



Efficacité des champignons mycorhiziens contre les nématodes parasites de la tomate au Togo

¹Agnassim BANITO, ²Essouhouna Modom BANLA, ¹Dzola Kwasi AYISAH, ¹Jean Mianikpo SOGBEDJI

¹Ecole Supérieure d'Agronomie, Université de Lomé, BP 1515, Lomé, Togo

²Institut Togolais de Recherche Agronomique, BP 1163, Lomé, Togo

Correspondance : Agnassim BANITO, PhD ; Maître de Conférences, Tél. : +228 – 90 03 33 45 / 22 25 41 97 ;

E-mail : bagnassim@hotmail.com

Original submitted in on 24th March 2015. Published online at www.m.elewa.org on 30th May 2015
<http://dx.doi.org/10.4314/jab.v89i1.1>

RESUME

Objectifs : Dans la recherche des alternatives écologiques à l'utilisation des nématicides de synthèse dangereux pour l'homme et l'environnement, la présente étude se propose d'investiguer sur l'efficacité de l'association des champignons mycorhiziens arbusculaires *Glomus* sp. et des plants de tomate contre les nématodes ravageurs de cette culture.

Méthodologie et Résultats : 4 souches de *Glomus* sp. (M₂₃₃, M₃₅₃, B₃ et Gd) ont été testées sur 3 variétés de tomate (ICRIXINA, TROPIMECH et PETO76) contre les nématodes *Meloidogyne* spp. Les résultats ont montré que les 4 souches se sont associées aux racines de ces 3 variétés. Les 4 souches ont réduit significativement ($p < 0,05$) la densité de nématodes des racines. Chez TROPIMECH le taux de réduction a atteint 78% (B₃) par rapport au témoin NPK, contre 56% (M₃₅₃) sur ICRIXINA et PETO76. Une réduction significative de galles de 50% ($P \leq 0,033$) a été observée sur TROPIMECH et PETO76.

Conclusions et applications : Les 4 souches de *Glomus* sp. Utilisées ont montré une association avec les racines des plants des 3 variétés de tomate. Ces souches ont réduit significativement mais à des degrés divers non seulement la densité des nématodes dans le sol et des racines, mais aussi le pourcentage de galles engendrées par ces ravageurs. Ces résultats indiquent que les champignons mycorhiziens arbusculaires *Glomus* sp. peuvent contribuer efficacement à la gestion écologique des nématodes ravageurs de la culture de la tomate, et constituent de ce fait une alternative à l'utilisation des nématicides de synthèse qui sont non seulement couteux, mais aussi et surtout dangereux pour la santé humaine et l'environnement.

Mots clés : *Glomus* sp., *Lycopersicon esculentum*, lutte biologique, *Meloidogyne* spp.

Effectiveness of the arbuscular mycorrhizal fungi on the parasitic nematodes of tomato in Togo

ABSTRACT

Objectives : To find alternatives to the synthetic pesticides used against nematodes the present work aimed at investigating the association of arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus* sp. and its effectiveness in controlling tomato nematodes *Meloidogyne* spp.

Methodology and Results : Four (4) strains of the fungus *Glomus* sp. (M₂₃₃, M₃₅₃, B₃ and Gd) were tested on 3 tomato varieties ICRIXINA, TROPIMECH and PETO76 on the plants roots against the nematodes of *Meloidogyne* spp. The results revealed association of each of the 4 strains used with the 3 tomato varieties,

and significant reductions ($p < 0.05$) of the density of nematodes in the soil and on the plant roots. On the plant roots, the reduction of the density of nematodes was up to 78% on the variety TROPIMECH (B₃), whereas it was up to 56% on the varieties ICRIXINA and PETO (M₃₅₃). In addition, significant reduction of galls up to 50% ($p \leq 0,033$) was observed on the varieties TROPIMECH and PETO76.

