

Effet de l'application des endomycorhizes en replantation annuelle de bananiers sur deux nématodes endomigrateurs: *Radopholus similis* et *Pratylenchus coffeae* et les rendements des bananiers plantain en Côte d'Ivoire

[Effect of the application of endomycorrhizae in annual replanting of bananas on two nematodes *Radopholus similis* and *Pratylenchus coffeae* and the yields of plantains in Côte d'Ivoire]

Vawa Otro Serge Théodore¹, Seri Serge Pacome², Gnonhoury Goly Philippe³, Adiko Amoncho¹, and Otchoumou Atcho⁴

¹Station de Recherche de Bimbresso, Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), Abidjan, Côte d'Ivoire

²UFR Bioscience, Université Felix Houphouët Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire

³Station de Recherche de Bimbresso, Programme Plantain Banane Ananas, Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), Abidjan, Côte d'Ivoire

⁴UFR Science de la Nature, Université Nangui Abrogoua, Abidjan, Côte d'Ivoire

Copyright © 2021 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The study was carried out as part of the sustainable increase in plantain production and as part of the strategy to contribute to achieving food security. In banana growing, the use of successive suckers for the next growing cycles without any measure of sanitation of the planting material contributes to the increase of nematodes in plantation. this study objective is to manage nematode populations through cultural practices. The CORNE 1 variety was planted at high density (2,500 plants / ha) in a device involving four treatments: two cycles without endomycorrhizae application, two cycles with endomycorrhizae application, annual replanting with endomycorrhizae application, annual replanting without endomycorrhizae application. Replanting took place 0.8 m from the fruiting stand of the previous growing season. The trial lasted three growing seasons. Nematode infestations are concentrated (80 %) within a radius of 50 cm around the fruiting foot. In addition, the lowest infestations of nematodes were observed with annual replanting with or without endomycorrhizae. This resulted in yields which remained high ($P < 0.05$; Fisher test) in the second (35 t/ha) and third growing season (33 t/ha) and which were statistically comparable to that obtained at the first season (35 t/ha). In continuous cultivation, on the contrary, reductions in yields of 41.4 % and 63.5 % were recorded respectively in the second and third growing seasons. The use of vivoplants in annual replanting with endomychores offers the possibility of cultivating organic plantain without using nematicides.

KEYWORDS: *Radopholus similis*, *Pratylenchus coffeae*, Endomycorrhizae, Organic control, continuous cultivation, annual replanting.

RESUME: L'étude a été menée dans le cadre de l'accroissement durable de la production de bananier plantain. En culture continue du bananier, le recours aux rejets successeurs pour les cycles prochains de culture, sans aucune mesure d'assainissement du matériel de plantation contribue à l'accroissement des nématodes. L'objectif de cette étude est de gérer les populations des nématodes par les pratiques culturales. La variété CORNE 1 a été plantée à 2 500 plants/ha, dans un dispositif impliquant quatre traitements: Culture continue sans endomycorhizes, culture continue avec endomycorhizes, culture replantée avec endomycorhizes, culture replantée sans endomycorhizes. La replantation a eu lieu à 0,8 m du pied

fructifère de la saison de culture précédente. L'essai a duré trois saisons de culture. Les infestations de nématodes sont concentrées à plus de 80 % dans un rayon de 50 cm autour du pied mère. Les plus faibles infestations de nématodes ont été observées avec la replantation annuelle avec ou sans endomycorhizes. Il en a résulté des rendements qui sont restés élevés ($P < 0,05$; test de Fisher) à la première et deuxième saisons de culture (35 t/ha) et troisième saison de culture (33 t/ha). En culture continue au contraire, des baisses de rendements de 41,4 % et de 63,5 % ont été enregistrées respectivement à la deuxième et troisième saison de culture. L'usage de vivoplants en replantation annuelle avec les endomycorhizes offrent une possibilité de faire la culture biologique du bananier plantain sans usage de nématicide.

MOTS-CLEFS: *Radopholus similis*, *Pratylenchus coffeae*, Endomycorhizes, Gestion biologique, Culture continue, Replantation annuelle.

