



Effets de l'inoculation mycorhizienne sur le sésame (*Sesamum indicum* L.) en conditions naturelles

Michel Bernard DIATTA¹, Ousmane LAMINOUS MANZO^{2*},
Paul Roger MACOUMBA DIOUF^{3,4} et Tahir DIOP⁵

¹Département de Production Végétale, Institut Supérieur de Formation Agricole et Rurale (ISFAR), Université de Thiès, BP 54 BAMBEY, Sénégal.

²Département de Génie Rural & Eaux et Forêts, Faculté d'Agronomie et des Sciences de l'Environnement, Université de Maradi, BP 465 Maradi, Niger.

³Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA), Bel-air, DAKAR, Sénégal.

⁴Laboratoire de Toxicologie Environnementale, Université de Liège, Gembloux Agro Bio Tech. 2, Passage des Déportés, 5030 Gembloux, Belgique.

⁵Laboratoire de Biotechnologie des Champignons, Département de Biologie Végétale, Faculté des Sciences et Techniques, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, B.P 5005, Dakar, Sénégal.

*Auteur correspondant ; E-mail: lamine_ous@yahoo.fr

RESUME

La présence des microorganismes symbiotiques dans le sol constitue un atout pour la majorité des cultures. L'inoculation avec des champignons mycorhiziens à arbuscules (CMA) est considérée comme un des moyens biologiques permettant à la culture de résister aux stress biotiques et abiotiques, et d'augmenter la productivité. Mais en conditions naturelles, la combinaison de plusieurs facteurs a une influence majeure dans l'établissement de la mycorhization. L'inoculation du sésame (*Sesamum indicum* L.) avec deux souches de *Glomus* est expérimentée en milieu naturel, dans un dispositif en split-plot avec quatre répétitions. Cette inoculation mycorhizienne en milieu naturel a produit les effets suivants : le taux de mycorhization des plants inoculés reste bas ; l'inoculation n'a pas eu un effet significatif sur le rendement en graines, le nombre de capsules et la biomasse totale comparativement aux plants témoins naturellement infectés. Cela montre que, la mycorhization naturelle a eu une efficacité comparable à celle des souches inoculées sur le sésame. On peut déduire que les sols de cette zone de Bambey contiendraient des souches de champignons mycorhiziens à arbuscules (CMA) indigènes aussi efficaces que des souches sélectionnées.

© 2013 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés : Mycorhization naturelle, *Glomus mosseae*, *Glomus fasciculatum*, sésame, productivité.

INTRODUCTION

En milieu naturel, le sésame, comme toute autre culture, est soumis à des stress biotiques et abiotiques. La présence des microorganismes symbiotiques dans le sol est souvent bénéfique pour la culture. Parmi

ceux-ci, les champignons mycorhiziens à arbuscules (CMA) sont particulièrement efficaces pour stimuler la croissance des plantes et il a été bien montré que leur inoculation dans le sol est un des moyens biologiques permettant à la culture de résister

à certains stress et d'augmenter la productivité (Fortin et al., 2009).

L'inoculation mycorhizienne de plants de sésame dans des pots en serre a montré une amélioration de la biomasse et une meilleure absorption en P et N comparativement aux plants témoins non mycorhizés (Sampath Kumar et al., 2002 ; Prakash et al., 2004 ; Boureima et al., 2007). Le niveau de fertilité minérale ou organique dans le sol, le statut hydrique du sol, le statut nutritionnel de la plante hôte, qui dépendent notamment de la fertilisation appliquée aux plants pendant leur croissance, ont une influence majeure dans l'établissement de la mycorhization (Boukcim et Mousain, 2001). En milieu tropical, où les sols sont relativement pauvres en certains éléments nutritifs notamment l'azote et le phosphore (Diem et al., 1981 ; Mikola, 1987) ainsi qu'en oligo-éléments tels que le cuivre et le zinc (Noua'im et Chaussod, 1996), la présence des mycorhizes s'avère donc un atout indispensable (Bâ et al., 2000 ; Al-Karaki et al., 2004). D'autant plus que dans ce milieu la majorité des plantes cultivées s'associent aux CMA (Schroeder et Janos, 2004) tout en maintenant leur productivité (Oehl et al., 2004). Contrairement aux essais en milieu stérilisé, l'inoculation mycorhizienne en milieu naturel ne donne pas toujours les mêmes effets. Mais selon Lambert (1980), si les CMA ne montrent guère de spécificité d'hôte, les populations semblent adaptées à des conditions édaphiques et climatiques données.