Conclusions and application of findings : The 4 strains of *Glomus* sp. showed association with roots of the 3 tomato varieties. Significant reductions of the nematodes density in the soil and on the plant roots, and the root galls were observed. These results revealed that the mycorrhizal fungus has significant effects on the nematodes and therefore can contribute to the ecological management of these pests on tomato plants. Thus, the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus* sp. is a potential candidate as alternative to the use of synthetic pesticides against nematodes that are expensive and are dangerous to the human health and the environment.

Keywords: *Glomus* sp., *Lycopersicon esculentum*, biocontrol, *Meloidogyne* spp.

INTRODUCTION

La tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill.) est l'un des légumes les plus consommés dans le monde (FAO, 2012). Avec une production mondiale s'élevant à 159,2 millions de tonnes en 2011 (FAO, 2012), elle est considérée comme la principale culture capable d'influencer le devenir de beaucoup de paysans dans le monde (Peet *et al.*, 2000). Ces dernières années, les surfaces emblavées pour la production maraichère dans les zones urbaines et périurbaines ont considérablement augmenté au Togo, alors que les rendements ont beaucoup chuté (Sikora & Fernandez, 2005). Cette baisse de rendement est liée à nombre de contraintes parmi lesquelles les attaques des nématodes et plus spécialement ceux à galles *Meloidogyne* spp. sont les plus redoutables (Netscher & Sikora, 1990 ; Sikora & Fernandez, 2005 ; James *et al.*, 2006 ;). Il est très difficile de chiffrer les pertes occasionnées par les nématodes aux cultures au Togo ; en effet, celles-ci sont très variables selon l'espèce de nématodes en cause, la culture, la région et les années. Le moyen de lute actuellement le plus appliqué reste l'utilisation des nématicides de synthèse, qui sont très coûteux pour les producteurs et polluants de l'environnement (Sikora & Fernandez, 2005). Face à cette situation, le monde

de la recherche s'attèle à la recherche d'alternatives de lutte non seulement efficaces, mais aussi et surtout respectueuses de l'environnement. C'est le cas de l'utilisation de certains microorganismes tels que les champignons mycorrhiziens arbusculaires (CMA) comme alternatives aux nématicides de synthèse. Les CMA sont des organismes qui vivent en symbiose obligatoire avec plus de 200.000 plantes cultivées et non cultivées (Oehl *et al.*, 2004 ; Smith & Read, 2008). Ainsi, les plantes inoculées avec des CMA montrent souvent une plus grande vivacité et une plus grande protection contre les agents telluriques par rapport à leurs homologues non inoculées (Strullu *et al.*, 1991; Ba *et al.*, 2001). Cette action symbiotique donne également à la plante une certaine résistance aux blessures provoquées par la transplantation (Hol & Cook, 2005 ; Castillo *et al.*, 2006 ; Tchabi, 2008). Au Togo, cependant, la recherche sur les CMA reste embryonnaire. Dans le but d'apporter à terme une solution aux problèmes des nématodes, le présent travail se propose d'évaluer les effets de 4 souches de CMA associés à la tomate sur (i) la densité des nématodes dans le sol, (ii) la densité des nématodes des racines de tomate et (iii) la formation des galles sur les racines de cette culture.

MATERIEL ET METHODES

Site expérimental : L'essai a été conduit à la Station d'Expérimentation Agronomique de Lomé de l'École Supérieure d'Agronomie à l'Université de Lomé de mars à septembre 2012 avec une température moyenne et une humidité relative moyenne respectives de $27 \pm 1^\circ\text{C}$ et $70 \pm 2\%$, et une pluviométrie moyenne mensuelle de

1000mm. Le sol est de type sablo-argileux avec les propriétés physico-chimiques suivantes : 48ppm P, 0,08meq K, 0,51meq Ca, 0,39meq Mg⁺, 0,06% N et pH 7,73 (Données de l'expérimentation).