1 INTRODUCTION

En Côte d'Ivoire, la production de plantain est évaluée à 1,9 millions de t/an et sa consommation est estimée entre 80 et 120 kg/habitant/an. Elle occupe en volume le 3^{ème} rang des cultures vivrières après l'igname (5,5 millions de t/an) et le manioc (2,3 millions de t/an) [1]. Cependant, sa production demeure inférieure à la demande nationale. Cette situation est due en partie aux pratiques culturales inappropriées et aux matériels de plantation utilisés. En effet, les bananiers sont cultivés en association avec d'autres cultures vivrières ou industrielles [2] et les plantations sont créées à partir des rejets aux faibles potentiels de production et demeurent en place pendant plusieurs cycles de culture sans aucunes mesures phytosanitaires [3]. Cette pratique culturale conduit à un déclin de la production d'un cycle de production à un autre et favorise un accroissement de la pression parasitaire [4]. Outre les insuffisances des pratiques culturales, les bananiers sont menacés par des nématodes. Les dégâts causés par ceux-ci sont estimés à plus 75 % de pertes de rendement [5]. La lutte contre ces nématodes est essentiellement chimique, par l'emploi des nématicides systémiques, de types carbamates ou organophosphorés. Ces produits chimiques sont des biocides généraux [6] et entraînent des risques importants de pollution des milieux naturels et des dangers potentiels pour la santé humaine et animale. L'intégration de ces inconvénients nécessite donc de trouver des méthodes alternatives de lutte, non toxiques pour la plante, respectueuses de l'environnement et moins onéreuses. Avec la pression démographique, la rareté des terres arables et la pullulation des nématodes, la culture du plantain requiert des techniques de production novatrices et optimisées qui doivent allier la gestion des nématodes, la production accrue et durable des bananeraies et la protection de l'environnement. Dans cette perspective, la replantation annuelle des bananiers à base de vivoplants en association avec des endomycorhizes semble être une alternative à la production durable sans usage de pesticides.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 MILIEU D'ÉTUDES

L'étude a été réalisée dans le département de Tiassalé, Côte d'Ivoire. Cette localité est située au Sud de la Côte d'Ivoire, à environ 120 km au Nord d'Abidjan, entre les Latitudes Nord 5°56'53; 5°56'51 et les Longitudes Ouest 4°51'06; 4°51'06 et à 50,5 ± 0,5 m d'altitude (Figure1).

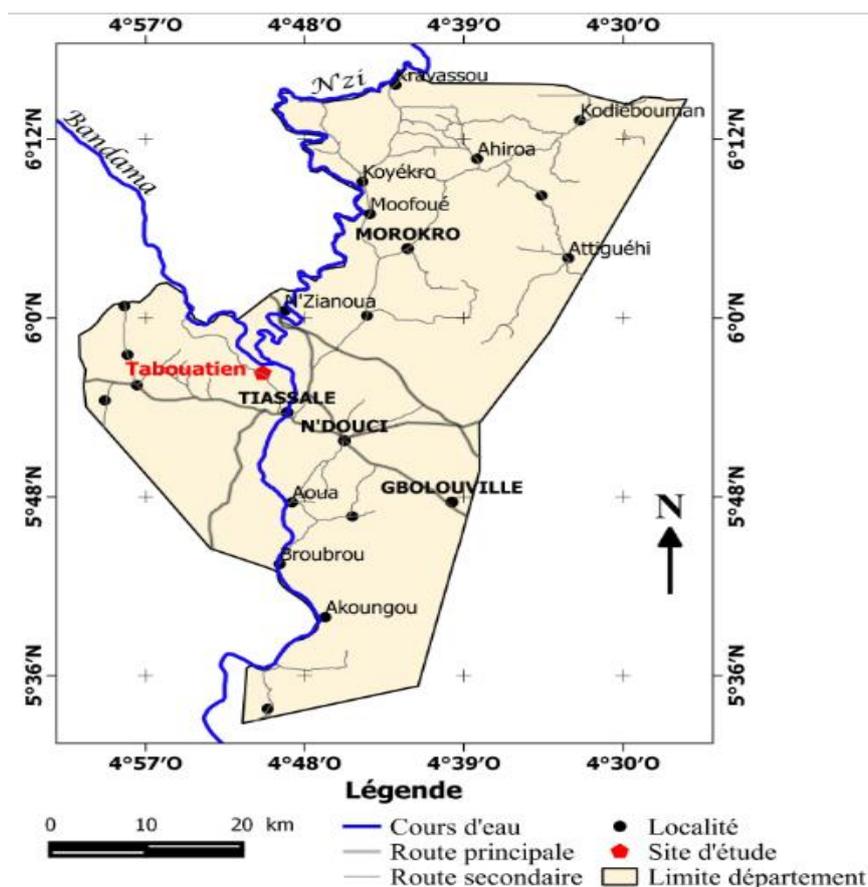


Fig. 1. Localisation du site d'étude (Vava, 2015)

La parcelle expérimentale se situe dans la forêt humide semi décidue du domaine Guinéen caractérisée par un climat de type Sub-équatorial. La température annuelle moyenne a été de $26,99 \pm 1,28$ °C. Les hauteurs de pluie moyennes mensuelles ont été de $128,83 \pm 104,01$ mm. L'humidité relative moyenne de l'air ambiante a été de $85 \pm 1,5$ %. L'insolation moyenne a varié entre $1900 \pm 101,98$ à $2000 \pm 101,98$ heures/an. Le sol est ferrallitique, remanié faiblement induré et appauvri. La composition physico chimique des 20 premiers centimètres de l'horizon du sol est de 70,21 g d'argile/kg de sol, de 8,29 g de limon fin/kg de sol, de K^+ (cmol kg^{-1}). Le relief est plat et peu accidenté. La faune du sol est caractérisée par une richesse et une diversité biologique importantes. Avant la mise en place de l'essai, l'analyse de la nématofaune a révélé $15 \pm 6,24$ *Radopholus similis* et $13 \pm 2,64$ *Pratylenchus coffeae* par kg de sol. Cette localité dispose d'un réseau hydrographique constitué d'un grand fleuve, le Bandama.

