

Effets de l'inoculation de cinq espèces de *Glomus* sur la croissance et la nodulation en pépinière de *Racosperma auriculiforme* en République Démocratique du Congo.

B. Bulakali*, K. Lumande*, N. Luyindula**, N. Mbaya**, †T. Musasa*** & K. Mwange**.

Keywords: *Racosperma* - *Glomus* - Compatibility - Competitivity - Efficiency - Growth response - Kinzono.

Résumé

Racosperma auriculiforme a été inoculé en pépinière avec cinq espèces exotiques de champignons endomycorhiziens à vésicules et arbuscules (E.V.A.). Parmi elles, *Glomus clarum* s'est révélée plus performante. Comparée au témoin et aux autres espèces, elle a stimulé significativement ($P < 0,05$) la taille, la biomasse sèche caulinare, foliaire, radicaire et totale aussi bien que le diamètre au collet des plantules. Son utilisation dans le repeuplement mycorhizogène de la savane herbeuse de Kinzono est envisageable.

Summary

Effects of Inoculation with Five *Glomus* Species on *Racosperma auriculiforme* Growth and Nodulation in a Nursery in the Democratic Republic of the Congo

Racosperma auriculiforme has been inoculated in a nursery with five exotic vesicular - arbuscular mycorrhiza (VAM) species. Among them, *Glomus clarum* revealed to be performant. Compared to the uninoculated control and others endomycorhizal species, it has stimulated significantly ($P < 0,05$) the plant height and the plant dry weight of shoot, root and total just as the plant stem diameter. Its utilization in the mycorrhizogene replanting of the Kinzono grassy savanna is to be envisaged.

Introduction

La savane herbeuse de Kinzono - localité sur le Plateau des Bateke à environ 150 km au Nord-Est de Kinshasa (République Démocratique du Congo) - est chaque année soumise à des feux de brousse incontrôlés susceptibles d'endommager les souches autochtones d'endomycorhizes (21). Ceux-ci perturbent la vie dans le sol, déjà pauvre et acide, de cette contrée. *Racosperma auriculiforme* (A. Cunn. ex Benth.) Pedley (Syn. *Acacia auriculiformis*), essence qui s'est bien adaptée aux conditions édaphoclimatiques du site, a été retenue pour son reboisement. Sa productivité moyenne annuelle est de 12 m³/ha/an de bois de feu de première qualité (5,15, 27, 33, 34).

Selon certains auteurs, cette productivité peut être améliorée par une sélection de propagules efficaces et compétitives adaptées aux conditions particulières du site. Les endomycorhizes ainsi sélectionnées doivent être inoculées en pépinière conjointement avec des *Rhizobia* (11,13,15).

La littérature rapporte à ce sujet les avantages potentiels d'une telle inoculation enregistrés chez *Acacia senegal*, *Acacia holosericea*, *Acacia sensu lato*, *Acacia auriculiformis* et *Acacia mangium* (10,11,13, 30, 37, 38) cultivés dans des conditions telluriques et climatiques différentes.

Le présent travail tente d'évaluer l'efficacité de l'inoculation de cinq espèces endomycorhiziennes sur la croissance et la nodulation en pépinière de *Racosperma auriculiforme*, afin de mettre en évidence la plus performante pour le repeuplement mycorhizogène de la savane herbeuse de Kinzono.

Matériel et méthodes

L'expérimentation a été conduite sur le site du Campus de l'Université de Kinshasa dont les coordonnées géographiques sont: altitude: 440 m; longitude: 15°17'17" Est; latitude: 4°21'57" Sud (20). Les conditions climatiques pendant la durée de l'expérience ont affiché les valeurs moyennes suivantes: température: 26,8°C; humidité relative: 72,6% et évaporation journalière de Piche: 2,5 mm. La précipitation enregistrée a été de 611,5 mm (2).

Origine et préparation du substrat de culture

Le sol utilisé provient d'une jachère de la savane de Kinzono - altitude: 650 m; latitude: 4°22' Sud; longitude: 16°17' Est; température moyenne: 25°C; pluviométrie annuelle moyenne: 1470 mm (21). Il a été séché à l'air libre, puis tamisé (maille: 3 mm). Ses caractéristiques chimiques et microbiologiques sont: pH (KCl IN): 4,6; C: 1,35% (43); N: 0,07% (7); C/N: 19,29; Matière organique: 3,3% (43); P. disponible: 102,7 ppm (6); C.E.C.: 102,7 ppm (6).

Ce travail est dédié à T. Musasa en hommage posthume.

* Université de Kinshasa, Département de Biologie, Faculté des Sciences, B.P. 190, Kinshasa XI, République Démocratique du Congo.