Matériel végétal et fongique : Il est constitué de 3 variétés de tomate ICRIXINA, TROPIMECH et PETO76

et quatre souches de CMA du genre *Glomus* (M_{233} , Gd du Bénin, and M_{353} , B_3 du Sénégal). L'inoculum (CMA) a été apporté à la dose 2Kg pour $0,5m^2$ (Mamatha & Bagyaraj, 2002). Le NPK a été apporté 15 et 30 jours après semis à la dose de 200g pour $3 m^2$.

Semis et repiquage : Le sol contenu dans un plateau et préalablement stérilisé a servi de substrat pour faire germer les graines au germoir sur le site expérimental SEAL. Quatre plateaux contenant les 3 variétés de tomate à tester ont été inoculés chacune avec une des 4 souches de mycorhizes ; deux plateaux non inoculés ont servi de contrôle (application de NPK et témoin absolu). La durée des plants en pépinière a été de 21 jours aux termes desquels les plants de tomate ont été transplantés en champ suivant un dispositif en bloc aléatoire complet à trois répétitions.

Évaluation du taux de mycorhization : Douze semaines après transplantation au champ, des échantillons de racines de 6 plants par traitement ont été prélevés et traités suivant la méthode de Philips & Hayman (1983) modifiée par Brundrett *et al.* (1994). En effet, ces racines ont été colorées avec du bleu de Trypan après un séjour de 30 minutes dans l'alcool à 70%. Pour déterminer le taux de mycorhization, la technique d'intersection grillagée développée par

RESULTATS

Taux de mycorhization : Dans l'ensemble, sur les trois variétés les taux de mycorhization vont de 2% (Témoin) à 23% (souche Gd) pour ICRIXINA, 1% (Témoin) à 15% (Gd) TROPIMECH, et 2% (Témoin) à 13% (M_{353}) pour PETO76. La souche Gd sur ICRIXINA et TROPIMECH et la souche M_{353} sur PETO76 ont induit les meilleurs taux de mycorhization. Une analyse des taux par souche montre que les taux sont compris entre 8 et 9% pour M_{233} , 13 et 18% pour M_{353} , 12 et 23% pour Gd et 6 et 11% pour B_3 . L'analyse de la variance montre que le taux de mycorhization induit par la souche Gd est statistiquement supérieur à ceux des souches M_{233} et B_3 , mais identique à celui de la souche M_{353} sur ICRIXINA. La même tendance s'observe sur la variété TROPIMECH, où les souches M_{353} et Gd présentent des taux de mycorhization supérieur à ceux des autres souches. Sur la variété PETO76, l'analyse de la variance montre que le taux de mycorhization induit par la souche M_{353} est statistiquement supérieur à celui de B_3 mais identique à ceux des souches M_{233} (9%) et Gd (12%). A travers ces résultats sur le taux de mycorhization, la souche Gd se dégage des autres avec les taux les plus élevés, 23 % et 15%, respectivement sur la variété ICRIXINA et PETO76. Néanmoins la souche M_{353} permet

Giovannetti & Mosse, (1980) et Brundrett *et al.* (1994) a été utilisée.

Extraction et dénombrement des nématodes : L'échantillonnage et le dénombrement des nématodes ont été faits au début et à la fin de l'essai. Avant l'installation de l'essai 3 échantillons de sol ont été prélevés sur le site. Chaque échantillon de sol est constitué de prélèvement de plusieurs sous échantillons qui sont mélangés pour en faire un échantillon composite de 2 kg. Les échantillons sont prélevés à une profondeur de 10cm dans la rhizosphère des plantes à l'aide d'une sonde. Le même procédé a été utilisé en fin d'essai pour les prélèvements de sol dans chaque traitement. La méthode de Baermann modifiée (Coyne *et al.*, 2010) a été utilisée pour l'extraction des nématodes de la terre et des racines. Les nématodes du sol ou des racines ont été dénombrés sous une loupe binoculaire. Le dénombrement a été fait à l'aide d'une boîte de pétri à fond quadrillée, de 15ml de contenance. L'échelle de Claudus-Cole *et al.* (2005) a été utilisée pour l'évaluation des dégâts des nématodes caractérisés par les symptômes de galle.