L'objectif de cette étude est de caractériser le comportement agromorphologique du sésame en conditions naturelles, en association ou non avec des champignons mycorhiziens.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Site expérimental

L'expérimentation a été conduite dans la station expérimentale du Centre National de

Recherches Agronomiques (CNRA) de Bambey au Sénégal, localisé au cœur du bassin arachidier. Il est situé à 14 °30' de latitude Nord et 16 °30' de longitude Ouest. Les températures varient de 20 à 35 °C.

Le cumul pluviométrique enregistré sur le site expérimental est de 512,6 mm, réparti sur les mois de juillet (123,2 mm), août (237,7 mm) et septembre (151,6 mm). Ce cumul est obtenu après 27 jours de pluie. Au moment du semis, le cumul pluviométrique, après sept jours de pluie, est à 250,6 mm, constituant ainsi une réserve hydrique importante du sol.

Les sols, ferrugineux, ont une texture sableuse (90-95% de sable), avec une faible teneur en argile et limon (Badiane et al., 2000 ; Diangar, 2008), un taux de matière organique inférieur à 1% (Badiane et al., 2000) et un pH compris entre 5 et 6 (Manga, 2003). Ils se caractérisent en outre, par une carence en phosphore (Diangar, 2008 ; Ndiaye et Sagna, 1989). Le sol est naturellement colonisé par des souches indigènes telles que *G. aggregatum*, *G. constrictum* et *G. lacteum*.

Matériels biologiques

Cette étude a été menée sur la variété de sésame 32-15, de type botanique moyennement ramifié et ayant un cycle de 90 jours (Diouf et al., 2002).

Le matériel fongique utilisé été constitué de deux souches de *Glomus* : *G. mosseae* et *G. fasciculatum* (Boureima et al., 2007). L'inoculum été constitué de spores et des fragments de racines de maïs mycorhizées et été apporté à raison de 15 g par poquet, avec en moyenne 40 spores/g, conformément à la dose utilisée en milieu stérilisé (Boureima et al., 2007).

Dispositif expérimental

Le facteur « inoculation » a été étudié avec trois modalités : (i) témoin non inoculé ;

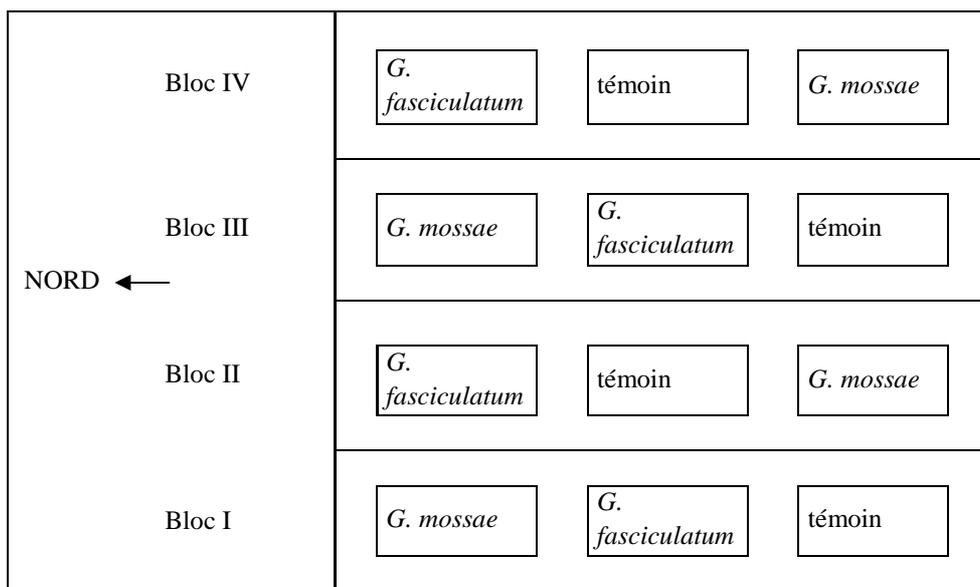


Figure 1 : Schéma du dispositif expérimental.

