

Effets de l'inoculation mycorrhizienne du substrat sur la croissance et la résistance au stress hydrique de cinq espèces fixatrices de dunes : *Acacia raddiana* Savi ; *Acacia nilotica* (L.) Willd. Ex Del. var. *adansonii* ; *Acacia senegal* (L.) Willd ; *Prosopis chilensis* Stunz. et *Bauhinia rufescens* Lam..

Effects of mycorrhizal inoculation of the substrate on growth and water stress tolerance of five sand dune fixing species: *Acacia raddiana* Savi ; *Acacia nilotica* (L.) Willd. Ex Del. var. *adansonii* ; *Acacia senegal* (L.) Willd ; *Prosopis chilensis* Stunz. and *Bauhinia rufescens* Lam..

LAMINOUS MANZO, O. ¹ , IBRAHIM, D. ² , CAMPANELLA B. ¹ & PAUL R. ¹

Abstract: Effects of the addition of an indigenous mycorrhizal complex, coming from soils of Gouré and of *Glomus intraradices* in a non sterile culture substrate were assessed on five woody species, among which 3 acacias (*A. nilotica*, *A. raddiana*, *A. senegal*), *Bauhinia rufescens* and *Prosopis chilensis*, in a tree nursery and on a sand dune of Gouré.

In the nursery, species underwent a water stress by interrupting the watering during six days. Foliar hydration has been determined in order to evaluate the respective effects of the mycorrhizal inoculation for water loss limitation.

Mycorrhizal root colonization has been determined as well as plant height and total biomass.

In a field experiment, inoculated and non inoculated species have been planted on a mechanically prefixed sand dune portion in order to evaluate the effects of mycorrhizal inoculations on growth in the field.

Results in nursery showed that (i) the non sterile soil would contain some endogenous AMF (arbuscular mycorrhizal fungi) as infectious as those in soils with mycorrhizal additions; (ii) addition of *Glomus intraradices* would be efficient to stimulate total biomass and (iii) natural mycorrhization would be as efficient as both mycorrhizal addition for growth stimulation and water loss limitation by transpiration.

Results on site confirm the comparable effectiveness of the natural mycorrhization and mycorrhizal additions. Although the addition of *G. intraradices* appears to be slightly superior by some aspects on some species, the observed effects do not justify preferring it, when compared to indigenous composite inoculum or to natural mycorrhization in this zone.

Key-words: *A. nilotica*, *A. raddiana*, *A. senegal*, *Bauhinia rufescens*, *Prosopis chilensis*, *Glomus intraradices*, indigenous mycorrhizal complex, Gouré, sand dunes.

Résumé: Un substrat de culture naturel, non stérilisé, a été inoculé par un complexe mycorrhizien de souches indigènes, provenant des sols de Gouré, ou par du *Glomus intraradices*. Les effets de l'inoculation ont été observés sur cinq espèces ligneuses, dont 3 acacias (*A. nilotica*, *A. raddiana*, *A. senegal*), *Bauhinia rufescens* et *Prosopis chilensis*, en pépinière et en sol dunaire.

En pépinière, les espèces ont subi un stress hydrique par interruption d'arrosage durant six jours. Les taux d'hydratation foliaire ont été calculés, afin d'évaluer les effets de la mycorrhization sur la limitation des pertes d'eau par transpiration.

Les différents taux de mycorrhization ont été déterminés ainsi que la croissance des plants et la production de la biomasse totale. Dans un essai de terrain, les espèces inoculées et non inoculées ont été plantées sur un cordon dunaire, préfixé mécaniquement, en vue d'évaluer les effets des différents apports mycorrhiziens au champ sur la croissance en hauteur des plants.

Les résultats en pépinière ont montré que (i) le sol de pépinière non stérilisé contient des CMA

¹ Laboratoire de Toxicologie environnementale, Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux. Passage des Déportés, 2 à B - 5030 Gembloux - Belgique.

lamine_ous@yahoo.fr, campanella.b@fsagx.ac.be, paul.r@fsagx.ac.be

² Ecole Normale Supérieure, Université Abdou Moumouni, BP. 10 960, Niamey (NIGER).

(champignon mycorhizien à arbuscules) endogènes aussi infectifs que les souches contrôlées ; (ii) l'apport du *Glomus intraradices* est efficace dans la stimulation de la production de biomasse totale et (iii) la mycorhization naturelle .