Analyse statistique : L'analyse de variance des données a été réalisée grâce au logiciel GenSTAT. Les tests de Student Newman-Keuls et Bonferroni ont été réalisés pour discriminer les moyennes.

d'obtenir sur les trois variétés des taux qui sont très proche de ceux de Gd.

Effets des mycorhizes sur la densité de nématodes du sol : Les densités extrêmes de nématodes obtenues sont de 259 et 631 (Gd) pour ICRIXINA, 261 et 625 pour TROPIMECH, 259 et 612 pour PETO76. Ces extrêmes ont été observés sur les mêmes traitements, notamment les faibles densités avec NPK et les plus fortes densités avec la souche Gd. Par rapport aux différentes souches, les extrêmes sont : 375 sur PETO76 et 392 sur ICRIXINA pour la souche M_{233} ; 426 sur TROPIMECH et 453 sur ICRIXINA et PETO76 pour la souche M_{353} ; 612 sur PETO76 et 631 sur ICRIXINA pour la souche Gd ; 320 sur TROPIMECH et 324 sur PETO76 pour la souche B_3 (Tableau 2). La souche B_3 présente une densité de nématodes statistiquement inférieure à celles des souches M_{353} et Gd et du témoin absolu, mais identique à celle du traitement NPK. Pour chacune des souches de CMA utilisées, les densités de nématodes estimées sont statistiquement identiques pour les trois variétés de tomate testées. Il ressort de nos résultats sur l'évaluation de la densité de nématodes du sol qu'aucune souche n'a entraîné une réduction de la densité de nématode comparativement au traitement NPK. Mieux encore, la

souche Gd a entraîné une augmentation significative de la densité de nématode.

Tableau 1 : Taux de mycorhization (% de racines colonisées)

Traitements	Variétés		
	V ₁	V ₂	V ₃
M ₂₃₃	8,00 cd*	9,33 b	9,33 ab
M ₃₅₃	18,00 ab	14,67 a	13,00 a
Gd	23,67 a	15,00 a	12,33 ab
B ₃	11,33 bc	8,00 b	6,67 bc
NPK	3,63 d	2,33 c	2,00 c
Témoin	2,33 d	1,33 c	2,33 c

* Dans la colonne, les valeurs suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil de probabilité 5%; V₁: = ICRIXINA; V₂ = TROPIMECH; V₃ = PETO76; M₂₃₃, M₃₅₃, B₃ et Gd = souches de *Glomus* sp. utilisées.

Tableau 2 : Densité de nématodes par 100g du sol

Traitements	Variétés		
	V ₁	V ₂	V ₃
M ₂₃₃	375 bc*	384 bc	392 bc
M ₃₅₃	453 b	426 b	453 b
Gd	612 a	625 a	631 a
B ₃	324 c	320 c	321 c
NPK	359 bc	361 bc	358 bc
Témoin	451 b	433 b	453 b

* Dans la colonne, les valeurs suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil de probabilité 5%; V₁: = ICRIXINA; V₂ = TROPIMECH; V₃ = PETO76; M₂₃₃, M₃₅₃, B₃ et Gd = souches de *Glomus* sp. utilisées.