(ii) inoculation avec la souche *G. fasciculatum* ; (iii) inoculation avec la souche *G. mossae*.

Le dispositif consiste en une expérience factorielle organisée en blocs complets randomisés. Il est divisé en quatre blocs, chacun subdivisé en trois unités expérimentales, soit 12 au total. L'unité expérimentale est représentée par une parcelle élémentaire de 9,24 m² (7 lignes de 11 poquets) (Figure 1).

Variables mesurées

Le suivi agro-morphologique de la culture porte principalement sur la hauteur de la plante (tige principale) et sur le nombre de feuilles. Des mesures hebdomadaires ont ainsi été effectuées dans ce suivi de la croissance en hauteur des plants.

A la récolte, le taux de mycorhization a été évalué. Les racines, éclaircies puis colorées à la fuchsine acide (Brundrett et al., 1996), sont observées à la loupe binoculaire, afin d'évaluer la fréquence (L) et l'intensité (I) de

la mycorhization, par la méthode du «gridline intersect» (Giovannetti et Mosse, 1980).

Les autres paramètres de rendement déterminés comprennent : le poids de 1000 graines (PMG), le rendement en graines, la croissance en hauteur des plants, la biomasse sèche (aérienne et racinaire), le nombre de feuilles et le nombre de capsules.

Analyses statistiques

Les données collectées des différents paramètres ont été soumises à une analyse de variance (ANOVA) à l'aide du logiciel Minitab, de Minitab Inc., version 15 et les moyennes des variables ont été comparées en utilisant le test de Tukey au seuil de probabilité p=5% dans le cas où un effet significatif (p<5%) a été mis en évidence.

RÉSULTATS

Taux de mycorhization

L'intensité de mycorhization des plants de sésame est faible tant chez plants inoculés que chez leurs témoins non inoculés. Les plants témoins sont naturellement

mycorhizés par des CMA indigènes. L'intensité moyenne de mycorhization est de 25,6% chez les plants inoculés avec *G. fasciculatum*, de l'ordre de 25,4% chez les plants inoculés avec *G. mosseae* et de 23,3% chez les plants témoins non inoculés.

Par-contre, la longueur de racine infectée est légèrement plus importante chez les plants inoculés par les souches *G. mosseae* (59%) et *G. fasciculatum* (59,5%) que chez les témoins (54,5%).

Poids de 1000 graines (PMG) et rendement en graines

Quelle que soit la souche de CMA utilisée, le PMG n'a pas significativement varié ($p = 0,3644$). Il reste constant à 3,9 g aussi bien chez les plants inoculés que chez les témoins non inoculés (Tableau 1).

L'analyse de variance ne révèle pas de différence significative (Tableau 2) entre les rendements en graines obtenus. L'inoculation mycorhizienne n'a pas eu d'influence significative sur la production de graines. Chez les plants inoculés avec *G. fasciculatum*, les rendements s'élèvent à $1324 \pm 78 \text{ kg.ha}^{-1}$. Ils sont de $1050 \pm 166 \text{ kg.ha}^{-1}$ et de $1019 \pm 319 \text{ kg.ha}^{-1}$ respectivement chez les plants inoculés avec *G. mosseae* et chez les témoins non inoculés.

Rendement en matière sèche aérienne et poids sec racinaire

L'inoculation n'a pas eu d'effet significatif sur les rendements en matière sèche aérienne des plants ($p = 0,9598$) (Tableau 2). Les rendements maximum moyens sont obtenus chez les plants témoins non inoculés avec $4533 \pm 239 \text{ kg.ha}^{-1}$. Les plants inoculés ont produit 4441 ± 178 et $4169 \pm 214 \text{ kg.ha}^{-1}$ respectivement avec *G. fasciculatum* et *G. mosseae*.

Aussi, à la fin du cycle, l'inoculation mycorhizienne n'a pas entraîné une variation

du poids sec racinaire ($p = 0,6590$). Les plants inoculés ainsi que les témoins présentent des valeurs de poids sec racinaire statistiquement homogènes. Les témoins présentent une production racinaire sèche de 13,23 g, tandis que celle des plants inoculés varie entre 14,24 g (avec *G. mosseae*) et 15,13 g (avec *G. fasciculatum*).

