leur régime alimentaire grâce à l'apport en vitamines et en sels minéraux.

Selon les résultats d'une enquête de la CPS-SDR (Cellule de Planification et de Statistique du Secteur de Développement Rural du Ministère de l'agriculture du Mali (2016) la ville de Bamako consomme environ 22 932 tonnes de légumes par an. Dans cette localité la consommation atteint 15g par an et par habitant (Ministère du développement rural, 2001). Les oignons et les tomates sont les plus consommés avec 34 % et 25,5 % respectivement. Ensuite viennent le

gombo (12,5 %) et les choux (9 %). Les légumes les moins consommés sont l'ail et le poivron. Au niveau du pays la consommation moyenne est de 6,41 kg de légumes par personne et par an (CILSS, 2004).

Le développement des cultures maraîchères est confronté à de nombreux problèmes parmi lesquels il y a le déficit hydrique et les parasites. Parmi les parasites les nématodes constituent le groupe le plus important après les insectes. Les dégâts occasionnés par ces nématodes sont très importants au niveau mondial, puisqu'ils sont estimés à 20 à 30 % de la production agricole (Cayrol et al., 1994), représentant des pertes annuelles de récolte évaluées à plusieurs millions de tonnes (Agrios, 2005). Les pertes causées par ces parasites sont généralement plus prononcées dans les régions tropicales où la baisse de rendement a été estimée à plus de 25 % de la production (Sasser, 1979). En termes d'argent cette baisse au niveau mondial était à près de 100 milliards de dollars par an (Sasser et Carter, 1985).

Malgré le développement du maraîchage, son rendement appréciable, et la pression parasitaire qu'exercent les nématodes, peu de recherches ont été effectuées dans le domaine de la nématologie au Mali.

Dans le but d'apporter notre contribution à l'étude de la structure des communautés de nématodes des cultures maraîchères à Bamako, nous nous sommes proposé de faire un inventaire faunistique en vue de caractériser le peuplement de nématodes en fonction des paramètres physico-chimiques du sol (texture, structures, pH, matière organique, azote, phosphore).

1. Matériel et méthodes

1.1. Milieux d'étude

Cinq sites permanents de maraîchage (figure 1) : Samanko (12°31'419N; 08°04'921W), Sotuba (12°39'721N; 07°56'726W), Tiébani (12°32'807N; 08°02'347W), Daoudabougou (12°36'878N; 07°58'598W) and Baguinéda (12°37'975N; 07°47'503W.) tous situés à proximité du fleuve Niger, principale source d'eau d'irrigation du Mali, ont été choisis pour la collecte des échantillons de sol et de racines et les résultats comparés.

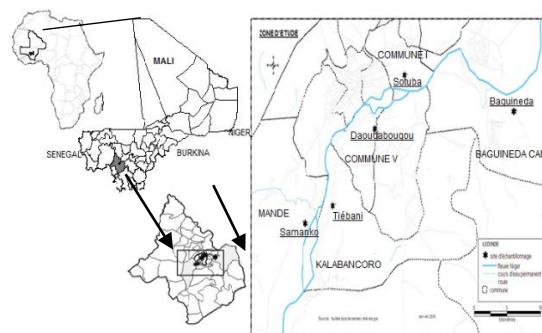


Figure 1 : Localisation des sites d'échantillonnage

1.2. Echantillonnage

L'étude bio-pédologique des sols est effectuée sur la base de la permanence de l'exploitation du site maraîcher.

1.2.1. Matériel végétal

Plusieurs espèces végétales exploitées sur les sites maraîchers ont été retenues pour les prélèvements d'échantillons de sols. Elles appartiennent à des familles différentes comme les solanacées, les malvacées, les cucurbitacées, les liliacées, les légumineuses, les graminées etc. Une vingtaine de cultures différentes étaient concernées par les prélèvements.

1.2.2. Données pédologiques

Les échantillons composites constitués de sol des mêmes sites et mêmes cultures ont été envoyés au Laboratoire Sol Eau Plante de Sotuba où une analyse physico-chimique a été effectuée pour déterminer les différentes fractions granulométriques : argile (Ag), limon fin (Lf), sable (Sb). De même la teneur en carbone et en azote (C et N) et le phosphore assimilable ont été définis. Pour déterminer la texture du sol des différents sites, le triangle des textures (nomenclature française) a été utilisé.