Effets des mycorhizes sur la densité de nématodes des racines : Pour les quatre souches de CMA, les densités de nématodes vont de 56 pour la souche M₃₅₃ à 632 pour la souche Gd, tandis que chez les témoins elles vont de 129 à 802 pour le traitement NPK. La densité de nématodes racinaires est comprise entre 56 et 450 pour V₁, 171 et 802 pour V₂, et entre 250 et 576 pour V₃ (Tableau 3). En comparant la densité des CMA et celle du témoin (NPK), les résultats montrent que sur la variété V₁ la densité des nématodes des racines a été réduite de

37% et 56% respectivement pour les souches B₃ et M₃₅₃. L'analyse de la variance montre que chez V₂, toutes les souches de CMA testées ont réduit de façon significative la densité de nématodes dans les racines des plantes comparativement au traitement à NPK. Les taux de réduction observés sont de 21%, 55%, 62% et 78% respectivement pour les souches Gd, M₂₃₃, M₃₅₃ et B₃ (Tableau 3). La densité de nématodes a été réduite de 47% pour la souche B₃ et de 56% pour la souche M₃₅₃ sur V₃.

Tableau 3 : Densité et taux de réduction (%) de nématodes des racines de tomate

	Variétés						
	V ₁		V ₂		V ₃		
	Densité	T R	Densité	TR	Densité	TR	
M ₂₃₃	450,3	a*	-	448,0	d 44,13	469,7	b 18,57
M ₃₅₃	56,7	e	56,58	302,0	e 62,34	250,0	d 56,59
Gd	277,7	b	-	632,3	b 21,19	576,0	a 0
B ₃	80,3	e	37,98	171,7	f 78,67	302,3	c 47,56
NPK	129,7	d	-	802,7	a -	576,3	a -
Témoin	202,0	c	-	575,3	c 28,30	478,3	b 17,01

* Dans la colonne, les valeurs suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil de probabilité 5%; V₁: = ICRIXINA; V₂ = TROPIMECH; V₃ = PETO76; TR=Taux de réduction par rapport au témoin NPK; M₂₃₃, M₃₅₃, B₃ et Gd = souches de *Glomus* sp. utilisées.

Dans l'ensemble la souche B₃ a induit le taux de réduction le plus élevé avec 78% sur la variété V₂. Il est suivi tout de même de la souche M₃₅₃ qui s'est révélée efficace sur les trois variétés en entraînant des réductions comprises entre 56 et 63%.

Effets des mycorhizes sur la formation des galles : Le pourcentage de galles le plus élevé est de 69% pour le témoin absolu, suivi du traitement à NPK (64%) et la souche B₃ (59%) (Tableau 4). Outre chez le témoin absolu où les galles sont estimées à 1,5%, aucun symptôme de galle n'est observé sur la variété V₁ pour

tous les autres traitements. Par contre sur V₂, la souche B₃ présente un pourcentage de galles de 25% qui, tout en étant statistiquement identique à ceux des trois autres souches de CMA, reste inférieur à ceux des témoins. Par rapport au traitement à NPK, le pourcentage de galles est réduit de 50% par cette souche B₃. Sur la variété V₃, les souches M₃₅₃, Gd et M₂₃₃ avec des pourcentages de galles respectifs de 35%, 32% et 31% ont réduits de façon significatives les taux de galles comparativement au traitement à NPK avec 64% de galles (Tableau 4), soit des taux de réduction 45%, 50% et 51% (P<0,03).

Tableau 4 : Pourcentage de galles sur les racines de tomate (%)

Traitements	Variétés					
	V ₁		V ₂		V ₃	
M ₂₃₃	0	a*	38,9	ab	31,2	b
M ₃₅₃	0	a	34,7	ab	35,3	b
Gd	0	a	43,1	ab	32,3	b
B ₃	0	a	25	b	59,2	ab
NPK	0	a	51,4	a	64,2	a
Témoin	1,5	a	55,2	a	69,9	a

* Dans la colonne, les valeurs suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil de probabilité 5%; V₁ = ICRIXINA; V₂ = TROPIMECH; V₃ = PETO76; M₂₃₃, M₃₅₃, B₃ et Gd = souches de *Glomus* sp. utilisées.