Evolution de la hauteur des plants

Les mesures hebdomadaires effectuées du 28^e au 48^e jour et au 63^e jour montrent une croissance régulière des plants. L'analyse de variance montre que la hauteur ne diffère pas significativement au cours du cycle, entre plants inoculés et témoins non inoculés ($p = 0,4442$) (Figure 2). Du 36^e au 48^e jour, la croissance s'est accélérée aussi bien chez les plants inoculés que leurs témoins non inoculés. Mais cette croissance subite pendant cette phase est une caractéristique intrinsèque du sésame.

Nombre de feuilles et de capsules

Le nombre de feuilles au cours du cycle ne diffère pas significativement entre plants inoculés et témoins non inoculés ($p = 0,4655$) (Figure 3). Par rapport aux témoins, les souches inoculées n'ont pas influé davantage sur le développement des plants. C'est aussi pendant cette phase de croissance accélérée que la production de feuilles a triplé chez tous les plants. Ce phénomène s'observe toujours pendant la croissance normale du sésame.

Egalement, pour le nombre de capsules produites par plante, l'analyse de variance ne montre pas de différence significative entre les plants inoculés et leurs témoins ($p = 0,5916$). Les plants inoculés ont eu une production similaire (85 et 83 capsules respectivement avec *G. mosseae* et *G. fasciculatum*) à celle des témoins (82 capsules).

Tableau 1 : Effet de l'inoculation mycorhizienne sur le PMG.

Traitement	Poids de mille graines (g)
<i>G. fasciculatum</i>	3,91±0,03 a
<i>G. mosseae</i>	3,91±0,03 a
Témoin	3,90±0,03 a

Les valeurs affectées des mêmes lettres sont identiques au seuil de 5% (test de Tukey).

Tableau 2 : Effet de l'inoculation mycorhizienne sur le rendement des graines et de la matière sèche aérienne.

Traitement	Rendement graines (kg.ha ⁻¹)	Rendement MS aérienne (kg.ha ⁻¹)
<i>G. fasciculatum</i>	1324±78 a	4441±178 a
<i>G. mosseae</i>	1050±166 a	4169±214 a
Témoin	1019±319 a	4533±239 a

Pour une même colonne, les valeurs affectées des mêmes lettres sont identiques au seuil de 5% (test de Tukey).

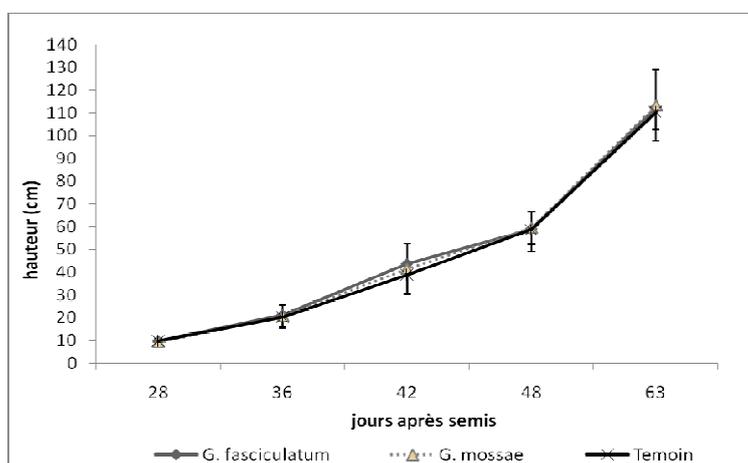


Figure 2 : Evolution de la hauteur des plants au cours du cycle.

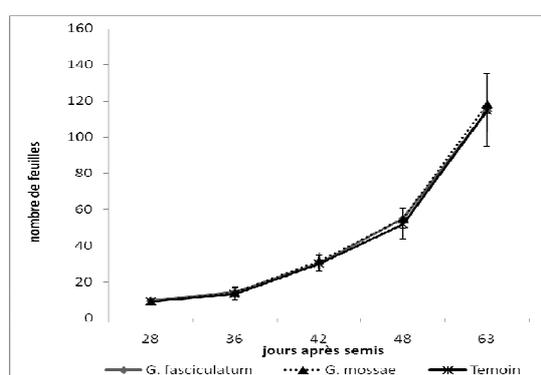


Figure 3 : Evolution de la production de feuilles par plante au cours du cycle.