2.2 MATERIEL

2.2.1 MATÉRIEL DE PLANTATION

Le cultivar Corne 1 a servi de matériel de plantation. Il est originaire de la Côte d'Ivoire, et appartient au groupe génomique AAB. Il est issue d'un croisement de *Musa accuminata* et de *Musa balbisiana* [7]. C'est une variété locale, majoritairement cultivée en zone humide et consommée en Côte d'Ivoire [8].

2.2.2 MATÉRIEL PARASITAIRE

Radopholus similis et *Pratylenchus coffeae* constituent les parasites. Ce sont deux nématodes endoparasites migrants, de la famille des Pratylenchidae. Ils font tout leur cycle de vie à l'intérieur de la cellule parasitée. Ces deux nématodes représentent à eux seuls plus de 60 % de la nématofaune rencontrée dans les plantations de bananier Ivoiriennes et causent plus de 90 % des pertes de production liées aux parasites telluriques en Côte d'Ivoire [9]. *R. similis* est un nématode foreur des pieds de bananier. Les mâles sont assez rares. La vulve est médiane, à 50 ou 60 % de la longueur du corps. Les tubes génitaux chez les

femelles sont deux et développés. La queue chez les femelles est un peu conoïde et allongée, avec une terminaison arrondie ou indentée. La queue chez les mâles est allongée, conoïde, arquée ventralement. Les bourses s'étendent sur les deux tiers de la longueur de la queue. Quant à *P. coffeae*, les mâles sont assez rares. La queue est convexe et conoïde. Les bourses s'étendent jusqu'à l'extrémité de la queue. La vulve est nettement postérieure, à 70 ou 80 % de la longueur du corps. Seul le tube antérieur est développé chez les femelles. La queue chez les femelles est conoïde, ventralement concave. Les terminaisons sont grossièrement arrondies, tronquées ou irrégulièrement crénelées.

2.2.3 MATÉRIEL FONGIQUE

Le champignon endomycorhizien est une formulation conditionnée sous forme de poudre. Il est constitué d'un complexe de champignons biostimulants (*Glomus mosseae*, *Glomus intraradices*, *Glomus etanicatum*, *Glomus spurka* et de *Scutellospora dipurpurens*) et de champignons produisant des toxines nématocides (*Trichoderma longibrachium*).

2.3 METHODES

2.3.1 DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

Les bananiers ont été plantés dans un dispositif de plantation en lignes jumelées à raison de 1,6 m sur la ligne et 2 m entre une double ligne. Les lignes jumelées ont été séparées entre elles par des couloirs de 3 m, donnant une densité de plantation de 2500 pieds/ha. Le dispositif est constitué de quatre blocs de culture, avec quatre parcelles élémentaires par bloc. Une parcelle élémentaire est constituée de 56 plants dont 26 plants de bordure et 30 d'observations. Quatre traitements ont été distribués dans un bloc de Fisher complètement randomisé. Les traitements appliqués sont: culture continue sans application d'endomycorhizes (Témoin), culture continue avec application d'endomycorhizes, culture replantée avec application d'endomycorhizes et culture replantée sans application d'endomycorhizes.

2.3.2 CONDUITE CULTURALE

Les vivoplants de bananiers ont été plantés dans des trous de 30 x 30 x 40 cm de profondeur. A la plantation, 166,6 g de dolomie et 133 g de phosphate tricalcique ont été apportés dans chaque trou de bananier plantain comme engrais de fond. A partir de deux mois de végétation, 22 g d'urée et 55 g de chlorure de potasse ont été appliqués en large couronne de 30 cm autour de chaque pied de bananier chaque mois jusqu'à la floraison. Le champignon endomycorhizien a été appliqué en couronne large de 30 cm autour des pieds de bananier à raison de 200 g/pied. Le fongicide Chlorothalonil (720 g/l) a été appliqué sur les feuilles des bananiers pour 2 l/ha tous les 30 jours à partir du 4^{ème} mois, après plantation jusqu'à la fructification. Les parcelles ont été irriguées 5 fois par semaine à raison de 5 mm d'eau par jour. L'effeuillage a été réalisé au besoin lorsque les bananiers ont atteint un mètre de hauteur. L'œilletonnage a été réalisé mensuellement sur les pieds de bananier. Pour les parcelles en culture continue, un rejet successeur a été choisi à partir de la récolte. Un désherbage manuel a été réalisé chaque deux mois. Chaque bananier a été tuteuré à la floraison.

2.3.3 SUIVI D'UN GRADIENT D'INFESTATION LE LONG DU PROFIL RACINAIRE

Le gradient d'infestation a servi d'indicateur à l'établissement des nouvelles lignes de culture par rapport à celle de la culture précédente dans une zone où le niveau d'infestation serait potentiellement le plus faible possible. Au 2^{ème} et 3^{ème} cycle de culture, un suivi régulier des populations de nématodes à deux distances à partir du pied fructifère entre 0 et 0,5 m et entre 0,5 m et 1 m à 40 cm de profondeur a été réalisé.