1.2.3. Données nématologiques :

Les nématodes ont été extraits de 500 g de sol et déterminés au niveau genre, famille et ordre. Le peuplement était ensuite reparti en groupes trophiques et leur importance évaluée. Les nématodes non phytoparasites ont été réunis sous le terme général de nématodes saprophytes.

1.3. Collecte des échantillons :

Les échantillons de sol ont été prélevés pendant trois périodes de l'année marquées par une différence de température et d'humidité (la saison chaude, la saison froide et la saison des pluies). Ce prélèvement a été fait dans la rhizosphère des cultures.

Le prélèvement des échantillons s'est effectué selon échantillonnage systématique au moyen

d'une tarière de 6 cm de diamètre, à une profondeur de 25 cm. Ce type d'échantillonnage prend en compte le champ dans sa globalité et la distribution agrégée des nématodes.

Vingt échantillons de sol par parcelle et par culture ont été prélevés au niveau de 4 parcelles désignées pour être échantillonnées soit 80 points de prélèvements par sites. Chaque échantillon est placé dans un petit sceau, débarrassé des gros débris, homogénéisé à la main, puis placé dans des sachets plastiques marqués du nom du site, d'un numéro de prélèvement, du nom de la culture source, le tout bien scellé avec un lien. Les échantillons étaient ensuite rassemblés dans une glacière et transportés au laboratoire.

Au laboratoire un sous échantillon de 500g est prélevé des 20 échantillons provenant de la rhizosphère de chaque culture pour être analysé. Le sol restant est conservé humide pour être utilisé en cas d'accident. Le sous échantillon de sol est bien homogénéisé et débarrassé de tous les gros débris au moyen d'un tamis de 2 mm de maille avant de passer à l'analyse nématologique.

1.4. Analyses nématologiques

1.4.1. Extraction des nématodes du sol

Pour extraire les nématodes nous avons utilisé deux techniques : la technique des tamis et la technique de Baermann modifiée.

1.4.1.1. La technique des tamis

Le sous échantillon homogénéisé est placé dans un sceau de 5 litres de volume, mis en suspension dans un litre d'eau et bien agité. La solution a été décantée pendant une minute, le surnageant filtré à travers une série de trois tamis : un tamis de 150 μ m, un tamis de 75 μ m et un tamis de 38 μ m qui retient les nématodes. Après une période de décantation d'une heure, la suspension a été réduite à un culot d'environ 5 ml à l'aide d'une pipette pasteur muni de poire. Le volume d'eau a été maintenu au culot ou ajusté à 25ml pour obtenir une concentration ad hoc de nématodes adapté à une bonne observation sous stéréoscope.

1.4.1.2. La technique de Baermann (1917) modifiée

Chaque échantillon de sol a été entouré d'un papier de type «kleenex», puis placé sur un tamis PVC de maille 1 mm. L'ensemble est déposé dans une assiette. De l'eau est ensuite ajoutée sur l'échantillon de façon à l'humidifier complètement. Après 48 heures, la totalité de l'eau du récipient est passée sur un tamis de

maille 38 μ m de manière à conserver une suspension d'environ 25 ml. De cette suspension une solution aliquote de 5 ml est observée sous un microscope au grossissement 40x.

1.4.3. Fixation des nématodes

Les nématodes ont été tués par immersion dans une solution bouillante de FA composée de formalin 10 ml ; acide acétique glacial 1 ml ; eau distillée 89 ml, (Coyne *et al.*, 2007). La technique consiste à ajouter la solution FA chauffée sur la suspension de nématodes à volume égal dans un petit flacon muni de bouchon. Le comptage des nématodes a été fait à l'aide de stéréoscope au grossissement 40x.

1.4.4. Observations

La suspension est alors homogénéisée à l'aide d'une pipette en aspirant et en insufflant la solution, puis on dépose un aliquote de 5 ml dans une cellule de comptage quadrillé et observé au microscope à potence inversée de type PARALUX.

Les nématodes sont observés au grossissement 40x et identifiés au niveau de la famille et du genre puis comptés. Les résultats sont rapportés au nombre de nématodes par kg de sol.