Les résultats en pépinière ont montré que (i) le sol de pépinière non stérilisé contient des CMA (champignon mycorhizien à arbuscules) endogènes aussi infectifs que les souches contrôlées ; (ii) l'apport du *Glomus intraradices* est efficace dans la stimulation de la production de biomasse totale et (iii) la mycorhization naturelle est quasi aussi efficace que les deux apports mycorhiziens dans la stimulation de la croissance en hauteur et dans la limitation de la perte d'eau des espèces par transpiration.

Les résultats sur site confirment l'efficacité comparable de la mycorhization naturelle à celle des apports mycorhiziens.

Bien que l'effet du *G. intraradices* apparaisse être bénéfique en certains points chez quelques espèces, les effets observés ne justifient pas d'office de le préférer à l'inoculum composite de souches indigènes, ni à la mycorhization naturelle dans cette zone.

Mots-clés : *A. nilotica*, *A. raddiana*, *A. senegal*, *Bauhinia rufescens*, *Prosopis chilensis*, *Glomus intraradices*, complexe mycorhizien de souche indigène, Gouré, dunes de sable.

INTRODUCTION

Dans le sud-est du Niger, des dunes de sable, jadis fixées par une végétation d'arbustes et d'arbres, sont remises en mouvement par les sécheresses récurrentes qu'a connues le Sahel et par l'action de l'homme dans sa quête de se procurer du combustible, des terres de culture et des pâturages. Sous l'action des vents, les dunes se déplacent et ensablent les rares terres de culture encore fertiles, notamment les cuvettes, contraignant ainsi les populations à abandonner leur terroir.

Des opérations de fixation des dunes ont été entreprises pour limiter les effets de cet ensablement, mais les résultats restent insuffisants. Les espèces utilisées ne survivent pas aux conditions édaphiques sévères, caractérisées par un déficit hydrique chronique, ou sont très rapidement ensevelies par le sable à cause de leur croissance trop lente. Pourtant, l'adéquation entre le choix des ligneux et les conditions hydriques des sites est l'un des facteurs déterminants de la réussite des plantations (OKALI & DODOO, 1973), particulièrement pour la fixation des dunes. Il a été démontré que les champignons mycorhiziens à arbuscules (CMA) augmentent la résistance des plants au stress hydrique (DAVIES *et al.*, 1992 ; SUBRAMANIAN & CHAREST, 1997), stimule la croissance des plantes (HAMEL & PLENCHETTE, 2007), améliore le taux de survie et la croissance des plants (GARBAYE, 1991) et participe à l'amélioration de la structure du sol (NOUAIM & CHAUSSOD, 1996). Ces effets, induits par les CMA, qui ont des applications en agriculture, en horticulture et plantations arbustives (STRULLU, 1991 ; FORTIN *et al.*, 2008.), sont aussi recherchés pour la réhabilitation de sols pollués (BELL *et al.*, 2003). Quelques études ont montré les effets bénéfiques de la mycorhization de plantes sur la fixation des dunes (FUNATSU *et al.*, 2005 ; GREIPSSON & EL-MAYAS, 2000).

L'objectif de cette étude est de tester la compétitivité d'un CMA introduit, *Glomus intraradices*, par rapport à un complexe de CMA isolés et à l'inoculum naturel du site. Les espèces ligneuses étudiées: *Acacia raddiana* Savi, *Acacia nilotica* (L.) Willd. Ex Del. var. *adansonii*, *Acacia senegal* (L.) Willd., *Prosopis chilensis* Stunz. et *Bauhinia rufescens* Lam., sont régulièrement utilisées pour la fixation des dunes.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

L'étude a été conduite, simultanément, en pépinière et sur une dune de sable aux abords de la cuvette oasienne de Woro, située à 10 km à l'est de la ville de Gouré (Région de Zinder au Niger). La cuvette, dépression topographique interdunaire où la faible profondeur

de la nappe phréatique permet l'agriculture, couvre une surface de 3,3 ha. Le site se situe à 13°56'56" de latitude Nord et 10°19'28" de longitude Est avec une altitude de 395 m. Le climat est de type tropical aride avec des précipitations annuelles moyennes de 100 à 300 mm. Il est caractérisé par une période sèche de 9 à 10 mois, de fréquentes sécheresses et des vents forts et érosifs (Harmattan).

Matériel de culture en pépinière

Dans le cadre de nos essais, une pépinière a été installée au sein de cette cuvette, dans l'objectif de produire des plants et de servir à des mesures de tolérance au stress hydrique. Le substrat de culture utilisé dans la production des plants est essentiellement composé du sol intérieur de la cuvette non stérilisé (tableau I).