DISCUSSION

La pluviométrie obtenue cette année correspond à la moyenne de cette zone. Les pluviométries recueillies pendant les trois années au niveau de la station expérimentale, varient entre 678,8 mm en 2005, 479 mm en 2006, et 508 mm en 2007. La pluviométrie des trois dernières décennies a baissé de 25% et varie, en moyenne, de 300 à 500 mm dans le Centre Nord et de 500 à 700 mm dans le Centre Sud (ISRA, 2002).

Malgré l'importance des CMA dans les écosystèmes (Oehl et al. 2003, 2004), au regard des résultats obtenus dans cette expérimentation, il n'est apparu aucune différence significative entre les plants inoculés et les témoins pour toutes les variables considérées. Ces résultats concordent avec ceux de Planchette et al. (2000) qui ont observé que la mycorhization du mil par *Glomus aggregatum* n'a pas stimulé sa croissance. Par contre les travaux de Laminou (2010) montrent que l'inoculation mycorhizienne stimule la croissance du sorgho (*Sorghum bicolor* L. Moench) et du niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp).

Si des différences significatives entre les plants inoculés et les témoins non inoculés, sont apparues dans les expériences en pots, en milieu contrôlé, avec des sols stérilisés, ce n'est pas le cas en milieu naturel, où nous sommes en présence de souches indigènes (Cornet et Diem, 1982). Bien qu'il y ait une compatibilité fonctionnelle entre espèces végétales et les CMA déterminant l'association préférentielle entre les symbiotes (Diaga et al., 2003), les essais d'inoculation au champ de plants avec un champignon n'ont pas toujours donné les résultats espérés, souvent en raison de la compétition exercée par les CMA indigènes (Cornet et Diem, 1982) et la présence d'autres microorganismes. Une telle compétition n'existe pas dans les cas où le sol est stérilisé pour éliminer les organismes parasites. Dans ces conditions, la stérilisation détruit aussi la flore microbienne naturelle. Deux caractéristiques du sol influent particulièrement sur la réussite de l'introduction au champ de CMA : la présence

d'une microflore indigène et la fertilité du sol (Fitter et Garbaye, 1994). En effet, à moins d'une stérilisation complète du sol, difficilement réalisable en conditions naturelles, il y aura des interactions entre la microflore endogène et le champignon introduit. Ces interactions peuvent être délétères (compétition, prédation, parasitisme), neutres et/ou stimulantes (mutualisme). Dans nos conditions d'expérimentation en milieu naturel, il n'est pas exclu une infection combinée des plants inoculés par la ou les souche(s) indigène(s). Comme Laminou (2010), les observations microscopiques ne nous permettent pas de relever quelle(s) souche(s) est, ou sont, à l'origine de l'infection des plants.

C'est la différence sur la longueur de racine infectée, qui distingue *G. mosseae* et *G. fasciculatum* des CMA indigènes. Si dans tous les cas, il n'y a pas de différence significative entre les plants inoculés et leurs témoins, c'est parce que l'intensité de mycorhization n'a pas varié d'un traitement à l'autre. Ce paramètre va influencer sur les autres variables mesurées. A ce niveau, la dose d'inoculum pourrait être jugée faible pour entraîner des différences en milieu naturel. La dose appliquée ici (15 g) a permis d'obtenir des différences significatives en milieu stérilisé (Diouf et al., 2002). En milieu naturel, une dose beaucoup plus élevée donnerait peut-être les résultats espérés. Cependant, selon Hetrick et al. (1992), la croissance des plants n'est pas forcément liée au degré de colonisation de leurs racines par les CMA.

Aussi, il se pose le problème de l'efficacité des souches présentes. Dans les conditions naturelles, les souches indigènes peuvent se révéler plus ou aussi efficaces que les souches introduites. En milieu contrôlé, l'expérimentation sur quatre variétés de sésame a montré que *G. fasciculatum* et *G. mosseae* permettent une meilleure colonisation des racines que *G. constrictum* (Sulochana et al., 1989).