DISCUSSION

Les travaux antérieurs sur la colonisation des racines de tomate par les CMA ont montré des taux de mycorhization supérieurs à 50% (Nedorost & Pokluda, 2012). Cependant, les résultats de la présente étude montrent des taux ne dépassant pas 24%. Des taux similaires ont été obtenus par Ashley (2007). L'auteur a montré que le faible taux de mycorhization en pépinière et les travaux du sol après repiquage seraient à l'origine du faible taux observé en champ. Ces facteurs expliqueraient nos résultats, étant donné que les plants n'ont passé que 21 jours en pépinière. De plus les 10 sarclages effectués durant l'expérimentation en champ auraient fortement perturbé l'établissement des CMA sur les racines de tomate. Ces résultats confirment ceux de McKonigle & Miller (2000) et ceux de Evans & Miller (1990) qui ont démontré que les travaux du sol entraînent la destruction des mycéliums et sont largement à l'origine de la réduction de la colonisation des racines de maïs par les champignons. Les travaux de Hetrick *et al.* (1995) ont montré que le développement mycorhizien est l'expression d'une interaction qui varie fortement en fonction des variétés de plantes et des souches de champignons. Les travaux antérieurs conduits par Hayman (1983) ont montré également que la colonisation des plantes par les CMA peut varier selon la souche de CMA utilisée dans la culture. Pour ce qui concerne

l'efficacité des souches sur les nématodes du sol, les résultats montre que la souche B₃ a réduit significativement la densité de nématodes du sol (26%) par rapport au témoin absolu, mais pas par rapport au traitement à NPK. Cependant, la souche Gd a enregistré une forte densité de nématodes supérieure à celles de tous les autres traitements. Aucune interaction directe entre mycorhizes et nématodes dans le sol n'a été mise en évidence jusqu'à présent. Cependant, Hetrick (1991) a démontré que la réaction du système racinaire vis-à-vis des micro-organismes de la rhizosphère pouvait être modifiée en présence des CMA. De plus les travaux de Kaznelson *et al.* (1992) ont montré que les CMA en symbiose avec les plantes entraînent des modifications dans la composition et l'activité de la microflore, pouvant avoir un effet dépressif ou stimulant sur le développement des microorganismes tels que les nématodes. Ceci pourrait expliquer cette variabilité de la densité de nématodes obtenue dans le sol vis-à-vis des souches de CMA utilisées. Contrairement à l'effet observé sur les nématodes du sol, les souches M₃₅₃ et B₃ se sont montrées efficaces en réduisant de façon significative la densité de nématodes dans les racines comparativement aux autres traitements. Contrairement à la souche Gd qui a engendré une bonne mycorhization, mais un fort taux d'infestation des racines par les nématodes, la souche B₃

a induit un faible taux de mycorhization, mais a entraîné une réduction significative du nombre de nématodes dans les racines chez les trois variétés de tomate (soit une réduction de 37% sur V₁, 78% sur V₂, et 47% sur V₃). Dans leurs travaux, Jaizme-Vega et al. (1997) ont trouvé que l'application du CMA *G. mosseae* réduisait significativement la densité du nématode *M. incognita* dans les racines du bananier de 30%. Plus récemment, Eisen et al. (2005) dans leurs travaux sur l'interaction CMA-nématodes, ont montré une suppression significative de la population de nématodes en présence des CMA du genre *Glomus*. Les présents résultats montrent qu'on peut obtenir des taux de réduction beaucoup plus élevés avec la souche B₃ sur la tomate. L'efficacité de la souche B₃ observée sur les nématodes racinaires s'est également manifestée dans la formation des galles. Cette souche a en effet réduit le pourcentage de galles de 50% par rapport au témoin NPK chez la variété TROPIMECH. Les souches M₂₃₃, M₃₅₃, et Gd sur