Tableau I : Caractéristiques physico-chimiques du sol utilisé comme substrat de culture

Sables grossiers (200 à 2000 μ m) (%)	64.45
Sables fins (50 à 200 μ m) (%)	25.67
Limon (2 à 50 μ m) (%)	4.93
Argile (<2 μ m) (%)	4.95
pH	6.5
C (%)	1.4
N (%)	0.16
C/N	9
P total (ppm)	93.4
P assimilable (ppm)	38.4
Ca (méq/100g)	5.4
Mg (méq/100g)	2.6
K (méq/100g)	0.66
Na (méq/100g)	traces
Bases totales (méq/100g)	8.66

Les graines d'*Acacia raddiana* Savi, d'*Acacia nilotica* (L.) Willd. Ex Del. var. *adansonii*, d'*Acacia senegal* (L.) Willd, de *Prosopis chilensis* Stunz. et de *Bauhinia rufescens* Lam., ont été fournies par le centre semencier de la Direction Nationale de l'Environnement du Niger. Elles ont été traitées avec une solution d'acide sulfurique concentrée à 95%, puis rincées 4 à 5 fois dans de l'eau distillée, pour lever la dormance et faciliter la germination.

Des pots en polyéthylène, de 20 cm de hauteur sur 9 cm de diamètre, ont été remplis au 4/5 de leur volume avec le substrat de culture, non stérilisé, et arrosés

à la capacité au champ 48 heures avant le semis. Après 3 mois de culture, ces pots ont été remplacés par des seaux de 10 litres.

Traitements

- Un inoculum allochtone de *Glomus intraradices* nous a été fourni par l'INRA de Dijon. Il est constitué d'extrémités de racines de poireau mycorhizées et d'argile calcinée. L'apport de cet inoculum au substrat de culture non stérilisé constitue le premier traitement dans cet essai, qualifié de 'traitement *Glomus intraradices*' (GI).

Les principales caractéristiques quantifiées dans 100 ml de cet inoculum indigène sont les suivantes :

- 350 fragments racinaires ;
- 138 vésicules par fragment d'un cm environ ;
- 1,19 cm de longueur moyenne par fragment racinaire ;
- 0,16 mg de poids moyen de fragment racinaire.

- Un inoculum indigène composite, (complexe mycorhizien de souches indigènes), constitué de différentes espèces de CMA (champignons mycorhiziens à arbuscules) a été isolé et multiplié (suivant la méthode de MORTON & WALKER, 1992) à l'Université Abdou Moumouni de Niamey, à partir d'échantillons de sol prélevés au pied des espèces étudiées, autour des cuvettes oasiennes. Cet inoculum est composé des extrémités de racines mycorhizées de sorgho, mil et niébé, et de sable. Les principales caractéristiques quantifiées dans 100 ml de cet inoculum indigène sont les suivantes :

- 360 fragments racinaires ;
- 69 vésicules par fragment d'un cm environ ;
- 1,15 cm de longueur moyenne par fragment racinaire ;

- 0,5 mg de poids moyen de fragment racinaire ;

Cet inoculum indigène, ajouté au substrat de culture non stérilisé, constitue le deuxième traitement, qualifié de 'traitement local' (Lc).

- Le troisième traitement est constitué du substrat de culture non stérilisé, sans aucun apport, qualifié d'"inoculum naturel" (T).

L'inoculation des plants a consisté en un apport, au substrat de culture, de 100 ml du complexe CMA indigène ou de *Glomus intraradices* placés autour des graines lors des semis (CORDELL *et al.*, 1987).

Les pots, semés et disposés dans la pépinière à l'air libre, ont été régulièrement arrosés avec l'eau d'un puits 2 fois par jour.

Dispositifs expérimentaux

Les plants d'*A. raddiana*, d'*A. nilotica*, d'*A. senegal*, de *P. chilensis* et de *B. rufescens*, cultivés en pépinière, ont été répartis sur les deux sites expérimentaux : la pépinière et la dune de sable.

Le dispositif expérimental en pépinière est de type factoriel à 2 facteurs (Arbre x Inoculation). Le facteur « Arbre » est à 5 niveaux (*A. raddiana*, *A. nilotica*, *A. senegal*, *P. chilensis*, *B. rufescens*) et le facteur « Inoculation » à 3 niveaux (*Glomus intraradices* (Gl), *Inoculum* indigène (Lc) et substrat de culture non stérilisé et non inoculé (T)). Ce dispositif est totalement randomisé et comporte 5 espèces x 3 traitements avec 10 répétitions/traitement, soit 150 plants au total.