Selon Gazey et al. (2004), la similitude des effets des souches indigènes avec ceux des souches inoculées, fait penser que la présence des dernières pourrait compenser les

premières, dans des sols où la population de CMA est faible. On peut aussi considérer que la dose d'inoculum apportée serait insuffisante pour induire un taux de mycorhization suffisant pouvant entraîner des hausses de rendements. Il serait alors opportun de mener une étude sur les doses d'inoculum à apporter, susceptibles d'améliorer significativement la qualité microbiologique du sol et les rendements du sésame malgré que le bénéfice procuré aux plantes infectées par les CMA dépende de la plante hôte et du milieu (Diagne et Ingleby, 2003).

Conclusion

L'observation des racines colorées montre que l'intensité de mycorhization n'a pas varié d'un traitement à l'autre. Les plants sont tous mycorhizés à un même niveau, avec ou sans apport de souche étrangère. L'inoculation mycorhizienne, dans les conditions expérimentales ci-dessus, ne s'est pas révélée efficace, dans la mesure où les résultats obtenus au niveau des parcelles non inoculées sont statistiquement identiques à ceux des parcelles inoculées. Par rapport aux témoins, elle n'a engendré ni une accélération de la croissance des plants, ni une augmentation des rendements (graines et matière sèche), de production de capsules et de racines. L'inoculation peut, cependant, avoir son utilité lorsque le potentiel mycorhizogène du sol ne permet pas l'établissement d'une symbiose optimale.

RÉFÉRENCES

- Al-Karaki G, McMichael B, Zak J. 2004. Field response of wheat to arbuscular mycorrhizal fungi and drought stress. *Mycorrhiza*, **14**: 263–269.
- Bâ AM, Planchette C, Danthu P, Duponnois R, Guissou T. 2000. Functional compatibility of two arbuscular mycorrhizae with thirteen fruit trees in Senegal. *Agroforestry Systems*, **50**: 95–105.
- Badiane AN, Khouma M, Séne M. 2000. Gestion et transformation de la matière organique. Synthèse des travaux menés au Sénégal depuis 1945, ISRA, INSAH, CTA, 131 p.
- Boukcim H, Mousain D. 2001. Effets de la fertilisation phosphatée sur la mycorhization, la croissance et la nutrition en phosphore et en azote de semis de Cèdre (*Cedrus atlantica Manetti*) inoculés en pépinière par *Tricholoma tridentinum* Sing. var. *cedretorum* Bon. *Ann. For. Sci.*, **58** : 289–300.
- Boureima S, Diouf M, Diop TA, Diatta M, Léye EM, Ndiaye F, Seck D. 2007. Effects of arbuscular mycorrhizal inoculation on growth and development of sesame (*Sesamum indicum* L.). *Afr. J. Agric. Res.*, **3**(3): 234-238.
- Brundrett M, Bougher N, Dell N, Grove T, Malajczuk N. 1996. *Working with Mycorrhizas in Forestry and Agriculture*. Australian Centre for International Agricultural Research: Canberra; 374 p.
- Cornet F, Diem HG. 1982. Etude comparative de l'efficacité des souches de *Rhizobium* d'Acacia isolées des sols du Sénégal et effet de la double symbiose *Rhizobium-Glomus mosseae* sur la croissance de *Acacia holoserica* et *A. radiana*. *Bois For. Trop.*, **198**: 3-15.
- Diaga D, Tahir AD, Ibrahima N. 2003. Actinorhizal, mycorrhizal and rhizobial symbioses: how much do we know? *African Journal of Biotechnology*, **2**(1): 1-7.
- Diagne O, Ingleby K. 2003. Ecologie des champignons mycorhiziens arbusculaires infectant *Acacia raddiana*. In *Un Arbre au Désert*, Grouzis M, Floc'H L (eds). IRD Editions: Paris ; 205-228.
- Diangar S. 2008. Amélioration de la productivité des systèmes de cultures à base de mil dans le Bassin arachidier du Sénégal. Thèse de Doctorat 3^e cycle, Université Cheikh Anta Diop, Sénégal, 160 p.
- Diem HG, Guèye I, Gianinazzi-Pearson V, Fortin JA, Dommergues YR. 1981. Ecology of VA mycorrhizae in the tropics: the semi-arid zone of Senegal. *Acta Oecol., Oecol. Plant*, **2**: 53-62.