** Division des Sciences de la Vie, CREN-K, B.P. 868, Kinshasa XI, République Démocratique du Congo.

*** Division de radioagronomie, CREN-K, B.P. 868, Kinshasa XI, République Démocratique du Congo.

Reçu le 06.10.95 et accepté pour publication le 29.03.99

Tableau 1
Caractéristiques de l'inoculum E.V.A. utilisé.

Endomycorhizes à vésicules et arbuscules (E.V.A.)	Colonisation endomycorhizienne racinaire (%) (C.E.R.)	Moyenne charge sporale/100 g de sol (4 échantillons)
<i>Glomus clarum</i> Nicolas & Schenck	49	3.885
<i>Glomus intraradices</i> Schenck & Smith	25	4.773
<i>Glomus monosporum</i> Gerdemann & Trappe	67	4.666
<i>Glomus versiforme</i> (Karsten) Berch	38	2.603
<i>Glomus vesiculiferum</i> (Thaxter) Gerdemann & Trappe	54	2.038

5,5 meq/100 g (42); Ca: 0,4 meq/100 g; Mg: 0,1 meq/100 g; K: 0,1 meq/100 g; K/Mg: 1; Al³⁺: 0,43 meq/100 et 1742 spores endomycorhiziennes natives par 100 g de sol sec. Le sol a été conditionné en sachets en polyéthylène noir à raison de 1 kg/sachet.

La végétation prédominante du site est un stratum herbacé comprenant: *Hyparrhenia diplandra* (Hack) stapf; *Rynchelytrum amethysteum* (Franch.) Chiov. de la famille des Poaceae; *Aframomum albo-violaceum* (Ridl) K. Schum de la famille des Zingiberaceae et enfin *Dichrostachys cinerea* (Welw.) Brenan et Brummit de la famille des Mimosaceae.

Préparation de l'inoculum et inoculation des E.V.A.

Les cinq espèces de champignons endomycorhiziens à vésicules et arbuscules (E.V.A.) ont été offertes par le Centre de Recherche en Biologie Forestière, Université Laval, Ste-Foy, Québec.

Leur choix a été dicté par la présence dans le sol de la République Démocratique du Congo des genres endomycoflores suivants: *Glomus*, *Scutellospora* et *Gigaspora* (21).

L'inoculum de ces cinq champignons a été produit à la ferme selon la technique décrite par Sieverding (40). *Brachiaria ruziziensis* Germ. et Edv. a servi de plante-hôte. Le niveau de colonisation endomycorhizienne de cette Poacée a été vérifié après dilacérations de ses racines selon la technique de Philipps et Hayman modifié par le procédé de Koske et Gemma (24). Quant au recouvrement sporal extrait du sol prélevé dans un rayon et une épaisseur de 15 cm de la mycorrhizosphère de cette même essence, il a été réalisé par tamisage humide suivi d'une décantation (14). Les caractéristiques de cet inoculum endomycorhizien mixte sont présentées dans le tableau 1.

Chaque sachet en polyéthylène noir de 1 kg a reçu 4 g de segments de 2 cm des jeunes racines de *B. ruziziensis* et 30 g de sol prélevés dans sa mycorrhizosphère. Les sachets témoins ont reçu la même quantité d'inoculum stérilisé par autoclavage. L'inoculum endomycorhizien a été placé à environ 3 à 5 cm en dessous du semis sur toute la circonférence du sachet.

Traitement et semis des graines

Les graines de *R. auriculiforme* récoltées sur le campus de l'Université de Kinshasa, ont été scarifiées chimiquement par trempage et immersion dans de l'acide sulfurique concentré H₂SO₄ 94-97 %, V/V pendant 30 minutes. Elles ont ensuite été rincées abondamment à l'eau distillée stérile avant le semis. Chaque sachet a reçu 3 graines.

Dispositif expérimental

Les sachets en polyéthylène noir ont été disposés en 4 blocs complètement randomisés comprenant chacun 6 traitements: Témoin, *G. clarum*, *G. monosporum*, *G. versiforme*, *G. vesiculiferum* et *G. intraradices*. Chaque traitement comportait 10 plantules et avait été répété 4 fois. L'écartement entre les sachets a été de 40 cm dans la rangée et 40 cm entre les rangées. En pépinière, les semis ont été protégés par une ombrière faite avec des feuilles de palmiers. Un paillis de parche de café a été appliqué dans chaque sachet pour limiter les pertes d'humidité du sol et pour réduire le tassement lors de l'arrosage et par temps de pluie (8).

Récolte des plantules

A trois mois d'âge, toutes les plantules ont été récoltées après que des mesures de taille et de diamètre au collet aient été effectuées. Après le nettoyage des racines, les nodules ont été détachés, dénombrés et leur poids frais déterminé. Un échantillon représentatif de racines de chaque traitement a été prélevé pour vérifier la présence de colonisation endomycorhizienne. Les tiges plus les feuilles et les racines des plantules ont été séchées séparément à 75°C pendant 48 heures et puis leur biomasse sèche mesurée. Les analyses statistiques des données ont été faites selon le test de Waller-Duncan (44).