1.4.5. Détermination générique et comptage de nématodes

Cette détermination générique des nématodes phytoparasites a été faite à l'aide d'une clé de détermination (Mai et Mullin, 1996) et des caractères morphologiques discriminants: la forme de la tête ; la taille et la forme du stylet ; la position de la vulve ; le recouvrement de l'intestin par les glandes œsophagiennes ; l'habitus ; la forme de la queue, son opacité (Mateille et Tavoillot, 2012).

Le dénombrement des genres de nématodes s'est effectué sous stéréoscope. Sur une suspension de nématodes de 25 ml (V), on prélève une solution aliquote de 5 ml (v) qu'on place dans une boîte de comptage à fond quadrillé pour le comptage.

II. Résultats

2.1. Les paramètres physicochimiques du sol

L'analyse de ces paramètres et leurs interprétations à partir du triangle des textures montrent que globalement tous les sites présentent des sols de type limono-sableux (LS).

Une analyse statistique des données brutes par site montre qu'à l'exception du pH tous les autres paramètres chimiques (carbone, azote, phosphore) varient significativement (ANOVA, p

< 0,05). Par contre l'analyse des données granulométriques montre qu'il n'existe pas de différence significative entre les valeurs des paramètres notées dans les différents sites (ANOVA, $p > 0,05$). Les moyennes des paramètres par site ont été calculées et rassemblées dans le tableau 1.

Tableau 1. Valeurs moyennes des paramètres physicochimiques des 5 stations : ns= non significatif ; n = significatif

Parametres	Anova	Signification
pH	0,06	ns
C %	0,03	s
N %	0,01	s
P ppm	0,01	s
Sable %	0,62	ns
Limon %	0,4	ns
Argile %	0,26	ns

L'évaluation de l'importance du peuplement nématodes en fonction des paramètres physicochimiques du sol a montré que la densité moyenne du peuplement la plus importante a été enregistrée à Daoudabougou (255 individus / kg), qui correspond aussi au site où les taux d'azote et de phosphore sont plus importants (Tableau 2): D'où la répartition des nématodes phytoparasites peut être due en partie à ces taux.

Tableau 2. Variation des taux de N et de P en relation avec la densité moyenne de nematodes
Légende : Sam = Samanko, Sot = Sotuba, Tié = Tiébani, Dao = Daoudabougou, Bag = Baguineda

Paramètre s	Sites				
	Sam	Sot	Dao	Tié	Bag
N%	0,01	0,01	0,05	0,04	0,04
P ppm	61,1 2	105,4 4	150,3 7	77,4 7	39,4 7
Densités de nématodes	224	84	255	187	111

2.2. Etude faunistique

2.2.1. Les nématodes parasites inventoriés

Au cours de cette étude qui a porté sur 92 sous échantillons (47 en 2015 et 45 en 2016), 9 genres de nématodes phytoparasites ont été inventoriés dans la rhizosphère des cultures prospectées

(Tableau 3). Selon le mode de parasitisme les nématodes sont repartis en quatre groupes trophiques : les ectoparasites, les endoparasites migrateurs, les endoparasites sédentaires et les semi endoparasites migrateurs.

Ces nématodes caractérisés sont en majorité des ectoparasites (5 genres dont *Tylenchorhynchus* est le plus fréquent). Les autres nématodes recensés sont des endoparasites migrateurs (*Pratylenchus*), des endoparasites sédentaires (*Meloidogyne* ; *Heterodera*) et des semi-endoparasites migrateurs (*Helicotylenchus* et *Scutellonema*).

Les nématodes identifiés sont repartis en 7 familles (Tableau 3) selon la classification (Mai et Mullin, 1996). Les genres *Meloidogyne*, *Heterodera*, *Pratylenchus*, *Scutellonema*, *Tylenchorhynchus* ont été retrouvés sur l'ensemble des sites prospectés et pendant les deux années. Le genre *Rotylenchus* a été rencontré dans 90 % des sites, *Helicotylenchus*, et *Tylenchus* ont été rencontrés dans 80 % des sites. *Hemicycliophora* a été rencontré dans moins de 50 % des sites.

Tableau 3: Récapitulatif des nématodes parasites recensés sur les différents sites et cultures prospectées.