2.3.4 MÉTHODES D'ÉCHANTILLONNAGE

Les prélèvements de racines ont été faits au cours de trois stades végétatifs de développement des bananiers plantain: en fin de la phase de croissance (à 182, 186 et 192 jours après plantation respectivement au premier, second et troisième cycle de culture), à 50 % de floraison (à 243, 249 et 255 jours après plantation respectivement au premier, second et troisième cycle de culture) et à 95 % de récolte (à 324 jours après plantation). A chaque stade végétatif, les échantillons ont été collectés en creusant une excavation de diamètre [0 m; 0,5 m [et] 0,5 m; 1 m [à 40 cm de profondeur tangentielle] à la souche du bananier plantain.

2.3.5 EXTRACTION DES NÉMATODES ENDOMIGRATEURS

Les nématodes ont été extraits des racines par la technique de double centrifugation [11]. Le dénombrement de chacune des espèces de nématodes a été réalisé sous une loupe binoculaire [12]. Les résultats obtenus ont été exprimés en nombre d'individus pour 1 g de racines fraîches.

2.3.6 EVALUATION DES PARAMÈTRES DE PRODUCTION DES BANANIERES

2.3.6.1 DÉTERMINATION DE LA PÉRIODE DE PLANTATION RÉCOLTE (IPR) DES BANANIERES

Le régime de bananier plantain atteint la maturité physiologique à 80 jours après la floraison. Sur cette base, la date de floraison de chaque bananier plantain est suivie et consignée sur une fiche parcellaire. La floraison est considérée effective lorsque le bout de la fleur apparaît à l'extrémité du pseudotrunc. Ainsi, l'intervalle plantation récolte (IPR) est la période qui s'écoule entre la date de mise en terre des rejets et la date de coupe. Elle a été exprimée en jour (J).

$$\text{IPR (J)} = \sum (\text{dF} - \text{dP}) + 80 / \text{N}$$

IPR: intervalle plantation-récolte en jours, *dF*: Date de floraison de chaque bananier, *dP*: Date de plantation des bananiers, *N*: Nombre total de plants récoltés

2.3.6.2 EVALUATION DES RENDEMENTS DES BANANIERES

Lorsqu'un régime de bananier atteint 80 jours après floraison, il est récolté. Il est pesé à l'aide d'une balance de Marque SALTER et rangé en fonction du traitement appliqué à la parcelle. Le rendement potentiel par traitement et par cycle de production (kg) a été déterminé par la somme des masses du nombre de pieds de bananiers collectée par traitements. Le rendement potentiel par traitement et par cycle de production (kg) a été converti par pied récolté.

$$\text{Rdmt/pied (Kg)} = \sum M_n / n$$

M: masse (Kg) du régime de bananier récolté; *n*: Nombre total de régimes de bananier récolté; *Rdmt*: Rendement potentiel des bananiers obtenu par traitement; *Rdmt/pied*: Rendement potentiel des bananiers obtenu par pied.

2.3.7 MÉTHODES D'ANALYSES DES DONNÉES

Les densités de nématodes ont été transformées en log (x+1) et les proportions en arc sinus (x) avant les analyses statistiques. Les analyses de variances et les moyennes ont été discriminées à l'aide du test de la Plus Petite Différence Significative au seuil de 5 % de Fisher, P valeur seuil 5 %. Le logiciel Statistica 9.0 a été utilisé pour les analyses.

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 DYNAMIQUE DES POPULATIONS DES NÉMATODES EN FONCTION DES STADES VÉGÉTATIFS

Les populations cumulées de nématodes *Radopholus similis* collectées ont été estimées à 19,40 % avant floraison, 59,20 % à la floraison et 21,40 à la récolte. Celles de *Pratylenchus coffeae* sont respectivement de 28,95 % avant floraison, 53,43 % à la floraison et 17,61 % à la récolte. Aux trois stades de développement végétatif, les populations de *Radopholus similis* et *Pratylenchus coffeae* ont été statistiquement différentes entre elle (Tableau 1).

Tableau 1. Niveaux d'infestation de *Radopholus similis* et *Pratylenchus coffeae* (%) à trois stades végétatifs

	Avant floraison	Floraison	Récolte	F	P
<i>R. similis</i> (%)	19,4 ± 106,62 b	59,2 ± 224,60 a	21,4 ± 116,89 b	11,05	0,000036
<i>P. coffeae</i> (%)	28,95 ± 186,30 b	53,43 ± 401,80 a	17,61 ± 280,38 b	5,32	0,005981

*Pour les analyses statistiques, les proportions de nématode ont été transformées en arc sin ($x/100$). Les moyennes sur une même ligne suivies par la même lettre ne sont pas significativement différentes ($P \leq 0,05$) selon le test PPDS de Fischer. P: Seuil de probabilité, F: Valeur statistique de l'ANOVA 1.