Résultats et discussion

La colonisation endomycorhizienne a été observée sur le système racinaire des plantules inoculées ou non. La présence des mycosymbiotes chez les plantes témoins constitue la preuve évidente de l'existence, dans le sol de Kinzono, des souches de champignons autochtones infectives.

Ef effet, certains genres d'endomycorhizes tels que *Glomus*, *Gigaspora* et *Scutellospora* ont déjà été signalés dans ce sol (21).

L'endomycorhization révélée chez les plantules inoculées résulte, sans nul doute, de la double action de champignons endophytes introduits et ceux existant dans le sol de Kinzono.

Corrolairement à la présence des endomycorhizes dans ce sol, la nodulation observée sur les racines des plantules de *R. auriculiforme* dans tous les traitements indique le piégeage par cette espèce végétale, du *Rhizobium* autochtone de Kinzono, comme rapporté par Mbaya et al. (28) dans une étude antérieure sur *R. auriculiforme* dans ce même sol.

La coloration rose ou rougeâtre décelée dans les nodules récoltés provient de la léghémoglobine, et traduit la spécificité (compatibilité plante - *Rhizobium*) et l'efficacité (fixation biologique de l'azote) de la symbiose entre la plante et son partenaire microbiologique (9,41).

Les plantules inoculées par *Glomus monosporum* et *Glomus versiforme* ont porté un nombre de nodules significativement ($P < 0,05$) inférieur par rapport aux autres traitements (15,41 et 12,48 nodules respectivement).

La faible nodulation statistiquement enregistrée par les 2 traitements (*G. monosporum* et *G. versiforme*) peut être attribuée à un effet antagoniste entre ces mycosymbiotes et les diazotrophes autochtones.

Dans l'étude de la symbiose *Glycine - Glomus - Rhizobium*, Bethlenfalvay et al. (4) ont mis aussi en évidence des effets antagonistes entre la colonisation endomycorhizienne et la nodulation dus à la compétition pour les glucides entraînant une baisse de productivité.

D'une manière générale, l'inoculation endomycorhizienne n'a pas exercé un effet dépressif sur la formation des nodosités. Ceci peut être attribuable à l'induction tardive de la nodulation et de la faible présence des cellules infectives rhizobiennes comme l'ont observé Mbaya et al. (28) dans le sol d'une part; et d'autre part de l'établissement presque simultané de ces bactéries symbiotiques autochtones et les endophytes se traduisent par une compatibilité (3, 4).

Les données sur le poids frais de nodules affichent une importante variabilité par rapport au nombre de nodules. Cette variabilité est probablement due au contenu en eau des nodules car la symbiose endomycorhizienne améliore l'absorption de l'eau de la plante (29). Le gain significatif ($P < 0,05$) observé en poids frais de nodules comparativement au témoin serait dû à une amélioration de la nutrition de ces bactéries symbiotiques indigènes en éléments biogènes indispensables et surtout phosphatée.

Ceci traduirait aussi l'énergie nécessaire supplémentaire fournie par la photosynthèse optimale des plants de *R. auriculiforme*. Ces résultats sont en accord avec ceux de Daft et al. (12), de Habte et Manjunath (16) et de Shanmugam et al. (39). Seule la réponse de l'endomycorhization de *G. versiforme* sur le poids frais de nodules a été significativement négative ($P < 0,05$) en comparaison aux 4 autres espèces.

Mis à part le traitement inoculé avec *G. intraradices*, tous les autres ont généralement enregistré, par rapport au témoin, un accroissement significatif ($P < 0,05$) de la taille, du diamètre au collet et de la biomasse sèche (parties aérienne et racinaire).

Malgré son pouvoir inoculant élevé (Tableau 2) et une bonne nodulation observée avec *G. intraradices*, l'inoculation avec ce champignon n'a pas sensiblement affecté la croissance des plantules par rapport au témoin. Cette contre-performance s'expliquerait par le degré de compatibilité entre cette espèce de mycosymbiote et *R. auriculiforme* lors de l'établissement des associations cytophysiologiques et aussi par les facteurs abiotiques (19, 25). Car, certaines études rapportent le bon comportement de ce symbiote fongique sur le soja, le pois cajan et le leucaena (22, 31).

L'action stimulatrice des endomycorhizes à vésicules et arbuscules sur la croissance de nombreuses espèces végétales a déjà été amplement discutée (1,8,18,22,36). Les mycorhizes facilitent, chez les plantes, l'assimilation de plusieurs nutriments minéraux et particulièrement du phosphore (17, 32, 35). Leurs effets sont souvent conjugués, chez les légumineuses, avec ceux du *Rhizobium*, ce dernier assurant à la plante une nutrition essentiellement azotée (12,13, 30, 37).