PETO76, sont également efficaces contre la formation des galles. Ces résultats soutiennent les observations de Djigal (2003) qui a montré que les dégâts des nématodes diminuent significativement en présence des CMA du genre *Glomus*. Malgré l'absence de galles sur les racines de la variété V₁, un nombre relativement élevé de nématodes a été extrait des racines de cette variété. Ce qui montre que les nématodes réussissent à infester les plants de cette variété, mais n'arrivent pas à s'établir à l'intérieur des racines et provoquer la formation de galle. Des études sur le nématode *M. incognita* dans les racines de tomates ont montré que l'apparition de galles était précédée de la production d'enzymes oxydoréductrices synthétisées par la plante sous l'action du nématode (Ritter, 1971). La résistance de la variété ICRIXINA qui se manifeste dans la présente étude par l'absence de galles sur les racines pourrait être due à l'incapacité de cette variété à synthétiser ces enzymes.

CONCLUSION

Ce travail avait pour objectif de contribuer à l'amélioration de la production de la tomate par l'usage des champignons mycorhiziens. Quatre souches de *Glomus* ont été testées sur trois variétés de tomate pour leurs effets sur les nématodes à galles (*Meloidogyne* spp.). Les résultats ont montré que les souches Gd et M₃₅₃ sur l'ensemble des souches utilisées se sont révélées plus efficaces dans la colonisation des racines des plantes des trois variétés de Tomate. La souche B₃ sur la variété V₂ et les souches M₂₃₃, M₃₅₃, et Gd sur la variété V₃, ont

été efficace en réduisant significativement la densité de galles. Concernant la densité de nématodes racinaires, des réductions significatives de la densité ont été observées avec des effets variables selon les variétés et suivant les souches de CMA. Les souches utilisées dans la présente étude seraient donc de potentielles alternatives à l'utilisation des nématicides dans la lutte contre les nématodes de la tomate et ceux des cultures maraîchères en générales.

REFERENCES

- Ashley WM, 2007. The Role of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Sustainable Tomato Production. PhD thesis, University of Adelaide, School of Earth and Environmental Sciences, 197 p.
- Bâ AM, Duponnois R, Planchette C, Sacko O, Sidibé D, Kondé S, Baba V, 2001. Mycorhization contrôlée et fertilisation phosphatée : applications à la domestication du jujubier. *Fruits*, vol. 56 (4): 261-269.
- Brundrett M, Bougher N, Dell B, Grove T, Malajezuk N, 1996. *Working with Mycorrhizas in Forestry and Agriculture*, ACIAR Monograph (32), 374 p.
- Castillo P, Nico AI, Azcón-Aguilar C, Del Río Rincón C, Calvet C, Jiménez-Díaz RM, 2006. Protection of olive planting stocks against parasitism of root-knot nematodes by arbuscular mycorrhizal fungi. *Plant Path.*, (55): 705–713.
- Coyne DL, Nicol JM, Claudius-Cole B, 2010. *Les nématodes des plantes : Un guide pratique des techniques de terrain et de laboratoire*, Secrétariat SP-IPM, Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA), Cotonou, Benin.
- Djigal D, 2003. Interaction entre la communauté microbienne du sol (bactéries et champignons mycorhiziens) et les nématodes, bactériovores : effet sur la nutrition minérale et la croissance de différentes plantes, Thèse doctorale, UCAD, 166 p.
- Eisen A, Swennen R, Waele D, 2005. The effect of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) – nematode interactions on the roots development of different *Musa* genotypes. 224-237.
- Evans DG, Miller MH, 1990. The role of the external mycelial network in the effect of soil-disturbance