Des paramètres de croissance (hauteur, matière sèche totale), le taux de mycorhization, la résistance au stress hydrique (taux d'hydratation) ont été mesurés après 20 mois de culture. A la fin de l'expérimentation, les plants ont été soumis à un stress hydrique par conduite à sec (interruption d'arrosage) pendant 6 jours. Le taux d'hydratation et la masse sèche du matériel végétal de chaque traitement ont été calculés pour évaluer, d'une part, la résistance au stress hydrique et, d'autre part, la production de biomasse totale.

Le taux d'hydratation a été calculé selon la formule : $100 \times (\text{Poids frais} - \text{Poids sec}) / \text{Poids frais}$.

L'observation de la colonisation racinaire a été faite après coloration selon la technique de PHILIPS & HAYMAN (1970) et le pourcentage de colonisation a été déterminé suivant la méthode « Gridline Intersect » de GIOVANNETTI & MOSSE (1980).

L'autre partie des plants a été utilisée dans l'essai sur le terrain. Les plants ont été transplantés sur un cordon dunaire préfixé mécaniquement par un quadrillage à base de branchages de *Leptadenia pyrotechnica* (Forssk.) Decne., en amont de la cuvette oasisienne de Woro,

Le dispositif de fixation de dunes a été installé perpendiculairement aux vents dominants de direction NNE.

La zone entièrement clayonnée sur 1.2m de haut en moyenne, a 250 m de large et 32 m de profondeur. Elle a été divisée en 40 parcelles rectangulaires de 10m x 16m. Les plants des différents traitements ont été transplantés dans les parcelles à raison d'un même traitement par parcelle avec des écartements de 3m x 2m.

Les plants ont été suivis pendant une période de 12 mois après la transplantation.

Les caractéristiques physico-chimiques du sol dunaire de Woro sont présentées au tableau II. Le dispositif expérimental de l'essai au champ, en plantation sur le cordon dunaire, est le même que celui installé en pépinière.

Traitement statistique

Les données collectées des différents paramètres ont été soumises à une analyse de variance avec le logiciel statistique SAS 9.1 (test de Fischer, LSD) et les moyennes des variables ont été comparées en utilisant le test de Newman Keuls au seuil de probabilité $p=5\%$ dans le cas où un effet significatif ($p<5\%$) a été mis en évidence.

Tableau II: Caractéristiques physico-chimiques du sol de la dune de Woro

Sables grossiers (200 à 2000 μ m) (%)	67.60
Sables fins (50 à 200 μ m) (%)	26.70
Limon (2 à 50 μ m) (%)	4.40
Argile (<2 μ m) (%)	1.30
pH	5.4
C (%)	0.14
N (%)	0.01
C/N12	
P total (ppm)	0.06
P assimilable (ppm)	0.02
Ca (m \acute{e} q/100g)	1.5
Mg (m \acute{e} q/100g)	0.6
K (m \acute{e} q/100g)	0.08
Na (m \acute{e} q/100g)	traces
Bases totales (m \acute{e} q/100g)	2.18

RESULTATS

Expérimentation en pépinière

Les analyses statistiques des différents taux d'intensité de mycorhization des espèces montrent que l'apport de *Glomus intraradices* n'a induit une colonisation racinaire significativement plus élevée que les autres traitements que chez *Acacia senegal*. Chez les autres espèces, les taux de mycorhization induits par les différents traitements appartiennent au même groupe homogène (tableau I).

Les résultats montrent que les racines des cinq espèces étudiées sont endomycorhizées. L'endomycorhization provoquée est effective.

Cette observation dénote du caractère endomycorhizien des CMA apportés par les différents traitements, signifié par l'absence de spécificité du symbiote fongique vis-à-vis de la plante-hôte (PLENCHETTE, 1991).

Tableau I : Intensité de mycorhization chez les espèces (en %)

Traitements	<i>A.nilotica</i>	<i>A.raddiana</i>	<i>A.senegal</i>	<i>B.rufescens</i>	<i>P.chilensis</i>
<i>G.intraradices</i>	24, 43 a	22, 53 a	26, 12 a	22, 90 a	23, 05 a
CMA indigenes	3, 01 a	21, 55 a	22, 16 b	22, 28 a	23, 65 a
Inoculum naturel	21,67 a	22,1 a	21,67 b	25,43 a	21,05 a

Dans une même colonne, les valeurs suivies d'une même lettre ne diffèrent pas significativement (LSD, $p < 5\%$).