Relations avec la plante	Familles	Genres
ES	Meloidogynidae	<i>Meloidogyne</i>
		<i>Heterodera</i>
Ec	Criconematidae	<i>Hemicycliophora</i>
	Belonolaimidae	<i>Tylenchorhynchus</i>
	Tylenchidae	<i>Tylenchus</i>
SeM	Hoplolaimidae	<i>Rotylenchus</i> , <i>Helicotylenchus</i> spp, <i>Scutellonema</i> spp
EM	Pratylenchidae	<i>Pratylenchus</i>

Légende: ES= endoparasites sédentaires, Ec= ectoparasites, SeM= semi endoparasites sédentaires, EM= endoparasites migrateurs

Au cours des deux années la tendance des moyennes n'a pas subi une grande variation. L'analyse statistique des densités moyennes annuelles montre qu'il n'y a pas de différence significative (test Student, $p = 0,5$). Pour *Helicotylenchus* et *Hemicyclophora* les moyennes n'ont pas subi de changement significatif alors que pour les autres genres les valeurs des moyennes ont nettement diminué en 2016 (Figure 2).

Densités moyennes de nématodes

Nématodes trouvés

Figure 2 : Variation des moyennes annuelles des genres de phytonématodes. Légende : HE= *Helicotylenchus*, HM= *Hemicyclophora*, MO= *Meloidogyne*, HT= *Heterodera*, PS= *Pratylenchus*, RO= *Rotylenchus*, SC= *Scutellonema*, TO= *Tylenchorhynchus*, TS= *Tylenchus*

III. Discussions

3.1. Relations nématofaune et paramètres physico-chimiques

De l'analyse des paramètres physicochimiques de sol nous n'avons pas observé une influence perceptible de tous les paramètres sur les proportions et / ou la répartition des nématodes. Ce fait peut s'expliquer par les actions combinées et simultanées des paramètres, de sorte que l'influence spécifique de chaque facteur est impossible à séparer des autres. Ce résultat est conforme à l'idée de Chaussod *et al.*, (2007) qui définissent le sol comme étant un milieu complexe dont les caractéristiques physiques, chimiques et biologiques dépendent de plusieurs facteurs qui agissent en interaction. Parmi ces facteurs il y a le type pédologique, le système de culture et les pratiques culturales. Il concorde également à la définition émise par Janvier (2007) pour qui le sol comme une ressource vivante, finie et dynamique. Elle explique que la santé d'un sol résulte d'interactions multiples entre les composantes physico-chimiques et biologiques, notamment les communautés microbiennes, primordiales pour le fonctionnement d'un sol.

Pour les paramètres tels que le Phosphore et l'Azote, nous n'avons pas observé une variation significative (ANOVA, $p < 0,05$). Leurs effets sur le comportement des peuplements de nématodes sont plus intéressants si nous disposons des seuils admis par les espèces.

Les teneurs de ces paramètres varient d'un site à l'autre, mais leurs relations spécifiques avec les

densités de nématodes, même si elles existent ne sont pas perceptibles.

3.1. Les nématodes phytoparasites Variations des groupes trophiques

Les nématodes trouvés sont classés dans quatre groupes trophiques : les ectoparasites migrants représentés par 4 genres (*Hemicyclophora*, *Tylenchorhynchus*, *Rotylenchus*, et *Tylenchus*), les endoparasites migrants présentent un genre (*Pratylenchus*), les endoparasites sédentaires présentent deux genres (*Meloidogyne* et *Heterodera*) et enfin les semi-endoparasites migrants qui sont représentés par deux genres (*Helicotylenchus* et *Scutellonema*). Ces groupes ont été trouvés dans les 5 stations.

Sur l'ensemble des deux années, les endoparasites sédentaires (55%) sont les plus importants sur l'ensemble des cinq sites, contre 19% pour les ectoparasites. Les semi-endoparasites et les endoparasites migrants (13% chacun) sont globalement moins denses que les deux premiers groupes dans tous les sites.

La succession des saisons, marquée par des variations de température et d'humidité est d'une importance capitale pour les micro-organismes du sol, dont les nématodes (N'Diaye, 1994).