- on the vesicular arbuscular mycorrhizal colonization of maize. *New phytol.*, (114): 65-71.
- FAO,2011.<http://www.fao.org/docrep/T1696E/t1696e07.htm>. Food and Agriculture Organization Statistic of the United Nation.
- Giovannetti M, Mosse B, 1980. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in Roots. *New Phytol.*, (84): 489–500.
- Hayman DS, 1983. The Physiology of vesicular-arbuscular endomycorrhizal symbiosis. *Plant Biol.*, (10): 393–398.
- Hetrick BAD, 1991. Mycorrhizas and root architecture. *Experientia*, (45): 355-362.
- Hetrick BAD, Wilson GWT, Gill BS, Cox TS, 1995. Chromosome location of mycorrhizal responsive genes in wheat, *Can. J. Bot.* (73): 891-897.
- Hol WHG, Cook R, 2005. An overview of arbuscular mycorrhizal fungi–nematode interactions. *Basic Appl. Eco.*, 6: 489-503.
- Jaizme-Vega MC, Tenoury P, Pinochet J, Jaumot M, 1997. Interactions between the rootknot nematode *Meloidogyne incognita* and *Glomus mosseae* in banana. *Plant and Soil*, 196: 27-35.
- James B, Godonou I, Atcha C, Baimey H, 2006. Healthy vegetables through participatory IPM in peri-urban areas of Benin. Summary of activities and achievements, 2003-2006. IITA Benin. Cotonou; 1-34.
- Kaznelson A, Rouatt BN, Peterson FA, 1992. The rhizosphere effect of mycorrhizal root of yellow birch seedlings. *Can. J. Bot.*, 40: 77-382.
- McKonigle TP, Miller MH, 2000. The inconsistent effect of soil disturbance on colonization of roots by arbuscular mycorrhizal fungi in the field. *Appl. Soil Eco.*, 12: 41-50.
- Mamatha G, Bagyaraj DJ, 2002. Different levels of VAM inoculums application on growth and nutrition of tomato in the nursery. In: Reddy SM, Reddy SR, Singarachary MA, Grisham S, eds. *Bioinoculants for sustainable Agriculture and Forestry. Proceedings of national symposium held on Feb. 16-18, 2001*. Scientific Publishers. Jodphur, India.
- Nedorost L, Pokluda R, 2012. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on tomato yield and nutrient uptake under different fertilization levels, *Acta univ. Agric. Et Silv. Mendel. Brun.*, 21(8): 181-186.
- Netscher C, Sikora RA, 1990. Nematodes parasites of vegetables. In: Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture. Luc M, Sikora RA, Bridge J, (eds). CAB International. Wallingford, UK. pp. 237-283.
- Oehl F, Sieverding E, Mäder P, Dubois D, Ineichen K, Boller T, Wiemken A, 2004. Impact of long-term conventional and organic farming on the diversity of arbuscular mycorrhizal fungi. *Oecologia*, 138: 574-583.
- Peet M, Gipson JL, Whipker BE, Blankenship S, 2000. Ethylene damage. What is and how to prevent it, *The tomato Mag.*, pp.10-20.
- Phillips JM, Hayman PS, 1970. Improved procedure for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Trans. Brazilian Micol. Soc.*, 55: 158-161.
- Ritter M, 1971. Les nématodes des cultures. *Journées d'études et d'information*. ACTA-FNGPC. pp. 30-45.
- Sikora RA, Fernandez E, 2005. Nematodes parasites of vegetables. In: *Plant-Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture* (2nd eds). CABI Publishing, Wallingford, 1230: 319-392.
- Smith SE, Read DJ, 2008. Mycorrhizal Symbiosis, (3rd eds). Academic Press, San Diego.
- Strullu DG, Perrin R, Planchette C, Garbaye J, 1991. Les mycorhizes des arbres et plantes cultivées. Technique et documentation Lavoisier (Ed). Paris, pp. 50-250.
- Tchabi A, 2008. Arbuscular mycorrhizal fungi in the sub-Saharan savannas of Benin and their association with yam (*Dioscorea* spp.): Potential of yam growth promotion and reduction of nematode infestation. PhD thesis, University of Basel, Switzerland, 300 p.
- Tchabi A, Burger S, Coyne D, Hountondji F, Lawouin L, Wiemken A, Oehl F, 2009. Promiscuous arbuscular mycorrhizal symbiosis of yam (*Dioscorea* spp.), a key staple crop in West Africa. *Mycorrhiza*, 19: 375-392.