Dans la production de biomasse totale, le traitement avec apport de *G. intraradices* a eu des effets significativement positifs chez toutes les espèces ligneuses, à l'exception de *B. rufescens*, par rapport à l'inoculum naturel.

Le traitement avec apport du complexe mycorhizien de souches indigènes a induit une production de la biomasse totale significativement plus importante que le traitement inoculum naturel seulement chez deux espèces d'*Acacia* : *A. nilotica* et *A. senegal* (Tableau II).

Tableau II: Effets de la mycorhization sur la production de la biomasse totale des espèces (en g)

Traitement	<i>A.nilotica</i>	<i>A.raddiana</i>	<i>A.senegal</i>	<i>B.rufescens</i>	<i>P.chilensis</i>
<i>G.intraradices</i>	30,92 a	96,26 a	102,07 a	87,88 a	219,49 a
CMA indigenes	115,44 a	76,95 b	91,96 a	85,28 a	197,94 b
Inoculum naturel	94,72 b	80,41 b	75,11 b	99,47 a	192,06 b

Dans une même colonne, les valeurs suivies d'une même lettre ne diffèrent pas significativement (LSD, $p < 5\%$).

En ce qui concerne la croissance en hauteur des espèces, le traitement avec apport de *G. intraradices* n'a eu d'effets significatifs, par rapport l'inoculum naturel, que chez l'espèce *A. nilotica*, tandis que le complexe mycorhizien de souches indigènes a amélioré significativement la hauteur des plants d'*A. nilotica* et *P. chilensis* (Tableau III).

Par contre, on note une dépression de la croissance en hauteur, suite aux apports mycorhiziens, et par rapport au traitement sans inoculation, chez les plants de certaines espèces ; c'est le cas pour le traitement avec apport de *G. intraradices* chez *A. raddiana* et *A. senegal* et pour le traitement avec apport du complexe mycorhizien de souches indigènes chez *A. raddiana*.

Tableau III. Croissance en hauteur des espèces en pépinière (en cm)

Traitement	<i>A.nilotica</i>	<i>A.raddiana</i>	<i>A.senegal</i>	<i>B.rufesecens</i>	<i>P.chilensis</i>
<i>G.intraradices</i>	82, 76 a	76, 62 b	58, 95 b	65, 99 a	161, 19 b
CMA indigenes	75, 11 b	71, 89 b	64, 01 a	65, 54 a	171, 95 a
Inoculum naturel	67, 93 c	85, 91 a	64, 61 a	68, 77 a	153, 68 b

Dans une même colonne, les valeurs suivies d'une même lettre ne diffèrent pas significativement (LSD, $p < 5\%$).

Après 6 jours de stress hydrique, les différents taux d'hydratation obtenus ont montré qu'aucun des deux traitements avec apport mycorhizien n'a significativement limité la perte d'eau des plants par transpiration, par rapport au traitement 'inoculum naturel' (tableau IV). Les différents taux appartiennent aux mêmes groupes homogènes.

Tableau IV : Taux d'hydratation des espèces après six jours de stress hydrique (en %)

Traitement	<i>A.nilotica</i>	<i>A.raddiana</i>	<i>A.senegal</i>	<i>B.rufesecens</i>	<i>P.chilensis</i>
<i>G.intraradices</i>	36, 30 a	67, 67 a	33, 56 a	4 a	6, 49 a
CMA indigene	28, 71 a	65, 85 a	47, 25 a	2, 02 a	2, 06 a
Inoculum naturel	19,31 a	56, 27 a	36, 89 a	6, 82 a	3, 37 a

Dans une même colonne, les valeurs suivies d'une même lettre ne diffèrent pas significativement (LSD, $p < 5\%$).

Expérimentation au champ

Les résultats de l'analyse statistique, relatifs à la croissance en hauteur des espèces au champ, montrent que les apports mycorhiziens n'ont pas eu d'effets significatifs, par rapport au traitement inoculum naturel (Tableau V).

Tableau V : Croissance en hauteur des espèces sur le site (en cm)

Traitement	<i>A.nilotica</i>	<i>A.raddiana</i>	<i>A.senegal</i>	<i>B.rufesecens</i>	<i>P.chilensis</i>
<i>G.intraradices</i>	25, 49 b	42, 36 a	24, 67 a	15,92 a	68,70 a
CMA indigene	45, 96 a	32, 37 a	21,72 a	19,41 a	55,34 a
Inoculum naturel	43,97 a	36, 33 a	22,12 a	17,29 a	55,32 a

Dans une même colonne, les valeurs suivies d'une même lettre ne diffèrent pas significativement (LSD, $p < 5\%$).