Malgré cette influence de la température et de l'humidité il n'y a pas eu une grande variation saisonnière des densités de nématodes. Les densités moyennes les plus élevées de 2015 à 2016 ont été notées pendant la période froide et la période chaude, respectivement 624 et 596 nématodes / kg de sol. Pendant la saison des pluies la densité baisse légèrement à 594 nématodes / kg de sol. Les eaux de ruissellements, d'irrigations et d'inondations qui les entraînent peuvent expliquer en partie cette différence.

Un nombre important de ces parasites est drainé par les eaux à travers les champs suivant la pente des bassins versants (Diop, 1995). La conséquence directe de ce transport est une infestation massive des champs ou des jachères qui sont traversés par ces eaux.

-Les genres de phytonématodes du sol observés

L'étude faunistique nous a permis de recenser 9 genres de phytonématodes appartenant à cinq familles dans la rhizosphère des cultures prospectées. Les genres rencontrés sont : *Hemicyclophora*, *Helicotylenchus*, *Meloidogyne*,

Heterodera, *Pratylenchus*, *Rotylenchus*, *Scutellonema*, *Tylenchorhynchus* et *Tylenchus*. *Hemicycliophora* est rarement présents à Sotuba et Daoudabougou. Il n'a pas été trouvé à Tiébani et à Samanko.

De nombreuses études effectuées sur les nématodes des cultures à travers le monde ont signalé l'importance de ces nématodes. Nos chiffres sont inférieurs aux 18 genres trouvés en Algérie par Hoceini et al. (2014) dans les zones viticoles. Il a signalé l'importance du genre *Xiphinema*. Les chiffres sont aussi faibles si nous les comparons aux 11 trouvés au Niger par Haougui et al., (2017) sur le morhinga dans la zone périurbaine de Niamey, aux 10 associés à la culture de la canne à sucre rapportés par Kouame et al. (2018) en Côte d'Ivoire. Ils sont conformes aux 9 trouvés au Congo (Loubana, 1993). Ils sont par contre supérieurs au 8 associés aux solanacées rapportés par Haougui et al. (2013), et aux 5 trouvés en Algérie par Djemai et al. (2014). Cette différence entre nos résultats et ceux des chercheurs qui ont trouvé une diversité plus importante peut être due en partie à la technique d'extraction utilisée. La plupart d'entre eux ont utilisé la méthode d'élutriation d'Oostenbrinck. Ces dispositifs plus performants faisant défaut, nous nous sommes contentés de la technique de Baermann modifiée d'accès facile pour nous faire une idée du niveau de pullulation des peuplements de nématodes dans les sites maraîchers de Bamako et environs.

Le genre le plus important en termes d'effectif est *Meloidogyne*. Les résultats des deux années montrent que sa plus grande valeur de densité a été notée sur le site maraîcher de Baguinéda, en 2015 pendant la période froide avec une densité de 3520 larves par kg de sol. Cependant dans les autres sites c'est *Heterodera* qui est le plus représentatif avec des densités allant de 1970 individus / kg de sol à Sotuba à 900 individus à Tiébani.

En 2016 l'effectif le plus important a été observé dans la zone maraîchère de Sotuba avec une densité de 2690 larves de *Meloidogyne* / kg de sol. Ces résultats sont conformes à ceux trouvés au Burkina Faso (Sawadogo et Laurent, 1995). Ils trouvent que le genre *Meloidogyne* cause une chute de rendement de 60 à 80 % sur la tomate.

Partout ailleurs, il est le mieux représenté sauf à Baguinéda où *Pratylenchus* s'est montré le plus important avec 600 nématodes / kg de sol. Cette

importance des populations de *Pratylenchus* confirme la fréquence de 33,3 % dans le sol maraîcher du Sénégal (Diongue, 1996).

Quel que soit la saison, le site ou la plante divers peuplements de nématodes ont été trouvés dans la rhizosphère des cultures conformément à la situation nématologique des zones tropicales et subtropicales où plusieurs plantes sont simultanément attaquées par plusieurs espèces de phytonématodes (Mateille et Cadet, 1993).

Cette diversité plurigénérique observée dans les différents sites et plantes prospectés peut s'expliquer par les pratiques culturales.