3.2 DISTRIBUTION DES NÉMATODES LE LONG DU PROFIL RACINAIRE

Quelque soit le stade végétatif des bananiers, plus de 80 % des infestations racinaires des deux espèces de nématodes *Radopholus similis* et *Pratylenchus coffeae* ont été concentrées dans un rayon de 50 cm autour du pied fructifère; la seconde moitié des racines (de 0,5 à 1 m du pied fructifère) n'a abrité que des populations résiduelles, estimée autour de 19 %.

Tableau 2. Evolution du gradient d'infestation du profil racinaire

Périodes d'observation	Distance d'échantillonnage par rapport au pied fructifère (m)	% de nématodes / 100 g de racines fraîches	
		<i>R. similis</i>	<i>P. coffeae</i>
Avant floraison	[0 ; 0,5]	89,31 ± 23,57 a	90,40 ± 26,45 a
]0,5 ; 1]	10,68 ± 31,23 b	9,59 ± 7,60 b
Floraison	[0 ; 0,5]	80,79 ± 9,44 a	85,65 ± 2,9 a
]0,5 ; 1]	19,20 ± 7,78 b	14,34 ± 6,08 b
Récolte	[0 ; 0,5]	86,82 ± 3,94 a	93,03 ± 13,45 a
]0,5 ; 1]	13,17 ± 1,2 b	6,96 ± 4,32 b

*Pour les analyses statistiques, le nombre de nématode a été transformé en arc sin (x). Les moyennes dans une même colonne suivies par la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil $\alpha = 0,05$ selon le test PPDS de Fischer.

3.3 EFFETS DES PRATIQUES CULTURALES SUR LES INFESTATIONS DE RADOPHOLUS SIMILIS ET PRATYLENCHUS COFFEAEE DANS LES RACINES DE PLANTAIN AU 2ÈME ET 3ÈME CYCLES

Les pratiques culturales réalisées au 2^{ème} et 3^{ème} cycles de culture ont variablement influencé les niveaux de populations des deux espèces de nématodes. La replantation annuelle de bananier plantain avec application d'endomycorhizes (CRE) a donné les plus faibles densités de nématodes *R. similis* et *P. coffeae* à tous les stades de développement végétatifs: avant floraison respectivement au second et troisième cycles (729 ± 3,02; 894 ± 1,2 nématodes /100 g de racines fraîches), à la floraison respectivement au second et troisième cycle (905 ± 1,80; 983 ± 29,43 nématodes /100 g de racines fraîches) et à la récolte respectivement au second et troisième cycles (751 ± 22,16; 523 ± 38,67 nématodes /100 g de racines fraîches), avec une population maximale, observée à la floraison sur les deux cycles. Quant aux infestations des bananiers plantains replantés sans application d'endomycorhizes (CRSE), au cours du second cycle respectivement avant floraison, à la floraison et à la récolte 2479 ± 4,10; 3577 ± 6,5 et 2106 ± 2,5 nématodes /100 g de racines fraîches et au troisième cycle de culture respectivement avant floraison, à la floraison et à la récolte 2610 ± 52,52; 3672 ± 5,74 et 2472 ± 4,91 nématodes /100 g de racines fraîches, elles étaient statistiquement comparables à celles des parcelles restées en culture continue respectivement aux trois stades végétatifs d'observations, avant floraison, à la floraison et à la récolte, avec application d'endomycorhizes (CCE), 2577 ± 1,90; 3246 ± 2,6 et 1926 ± 1,90 nématodes /100 g de racines fraîches, au 2^{ème} cycle et 2709 ± 410,34; 2228 ± 317,57 et 2071 ± 248,47 nématodes /100 g de racines fraîches, au 3^{ème} cycle. Les infestations résultant de ces deux traitements (CRE et CRSE), au 2^{ème} et 3^{ème} sont statistiquement inférieures à celles des parcelles en culture continue sans application d'endomycorhizes (CCSE) ($P < 0,05$; Tableau 3)

Tableau 3. Effet des pratiques culturales sur les infestations de nématodes au second et troisième cycle de culture de bananier plantain

Pratiques culturales	Populations de nématodes/100g de racines fraîches à trois stades végétatifs de développement des bananiers					
	Avant floraison		Floraison		Récolte	
	Saison 2	Saison 3	Saison 2	Saison 3	Saison 2	Saison 3
CCSE	8832 ± 5,35 a	10317 ± 787,99 a	10325 ± 46,58 a	13758 ± 637,26 a	3831 ± 6,50 a	7199 ± 146,91 a
CCE	2577 ± 1,90 b	2709 ± 410,34 ab	3246 ± 2,60 b	2228 ± 317,57 ab	1926 ± 1,90 b	2071 ± 248,47 ab
CRSE	2479 ± 4,10 b	2610 ± 52,52 ab	3577 ± 6,50 b	3672 ± 5,74 ab	2106 ± 2,50 b	2472 ± 4,91 ab
CRE	729 ± 3,02 c	983 ± 29,43 b	905 ± 1,20 c	995 ± 22,16 b	751 ± 1,80 c	823 ± 38,67 b

*Pour les analyses statistiques, le nombre de nématode a été transformé en $\log(x+1)$. Les moyennes dans une même colonne suivies par la même lettre ne sont pas significativement différentes ($P \leq 0,05$) selon le test PPDS de Fischer.