Par contre, on note une dépression de la croissance avec *G. intraradices* chez les plants d'*A. nilotica*, résultat inverse de celui observé en pépinière avec le même traitement.

DISCUSSION

L'expérimentation a montré que le sol intérieur de la cuvette, utilisé ici comme substrat de culture, contient des propagules de CMA capables de s'associer aux racines des cinq espèces étudiées. Ce sol contient donc une ou plusieurs souches de CMA infectifs.

Le substrat de culture non inoculé induit des taux d'infection comparables aux traitements par *Glomus intraradices* et par le complexe de souches indigènes chez toutes les espèces, à l'exception de *A. senegal*.

Le sol de la cuvette de Woro présente donc une capacité de développer naturellement une infection mycorhizienne, avec un taux quasi identique à ceux obtenus par inoculation. Ces résultats ne sont pas en accord avec ceux de MUNRO *et al* (1999), qui ont obtenu des taux de mycorhization par inoculation significativement plus importants que le témoin sur un sol non stérilisé, avec des plants d'*Acacia tortilis*.

Cependant, les taux de mycorhization des racines observées, dans notre étude, paraissent faibles, comparés à ceux enregistrés par DIAGNE & INGLEBY (2003) sur les mêmes espèces végétales au Sénégal (entre 39 et 56%) et par PLENCHETTE *et al* (1989). Cette faible mycorhization pourrait constituer un handicap dans la stabilisation de sol dunaire car, selon DÉGENS *et al.* (1999), l'accroissement de la stabilité dans l'agrégation des éléments du sol serait largement lié à la croissance des hyphes dans le sable.

Selon DIAGNE & INGLEBY (2003), la faiblesse de l'infection peut s'expliquer par l'utilisation d'un sol plus pauvre en N, P et K dans l'élevage des plants.

Les mêmes auteurs ont mis en évidence la faiblesse de l'endomycorhization (< 45%) en utilisant comme substrat des sols perturbés ou érodés du nord (Tunisie) et sud (Sénégal) du Sahara, comparés à des sols non ou peu perturbés (Oasis de Gabès) (jusqu'à 100% d'infection), où la présence de terres arables permet une activité biologique favorable..

Cependant, selon les travaux de DAHIRATOU (1994), il n'y a pas de corrélation entre intensité de mycorhization et propriétés physico-chimiques du sol.

La faible infection mycorhizienne observée pourrait aussi être attribuée à la méthode utilisée dans l'estimation du taux de mycorhization. En effet, la méthode Gridline serait plus rapide mais moins précise que celle utilisée dans certains travaux, dont ceux de KORMANIK & Mc GRAW (1982).

Malgré le faible taux de mycorhization, les résultats relatifs à la biomasse totale produite montrent que les apports mycorhiziens ont induit des effets. Selon certains travaux, il n'est pas nécessaire que le niveau d'infection soit très élevé pour être bénéfique à la plante, particulièrement dans les régions semi-arides (DIAGNE & INGLEBY, 2003). MOORE (1988) affirme qu'au delà de 12% de colonisation racinaire, les avantages tirés par la plante hôte ne sont plus sensibles. HETRICK *et al.* (1992), observent également que la croissance des plants n'est pas forcément liée au degré de colonisation de leurs racines par des CMA.

L'apport de *Glomus intraradices* a été le plus efficace dans la production de la biomasse totale chez toutes les espèces, à l'exception de *Bauhinia rufescens* où aucun traitement n'a eu d'effets significatifs. Le complexe mycorhizien de souches locales n'a été significativement efficace que chez *A. nilotica* et *A. senegal*.

Une production significative de biomasse totale étant largement recherchée dans la fixation des dunes pour un recouvrement rapide et effectif des surfaces, nos résultats encourageraient à une inoculation des plants utilisés à cette fin avec un apport de *G. intraradices*. Cependant, cet apport n'a pas eu la même efficacité dans la stimulation de la croissance en hauteur en pépinière et sur site, autre objectif à rechercher dans la fixation biologique de dunes. En effet, une croissance rapide permet aux plants d'échapper à l'ensevelissement et de survivre.