- Diouf M, Diop M, Sarr B. 2002. Carte variétale du sésame (*Sesamum indicum* L.) au Sénégal (cas des régions Centre, Sud et Orientale du pays) : déterminisme agro-climatique, Doc., Ceraas, 10 p.
- Fitter AH, Garbaye J. 1994. Interactions between mycorrhizal fungi and other soil organisms. *Plant and Soil*, **159** : 123-132.
- Fortin JA, Plenchette C, Piché Y. 2009. Mycorrhizas : *The New Green Revolution*. Multimondes Edition: Québec, Canada; 140p.
- Gazey C, Abbott LK, Robson AD. 2004. Indigenous and introduced arbuscular mycorrhizal fungi contribute to plant growth in two agricultural soils from south-western Australia. *Mycorrhiza*, **14**: 355-362.
- Giovannetti M, Mosse B. 1980. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytol.*, **84**: 489-500.
- Hetrick BDA, Wilson GWT, Cox TS. 1992. Mycorrhizal dependency of modern wheat varieties, landraces and ancestors. *Canadian Journal of Botany*, **70**: 2032-2040.
- ISRA. 2002. *Données Pluviométriques de 1992 à 2001 au Sénégal. Base de Données*. CNRA de Bambey.
- Lambert DH, Cole HJr, Baker DE. 1980. Adaptation of vesicular-arbuscular mycorrhizae to edaphic factors. *New Phytologist*, **85** : 513-520.
- Laminou MO. 2010. Fixation des dunes dans le sud-est du Niger : évaluation de l'efficacité de la barrière mécanique, espèces ligneuses adaptées et potentialités d'inoculation mycorrhizienne. Thèse de Doctorat, Université de Liège, Liège, Belgique, p 158.
- Manga A. 2003. Biodiversité des champignons mycorrhiziens arbusculaires d'*Acacia seyal* Del. et évaluation de leurs potentialités symbiotiques en milieu salé. Thèse de doctorat 3^{ème} cycle de biologie végétale, UCAD, Faculté des sciences et techniques, Sénégal.
- Mikola P. 1987. Mycorrhizae under tropical stresses. *Angew. Botanik*, **61**: 15-23.
- Ndiaye JP, Sagna I. 1989. La fertilisation des cultures au Sénégal : bilan-diagnostic et perspectives. Ministère du Développement rural, Sénégal, 93p.
- Noua'im R, Chaussod R. 1996. Rôle des mycorrhizes dans l'alimentation hydrique et minérale des plantes, notamment des ligneux de zones arides. Cahiers Options méditerranéennes, Vol. 20 Séminaire.
- Oehl F, Sieverding E, Ineichen K, Mäder P, Boller T, Wiemken A. 2003. Impact of land use intensity on the species diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in agroecosystems of Central Europe. *Appl Environ Microbiol*, **69**: 2816-2824.
- 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.
- Plenchette C, Bois J-F, Duponnois R, Cadet P. 2000. La mycorrhization (*Glomus aggregatum*) du mil (*Pennisetum glaucum*). *Etudes et Gestion des Sols*, **7**(4): 379-383.
- Prakash A, Tandon V, Sharma NC. 2004. Effect of rock phosphate and VAM inoculation on growth and nutrient uptake in *Sesamum indicum* L. *Physiol. Mol. Biol. Plants*, **10**(1): 137-141.
- Sampath Kumar G, Muruges S, Rajendran A, Madhumathi B, Ganesh Kumar A. 2002. Association of VAM fungi with sesame and its influence on growth. Sesame and Safflower Newsletter No. 17.
- Schroeder MS, Janos DP. 2004. Phosphorus and intraspecific density alter plant responses to arbuscular mycorrhizas. *Plant Soil*, **264**: 335-348.
- Sulochana T, Manoharachary C, Rama Rao T. 1989. Growth response and root colonization in cultivars of sesame to VAM fungi. *Curr. Sci.*, **58**(9): 519-520.