*CCSE: Culture continue non traitée; CCE: Culture continue traitée; CSE: Culture replantée non traitée; CRE: Culture replantée traitée.

3.4 INFLUENCE DES 2ÈME ET 3ÈME SAISONS DE CULTURE ET DE L'APPLICATION DES NÉMATOCIDES SUR L'INTERVALLE PLANTATION RÉCOLTE (IPR) DES BANANIER REPLANTÉS

Les bananiers replantés qui n'ont reçu aucun endomycorhize (CRSE) au 3^{ème} cycle de culture ont enregistré un intervalle plantation récolte (IPR) de $359 \pm 0,82$ jours. Les bananiers replantés traités (CRE) à la 3^{ème} saison de culture ont enregistré un IPR de $336 \pm 0,50$ jours. Les bananiers replantés non traités (CRSE) à la 2^{ème} saison de culture ont enregistré un IPR de $348 \pm 0,59$ jours et les bananiers replantés traités (CRE) à la 2^{ème} saison de culture ont enregistré un IPR de $332 \pm 0,69$ jours (**Tableau 4**).

Il résulte des ANOVA, une différence très hautement significative ($P < 0,00005$) entre les bananiers replantés au 2^{ème} et 3^{ème} cycle.

Tableau 4. Intervalle plantation récolte (IPR) des bananiers replantés aux 2^{ème} et 3^{ème} saison de culture

Saison de culture	Pratiques culturales	Intervalle Plantation Récolte (jours)
Saison 2	CRE	$332 \pm 0,69$ d
Saison 2	CRSE	$348 \pm 0,59$ b
Saison 3	CRE	$336 \pm 0,50$ c
Saison 3	CRSE	$359 \pm 0,82$ a
F		2344,6
P		0,00005

*Les moyennes dans une même colonne suivies par la même lettre ne sont pas significativement différentes ($P \leq 0,05$) selon le test LSD de Fischer.

*CRSE: Culture replantée non traitée; CRE: Culture replantée traitée.

P: Seuil de probabilité, F: Valeur statistique de l'ANOVA 1

3.5 EFFETS DES PRATIQUES CULTURALES SUR LE RENDEMENT

A la seconde saison de production, la replantation annuelle avec application d'endomycorhize (CRE) (36,25 t/ha) ou sans traitement d'endomycorhize (CRSE) (35,08 t/ha) améliore le rendement par rapport à la culture continue avec (30,75 t/ha) ou sans traitement d'endomycorhize (20,51 t/ha). Ces différences de rendements sont statistiquement significatives ($P < 0,05$; Tableau 5). Comparativement au rendement obtenu au cours de la première année de culture (35 t/ha), la replantation

annuelle avec et sans application de d'endomycorhize a permis de maintenir le niveau de productivité [+ 3,58 et + 0,08 % respectivement en culture replantée avec application d'endomycorhize (CRE) et en culture replantée sans application d'endomycorhize (CRSE)]. En culture continue en revanche, des baisses de rendements ont été enregistrées; des baisses de 12,14 % avec application (CCE) et 41,40 % sans application d'endomycorhize (CCSE). Au troisième cycle de culture, une baisse des rendements a été observée sur toutes les pratiques culturales. Une baisse de rendement de 0,40 % a été notée avec la culture replantée avec application d'endomycorhize (CRE), 13,54 % en culture replantée sans application d'endomycorhize (CRSE), 26,80 % en culture continue avec application d'endomycorhize (CCE) et de 63,46 % en culture continue sans application d'endomycorhize (CCSE) (Tableau 5). Les rendements sont tous statistiquement différents ($P < 0,05$). Concernant les rendements au 2^{ème} et 3^{ème} cycle, la culture continue non traitée (CCSE), la culture continue traitée (CCE), la culture replantée non traitée (CRSE) ont présenté une différence hautement significative ($P \leq 0,05$); contrairement à la culture replantée traitée où les rendements au, 2^{ème} et 3^{ème} cycle sont statistiquement comparables.

Tableau 5. Rendements de bananier plantain CORNE 1 au 2^{ème} et 3^{ème} saison de culture

Saison de production	Rendements des bananiers (t/ha) en fonction des pratiques culturales			
	CCSE	CCE	CRSE	CRE
Saison 2	20,51 ± 0,30 d ^a	30,75 ± 0,55 c ^a	35,03 ± 0,30 b ^a	36,25 ± 0,22 a ^a
Saison 3	12,79 ± 0,28 d ^b	25,62 ± 0,26 c ^b	30,26 ± 0,39 b ^b	34,86 ± 0,35 a ^a

*Les moyennes suivies d'une même lettre minuscule sur la même ligne ne sont pas statistiquement significatives au seuil de probabilité 5 % (Test PPDS de Fisher).