Dans notre cas précis, plusieurs cultures différentes sont le plus souvent exploitées sur une même parcelle. Les cultures pérennes comme le papayer (*Carica papaya*) et la citronnelle (*Cymbopogon citrius*) que nous avons trouvé sur des parcelles de Sotuba et Daoudabougou, peuvent servir d'hôte à plusieurs espèces de nématodes. Le papayer par exemple est reconnu être un réservoir permanent de contamination des cultures maraîchères (Haougui, 1999). Dans ces conditions le parasitisme de ces genres de nématodes sur les cultures maraîchères n'est pas tout à fait évident.

Conclusion :

Cette étude nous a permis d'analyser des échantillons de sol et des racines. Les nématodes de quatre groupes trophiques (les ectoparasites, les endoparasites migrants, les endoparasites sédentaires, les semi endoparasites) ont été quantifiés. Au total 9 genres de phytonématodes appartenant à 5 familles, tous du même ordre (Tylenchida), et deux familles qui n'ont pas pu être déterminés au niveau genre ont été rencontrés dans les sites et les cultures prospectés.

La succession des saisons n'a pas eu une grande influence sur la répartition des nématodes, parce que dans les sites maraîchers il n'y a pas de périodes transitoires comme dans les jachères. L'irrigation permanente des parcelles et la température instaurent un microclimat favorable à la multiplication des nématodes.

Les paramètres chimiques à l'exception du pH varient significativement d'un site à l'autre (ANOVA, $p < 0,05$). Pour ce qui concerne les paramètres granulométriques, il n'y a pas de différence significative entre les taux de sable d'argile et de limon dans les différentes stations (ANOVA, $p > 0,05$).

Remerciements

Nos vifs remerciements s'adressent à tous ceux dont la compétence et la disponibilité ont contribué dans ce travail, spécialement à Dembélé S (Coordinateur du programme de formation des formateurs, Rectorat USTTB), tout le personnel du Laboratoire Sol Eau Plante de Sotuba (Bamako).

Note biographique des auteurs

Dr. Boubacar K. TOURE, Biologiste, Ecologie Maitre-assistant, Faculté des Sciences et des Techniques, USTTB Bamako, Mali

Pr. Mohamed Maïga : Professeur Titulaire au Département de Biologie, Faculté des Sciences et des Techniques, USTTB Bamako, Mali

Dr. Doulaye Dembele : Directeur de recherches CNRS Strasbourg, France

Dr. Souleymane Dambé Maitre-assistant Département de chimie, Faculté des Sciences et des Techniques, USTTB Bamako, Mali

Dr. Yacouba Maiga, Ingénieur zootechnicien, Ecologie Maitre-assistant Département de Biologie, Faculté des Sciences et des Techniques, USTTB Bamako, Mali

Références bibliographiques

Agrios, G.N. 2005. Plant diseases caused by fungi. *Plant pathology*, 385-614.

Baermann, G. 1917. Ein einfache methode zur Auffindung von Ankylostomum (nematoden) larven in Erdproben. *Geneesk. Tijdschrift Ned-indie* 57, 131-137.

Cayrol, J.C., Djian-Caporalino, C., Panchaud-Mattei, E. 1994. La lutte biologique contre les nématodes phytoparasites. *Dossier de la Cellule Environnement* n°17. INRA, 5:161-174.

Chaussod, R., Breuil, M.C., Nouaim, R., Lévêque, J. 2007. Les sols viticoles : biologie et gestion durable. *Viticulture durable et environnement*. Ed. Station Régionale ITV, Midi-Pyrénées, France, 25.

CILSS 2004. Normes de consommation des principaux produits alimentaires dans les pays du CILSS. 67.

Coyne, D.L., Nicol, J.M., Claudius-Cole, B. 2007. *Practical plant nematology: a Field and laboratory guide*. SP-IPM. Secretariat, International Institute of Tropical Agriculture (IITA), Cotonou, Benin. 82.

Djemai, I., Bounaceur, F., Millat-bissaad, F.Z., Nebih, D. et Hoceini, F. 2014. Les nématodes inféodés aux Solanacées sous serres de la région de Biskra (Algérie). 10^e conférence internationale sur les ravageurs en agriculture. Montpellier 22 et 23 Octobre 2014. 9.

Diongue, A. 1996. *Initiation à la nématologie. Application aux cultures maraichères. Rapport de stage des techniciens supérieurs en protection des végétaux*. DFPV (Département de Formation en Protection des végétaux ; Niamey- Niger. 52.