L'apport de *G. intraradices* sur *A. senegal* induit une dépression dans la croissance en hauteur de cette espèce en pépinière. Les apports mycorhiziens n'ont pas eu d'effets particulièrement remarquables dans la stimulation de la croissance, aussi bien en pépinière que sur le site. Là encore, nos résultats ne concordent pas avec les conclusions de MUNRO *et al* (1999), d'après lesquels l'inoculation mycorhizienne améliore la croissance des plants dans un sol de pépinière non stérilisé.

Cet effet négatif, observé à la suite de deux apports mycorhiziens avec certaines espèces, peut être dû : soit à un déficit en substances carbonées détournées par le champignon (PLENCHETTE, 1991 ; THOMSON *et al*, 1994 ; COOPER, 1984), soit à l'introduction des pathogènes par les apports mycorhiziens (GARBAYE, 1991), soit encore à une prédominance de la mycorhization naturelle. GREIPSSON & EL-MAYAS (2000) ont observé que la croissance des plants de *Leymus arenarius* est significativement améliorée par un inoculum de CMA indigènes comparé à des inoculum commerciaux. BELL *et al.* (2003) concluent, pour leur part, à une absence d'effet de l'inoculation sur la croissance de plants d'*Acacia spp.* parce que

les propagules infectifs de CMA indigènes sont déjà présents dans le sol.

Nos résultats ont aussi montré que les apports mycorhiziens n'ont pas limité la perte d'eau de nos espèces en situation de stress hydrique. Cependant, les travaux de DAVIES *et al.* (1992) et SUBRAMANIAN & CHAREST (1997) concluent que la mycorhization augmente la résistance au stress hydrique. L'hypothèse de l'efficacité de l'inoculum naturel par rapport aux apports mycorhiziens pourrait donc aussi expliquer nos résultats et classerait, dans le même groupe, les trois traitements pour ce qui est de leur efficacité dans le maintien du taux d'hydratation des espèces.

CONCLUSION

Cette étude, menée avec l'objectif de tester l'efficacité de souches contrôlées par rapport à la mycorhization naturelle des plants d'espèces fixatrices des dunes, a montré que le substrat de culture non stérilisé, utilisé dans la zone de Gouré, contiendrait des souches de CMA d'infectivité suffisante.

G. intraradices serait plus apte à stimuler la production de biomasse totale chez les espèces, mais son efficacité reste toutefois comparable à celle de l'inoculum composite de souches indigènes et à la mycorhization naturelle vis à vis de la stimulation de la croissance en hauteur ou pour la limitation de la perte d'eau chez les espèces étudiées.

L'inoculation n'est bénéfique que si les souches utilisées sont plus compétitives que les souches existantes dans le sol (BÂ *et al.*, 1996). Il est bien clair que, dans le cadre de cette étude, la mycorhization naturelle doit être privilégiée car le sol, utilisé comme substrat, semble contenir des CMA aussi efficaces que les souches importées.

Dans notre contexte, une étude complémentaire serait souhaitable pour isoler et multiplier le (ou les) CMA contenu (s) naturellement dans ce substrat de culture, et tester l'efficacité de l'inoculum ainsi produit.

RÉFÉRENCES

- BA A. M., DALPHE Y. & GUISSOU T. 1996. Les Glomales d'*Acacia holosericea* et d'*Acacia mangium*. *Bois et Forêts des Tropiques*, 250 : 5-18.
- BELL J., WELLS S., JASPER DA. & ABBOTT LK. 2003. Field inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi in rehabilitation of mine sites with native vegetation, including *Acacia spp.*, *Australian Systematic Botany*, 16 : 131-138.
- COOPER, K. M. 1984. Physiology of VA mycorrhizal association. In: VA mycorrhizae, Eds Powell, C. L. and Bagyaraj, D. J., C R C Press, Inc, Bota Raton, Florida, 155-186.
- CORDELL C. E., MARX D. H., MAUL S. B. & OWEN J. H. 1987. Production and utilization of ectomycorrhizal fungal inoculum in the eastern United States. Proceedings of the 7th North American Conference on Mycorrhizae (Gainesville, Florida), Sylvia, Hung and Graham edit., University of Florida, 287-289.
- DAHIRATOU I. D. 1994. Contribution à l'étude de l'endomycorhization vésiculo-arbusculaire de quelques spermatophytes sahéliennes. Thèse de doctorat, Université de Mons-Hainaut, Belgique. 98p.
- DAVIES F. T., POTTER J. R. & LINDERMAN R. G. 1992. Drought resistance of mycorrhizal pepper plants independent of leaf P concentration-response in gas exchange and water relations. *Physiologia Plantarum*, 87: 45-53.
- DEGENS B. P., SPARLING G. P. & ABBOTT L. K. 1999. Increasing the length of hyphae in a sandy soil increases the amount of water-stable aggregates. *Applied soil ecology*, 3: 149-159.
- DIAGNE O. & INGLEBY K. 2003. Ecologie des champignons mycorhiziens arbusculaires infectant *Acacia raddiana*. In : Un arbre au désert. Paris, IRD Editions, 205-228.
- FORTIN J. A., PICHE Y. & PLENCHETTE C. 2008. Les mycorhizes : la nouvelle révolution verte. Editions Multimondes, 128 p.
- FUNATSU Y., NAKATSUBO T., YAMAGUCHI O., HORIKOSHI T. 2005. Effects of arbuscular mycorrhizal on the establishment of the alien plant *Oenothera laciniata* (Onagraceae) on