**Les moyennes suivies d'une même lettre majuscule en exposant sur la même colonne ne sont pas statistiquement significatives au seuil de probabilité 5 % (Test PPDS de Fisher).

***CCSE: Culture continue non traitée; CCE: Culture continue traitée; CRSE: Culture replantée non traitée; CRE: Culture replantée traitée

4 DISCUSSION

4.1 EFFET DE LA DISPONIBILITÉ DES RACINES SUR LA DISTRIBUTION DES NÉMATODES

La dynamique des populations de nématodes endoparasites *Radopholus similis* et *Pratylenchus coffeae* dans les racines a été observée marquée par un niveau maximum à la floraison suivi d'une baisse à la récolte pourrait être due à la disponibilité spatiale et temporelle des ressources que constituent les racines de bananiers pour les besoins trophiques des parasites [13]. En effet, le développement racinaire du bananier plantain est caractérisé de vagues successives d'émissions racinaires au cours de la saison de culture [14]. Les racines primaires sont produites en continu tout au long de la phase végétative et vont atteindre leurs croissances et émissions maximales à la floraison [15]. Au-delà de cette période, les émissions racinaires sont réduites. Au cours de cette phase d'émission racinaire réduite, couplée aux dégâts causés par les nématodes lors des périodes végétatives précédentes, l'environnement devient moins pourvu en ressources pour les parasites. Il va s'en suivre une baisse des populations de nématodes [16]. Ces résultats corroborent ceux de Sundararaju [17] qui a montré que les populations de nématodes sur certains cultivars de bananiers fluctuaient en fonction des stades de développement végétatif de la plante hôte et des saisons climatiques. Les observations sur le développement du système racinaire du bananier ont, en outre, mis en évidence que la distribution des racines est maximale sur un rayon de 60 centimètres autour du pied fructifère. Cette répartition spatiale des racines justifie la concentration (plus de 80 %) des populations de *Radopholus similis* et *Pratylenchus coffeae* dans les 50 premiers centimètres autour du pied mère. Ces résultats sont en concordance avec ceux d'Araya et al [18], qui ont également mis en évidence que *Radopholus similis* et *Pratylenchus coffeae* sont présents essentiellement dans un rayon de 30 centimètres autour du rhizome du bananier. Dans le cadre de la cohabitation des deux endoparasites *Radopholus similis* et *Pratylenchus coffeae*, l'on pouvait envisager une distribution préférentielle desdits parasites le long du profil racinaire. Cependant, les résultats ici rapportés montrent, une concentration des deux espèces endoparasites dans les 50 premiers centimètres de racines autour du pied fructifère. Cela pourrait être probablement dû à l'état physiologique des cellules de la partie proximale des racines qui répondraient mieux aux besoins trophiques des nématodes et à l'architecture agrégée des racines de bananier autour du rhizome. Quant à la différence de densité des populations de *Radopholus similis* et *Pratylenchus coffeae*, elle pourrait s'expliquer par leurs capacités différentielles de reproduction *Pratylenchus coffeae* avec un cycle biologique de 21 jours, comparé à celui de *Radopholus similis* de 28 jours à 28 °C, serait plus prolifique que *Radopholus similis* qui a un cycle de 28 jours [19].

4.2 EFFETS DE LA REPLANTATION ANNUELLE DES BANANIER PLANTAINS SUR LES POPULATIONS DE NÉMATODES ET LE RENDEMENT DES BANANIER

Les faibles niveaux d'infestation de nématodes observés sous les bananeraies de plantain en replantation annuelle sont basés sur le principe de l'interruption du cycle de développement des nématodes parasites à la fin d'une saison de culture. Outre cette interruption, la replantation des vivoplants ou de rejets préalablement parés et pralinés, contribuent en partie à une réduction supplémentaire de l'inoculum de nématodes [20]. De surcroît, la concentration des populations de nématodes endoparasites dans un rayon de 50 cm autour des pieds fructifères offre la possibilité de replanter en dehors de cette zone de pullulation. La replantation annuelle de la culture du bananier correspond à un "vide trophique" pour lutter contre les nématodes des cultures. Ainsi, la nouvelle culture se développe dans un environnement relativement assaini. Les faibles infestations de nématodes enregistrées sur les cultures replantées annuellement, et leur corrélation avec les meilleurs rendements, traduisent l'efficacité de cette stratégie de gestion culturale des deux espèces de nématodes les plus nuisibles en culture de bananier plantain.