Diop, L. 1995. *Transport passif des nématodes phytoparasites dans l'eau de ruissèlement à Thyssé-Kaymor (Niore du Rip. Sénégal)*. Mémoire de DEA., UCAD, 36.

Haougui, A. 1999. *Les nématodes parasites des cultures maraichères au Niger. Importance et méthodes de lutte par l'utilisation de plantes*. Thèse de Doctorat du CARFOP. Université Dschang, Cameroun.

Haougui, A., Basso, A., Mossi, M.I. 2017. *Les nématodes parasites du Moringa dans la zone périurbaine de Niamey*. Institut National de la Recherche Agronomique du Niger. 10.

Haougui, A., Basso, A., Abdou, H.O., Sidikou, R.D.S. and Adam, T. 2013. *Characterization of plant-parasitic nematode communities associated with tomato,*

eggplant and pepper in the suburban area of Niamey (Niger). *International Journal of Agriculture and Crop Sciences. Intl J Agri Crop Sci. Vol., 5 (20), 2488-2494.*

Hoceini, F., Bounaceur, F., Berrabah, D., Hoceini, A., Doumandji-Mitiche, B., Nebih, D. 2014. *Diversité et structure trophique des nématodes dans quelques zones viticoles en Algérie*. 10^e conférence internationale sur les ravageurs en agriculture. Montpellier 22 et 23 Octobre 2014. 8.

Janvier, C. 2007. *Recherche d'indicateurs de la santé des sols*. Thèse de Doctorat, INA, Paris Grignon, 217.

Kouame, K.D., Nandjui, J., Kassi, K.F.J-M., Kouassi, K.C., Bringa, K.G., Dove, J.H., Seelavarn, G. 2018. *Etude du peuplement de nématodes associés à la culture de la canne à sucre dans les périmètres sucriers de Cote d'Ivoire*. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 2018. Vol.37, Issue 1: 5985-5996. ISSN 2071-7024.

Loubana, P.M. 1993. *Les nématodes parasites des cultures maraichères au Congo. Identification par électrophorèse des espèces de Meloidogyne et caractérisation de leur virulence*. Thèse de Doctorat 3^e cycle du CARFOP/Université de Dschang au Cameroun.

Mai, W.F. et Mullin, P.G. 1996. *Plant-parasitic nematodes: a pictorial key to genera*. Cornell University Press, New York, USA, 277.

Mateille, T. et Cadet, P. 1993. *Influence de trois nématodes phytoparasites sur le bananier Musa acumunata : Synthèse et perspectives*. In : *Agriculture intensive dans les îles de la Caraïbe : enjeux, contraintes et perspectives*. Annual Meeting, 29. ; Fort de France. 352-368.

Mateille, T. et Tavoillot, J. 2012. *Identifier les maladies et les ravageurs*. IRD. Montpellier. Site : ephytia. INRA.fr. Consulté le 8 Février 2016 à 11 heures.

Ministère de l'Agriculture du Mali, 2018. *Statistiques de la Direction Nationale de l'Agriculture sur la production des cultures maraichères*. Aout 2018. 09.

Ministère de l'Agriculture du Mali, 2016. *Annuaire de statistique 2015 du secteur de développement rural*. 133.

Ministère du Développement Rural, 2001. *Etude de la capitalisation de l'information sur la filière fruits et légumes*. 39.

N'Diaye, N'D. 1994. *Caractérisation spatio-temporelle des nématodes phytoparasites de la zone protégée de M'Bour. Sénégal*. Mémoire de DEA. UCAD, 80.

Sasser, J.N. and Carter, C.C. 1985. *An advanced treatise on Meloidogyne*. Volume I. Biology and Control. Raleigh, North Carolina State University Graphics.

Sasser, J.N. 1979. *Economic importance of Meloidogyne in Tropical countries*. PP 359-374. In Lamberti and CE. Taylor Eds. *Root-knot nematodes: systematics, biology and control*. London academic Press

Sawadogo, A. Thio, B. et Laurent, K. 1995. *La rotation culturale comme moyen de lutte contre les nématodes à galles (Meloidogyne) de la tomate dans l'Ouest du Burkina Faso*. *Nuisibles-Pests-Pragas*. 2.