- a Japanese coastal sand dune. *Journal of Coastal Research*, 21 : 1054-1061.
- GARBAYE J. 1991. Utilisation des mycorhizées en sylviculture. In : Strullu DG., Garbaye J., Perrin P., Plenchette C. eds. *Les mycorhizes des arbres et plantes cultivées*. Paris: Lavoisier, 197-248.
- GIOVANETTI M. & MOSSE B. 1980. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots, *New Phytol.* 84: 489-500.
- GREIPSSON S. & EL-MAYAS H. 2000. Arbuscular mycorrhizae of *Leymus arenarius* on coastal sands and reclamation sites in Iceland and response to inoculation. *Restoration Ecology*, 8 : 144-150.
- HAMEL C. & PLENCHETTE C. 2007. *Mycorrhizae in Crop Production*, Edit. Haworth Food & Agricultural Products Press, 366 p.
- HETRICK BDA, WILSON GWT & COX TS 1992. Mycorrhizal dependency of modern wheat varieties, landraces and ancestors. *Canadian Journal of Botany* 70: 2032-2040.
- KORMANIK P.P. & MCGRAW A.C. 1982. Quantification of vesicular-arbuscular mycorrhizal in plants roots. In: *Methods and principles of mycorrhizal research*, Schenck, N.C. (ed), American Phytopathological Society, Minnesota, 37-45.
- MOORE J. C. 1998. Plant succession in semi-arid grasslands and response to mycorrhizal colonization. Abstracts Ecological Society of America Meeting, Davis, CA, USA, Morton et Walker, 1992, 312 p.
- MUNRO R.C., WILSON J., JEFWA J., MBUTHIA K.W. 1999. A low-cost method of mycorrhizal inoculation improves growth of *Acacia tortilis* seedlings in the nursery. *Forest Ecology and Management* 113: 51-56
- NOUAIM R. & CHAUSSOD R. 1996. Rôle des mycorhizes dans l'alimentation hydrique et minérale des plantes, notamment des ligneux de zones arides. *Cahiers Options méditerranéennes*, Vol. 20. Séminaire.
- OKALI D.U.U. & DODOO G. 1973. Seedling growth and transpiration of two west african mahogany in relation to water stress in the root medium. *J. Ecol.* 61: 421-38.
- PHILIPS J. M. & HAYMAN D. S. 1970. Improved procedure for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 55 : 158-161.
- PLENCHETTE C. 1991. Utilisation des mycorhizées en agriculture et horticulture. In : Strullu DG., Garbaye J., Perrin P., Plenchette C. eds. *Les mycorhizes des arbres et plantes cultivées*. Paris: Lavoisier, 131-196.
- PLENCHETTE C., PERRIN R. & DUVERT P. 1989. The concept of soil infectivity and a method for its determination as applied to Endomycorrhizas. *Can. J. Bot.*, 67: 112-115.
- STRULLU D. G. 1991. Mycorhizes et développement des plantes. In : Strullu DG., Garbaye J., Perrin P., Plenchette C. eds. *Les mycorhizes des arbres et plantes cultivées*. Paris: Lavoisier, 51-91.
- SUBRAMANIAN K. S. & CHAREST C. 1997. Nutritional, growth, and reproductive responses of maize (*Zea mays* L.) to vesicular mycorrhizal inoculation during and after stress at tasseling. *Mycorrhiza*, 7: 23-25.
- THOMSON B.D, GROVE T.S, MALAJCZUK N & HARDY GEST 1994. The effectiveness of ectomycorrhizal fungi in increasing the growth of *Eucalyptus globulus* Labill. In relation to root colonization and hyphal development in soil. *New Phytologist* 126: 517-524.