5 CONCLUSION

La gestion des incidences des nématodes endoparasites migrateurs se fait généralement par la lutte par avertissement, mais elle demeure très onéreuse et pose des problèmes environnementaux et de santé humaine et animale. D'autres alternatives ont été recherchées; la technique de replantation annuelle des bananiers avec des endomycorhizes. Cette méthode de gestion culturale montre une meilleure compréhension de la distribution spatiale des nématodes. *Radopholus similis* et *Pratylenchus coffeae* sont en effet très abondants (plus de 80 %) dans les 50 premiers centimètres autour du pied fructifère; ce qui exacerbe leur incidence dans le cas de la production pluriannuelle de la banane. Les présents travaux ont montré l'efficacité de la replantation annuelle de bananier au-delà de 50 cm du précédent pied fructifère. En somme, cette technique culturale novatrice basée sur la replantation annuelle des bananiers plantain est triplement avantageux. Elle est économiquement rentable comparée à la culture pluriannuelle; écologiquement intéressante car elle n'est pas inféodée à l'usage des nématicides et elle permet surtout de sédentariser les parcelles de bananier.

REFERENCES

- [1] Anonyme, 2014. Bulletin d'informations du PPAO/WAAPP N°20, Avril 2015, 13 p.
- [2] Araya M., Vargas A., Cheves A., 1999. Nematode distribution in roots of banana (*Musa* AAA cv. Valery) in relation to plant height, distance from the pseudostem and soil depth. *Nematology*, 1: 711-716.
- [3] Blake C. D., 1966. The histopathological changes in banana roots caused by *R. similis* and *H. multicinctus*. *Nematologica*, 12: 129-137.
- [4] Dzomeku B., Banful B., Akoma A., Yeboah D., Darkey S., 2000. Évaluation multilocale d'hybrides de FHIA au Ghana. *InfoMusa*, 9 (1): 20-22.
- [5] Gnonhoury P., Adiko A., 2008. Distribution géographique de *Radopholus similis* et *Pratylenchus coffeae*. Risque potentiel sur la pérennisation des plantations de bananiers dessert en Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine*, 20 (2): 213- 220.
- [6] Gowen S. R., Quénéhervé P., Fogain R., 2005. Nematode Parasites of Bananas and Plantains. In: Luc M., Sikora, R., A., Bridge, J., (Eds.). *Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture*, 2nd ed. CABI Publishing, Wallingford, Pp. 611-643.
- [7] Kouassi S., 2007. La banane plantain en Côte d'Ivoire: Choix et Distribution des hybrides aux paysans pilotes. Rapport final du projet FIS/CORAF: « Amélioration durable de la filière Plantain en Afrique de l'Ouest, 75p.
- [8] Lassoudière A., 2009. Le bananier et sa culture. Connaissance de la plante. Interaction avec le milieu écologique. Ed Quae, Versailles, France, 376 p.
- [9] Lavigne C., 1987. Contribution à l'étude du système racinaire du bananier. Mise au point du rhizotron et premiers résultats. *Fruits*, 42: 264-271.
- [10] N'da A. A., 1993. La culture du bananier plantain au Cameroun et en Côte d'Ivoire. *Fruit*, 4 (2) 125-132.
- [11] Pudasaini M. P., Schomaker C. H., Been T. H., Moens M., 2006. Vertical distribution of the plant- parasitic nematode, *Pratylenchus penetrans*, under four field crops. *Phytopathology*, 96: 226-233.
- [12] Quénéhervé P., 1990. Spatial arrangement of nematodes around the banana plant in the Ivory Coast: related comments on the interaction among concomitant phytophagous nematodes. *Acta Oecologica*, 11: 775-786.
- [13] Sarah J. L., 1989. Bananas nematodes and their control in Africa. *Nematropica*, 19 (2): 199-216.
- [14] Sarah J. L., 2000. In: *Diseases of banana, abaca and ensete*. C.A.B International, Wallingford, Pp 295-303.

- [15] Siddiqi M. R., 2000. Tylenchida: parasites of plants and insects. CABI, Wallingford, UK, 833 p.
- [16] Sundararaju P., 2002. Variations saisonnières de *Radopholus similis* et *Pratylenchus coffeae* chez certains cultivars de bananier. *InfoMusa*, 11 (1) 16-18.
- [17] Tabarant P., 2013. Effets d'apport de matières organiques sur le contrôle biologique des nématodes parasites du bananier en Guadeloupe. Thèse de Doctorat Paris Technique. Institut des sciences et industries du vivant et de l'environnement, 176p.
- [18] Thiemele D. E. F., Issali A. E., Traore S., Kouassi K. M., Aby N., Gnonhoury G. P., Kobenan K., Yao N. T., Adiko A., Zakra N. A., 2015. Macropropagation of plantain (*Musa spp*) cultivars PITA 3, FHIA 21, ORISHELE and CORNE 1: effect of benzylaminopurine (BAP) concentration. *Journal Plant Development*, 22: 31-39.
- [19] Traoré S., Kobenan K., Kouassi S., Gnonhoury G. P., 2009. Systèmes de culture du bananier plantain et méthodes de lutte contre les parasites et ravageurs en milieu paysan en Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*. 19: 1094 - 1101.
- [20] Vawa O. S. T., Gnonhoury G. P., Adiko A., Zakra N., Otchoumou A., 2015. La replantation annuelle des bananiers plantains: Une stratégie de gestion des nématodes endoparasites *Radopholus similis* et *Pratylenchus coffeae* en Côte d'ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 92: 8659 – 866.