Dans la présente étude, un effet synergique entre le *Rhizobium* natif et les champignons endomycorhiziens inoculés a influé sur la croissance des plantules de *R. auriculiforme* à 3 mois d'âge.

De toutes les espèces d'endomycorhizes à l'étude dans cette expérimentation, les meilleurs résultats ont été obtenus avec *G. clarum* pour tous les paramètres considérés (Nodulation, taille, diamètre au collet et biomasse sèche).

Son efficacité serait due à l'adaptabilité de ce champignon aux variables écologiques, édaphiques et phytologiques ainsi que des avantages nutritionnels, métaboliques et prophylactiques qu'il procurerait à la plante-hôte (1,18, 22, 25). Il est aussi important de souligner que *G. clarum* provient de la Floride, une région du Sud-Est des Etats-Unis à climat subtropical et dont les coordonnées géographiques sont de 84° longitude Ouest et 28° latitude Nord.

La présence d'autres espèces de *Glomus* dans le sol de Kinzono est favorable à cette hypothèse (21).

Tableau 2
Réponse de *R. auriculiforme* inoculé avec cinq espèces de champignons endomycorhiziens.

	C.E.R.	Nodules		Plantules				
		Nombre/ Plantule	Poids frais (mg)	Taille (cm)	Diamètre au collet (mm)	Biomasse sèche (g)		
						Tiges + feuilles	Racines	TOTAL
Témoin	+	28,57a	64b	21,85c	3,56c	2,69c	0,68c	3,37c
<i>G. clarum</i>	+	25,77a	220a	45,83a	5,27a	11,06a	2,40a	13,46a
<i>G. monosporum</i>	+	15,41b	150a	31,82b	4,39b	5,74b	1,18b	6,92b
<i>G. versiforme</i>	+	12,48b	50b	28,91b	3,69bc	4,63b	0,98b	5,61b
<i>G. vesiculiferum</i>	+	25,67a	130a	28,25b	4,01bc	4,16b	0,93b	5,09b
<i>G. intraradices</i>	+	32,76a	190a	23,72bc	3,57c	3,34bc	0,85bc	4,19bc

Les valeurs d'une même colonne non suivies par la même lettre sont significativement différentes à $P < 0,05$ (Test de Waller-Duncan).

C.E.R. : Colonisation endomycorhizienne racinaire.

G : *Glomus*

+

L'action de *G. clarum*, couplée à celle du *Rhizobium* endogène responsable de la nodulation observée, a nettement amélioré le rendement de *R. auriculiforme*. Le gain global, par rapport au témoin, a été de 48%, 109% et 299% respectivement pour le diamètre au collet, la taille et la biomasse sèche totale des plantes étudiées, après 3 mois de culture. Grâce à la stimulation du système racinaire de 3,5 fois plus que le témoin par ce champignon endophyte performant (352%), les plants de *R. auriculiforme* de bonne qualité pour le reboisement s'adapteraient rapidement, en prenant contact avec le sol filtrant du site à reboiser soumis à des stress hydriques très significatifs dus aux feux de brousse incontrôlés.

Ces observations corroborent avec ceux rapportés par Langlois (26) sur les champignons ectomycorhiziens où il mentionne qu'un plant muni d'un bon système racinaire écologiquement adapté, c'est-à-dire porteur de mycorhizes, survit mieux et se développe plus rapidement en plantation. Car, ceci constitue un atout majeur du meilleur taux de survie et une meilleure vitesse de reprise des plants en plantation, bref d'un bon développement (8, 26).

Conclusion

Les endomycorhizes jouent un rôle important dans l'assimilation des éléments nutritifs minéraux par les plantes. Cette étude a mis en évidence l'effet positif de l'inoculation de *R. auriculiforme* avec les espèces exotiques de champignons endomycorhiziens à vésicules et arbuscules dans le sol pauvre et stressé de Kinzono au Plateau des Bateke.

Par rapport aux champignons endophytes locaux, l'action des symbiotes fongiques introduits a permis d'augmenter de façon significative ($P < 0,05$) la pro-

ductivité de *R. auriculiforme* en pépinière.

Il s'avère donc nécessaire de procéder à la sélection systématique des endomycorhizes à vésicules et arbuscules efficaces et adaptées au sol de Kinzono où s'effectue, depuis plus ou moins 19 ans, un boisement à grande échelle de *R. auriculiforme* (23, 26). C'est pour cela, le pouvoir infectieux de l'espèce endomycorhizienne *G. intraradices* sur les racines de *R. auriculiforme* en sol de Kinzono ainsi que son comportement drastique méritent d'être profondément évalués.

Pour ce premier criblage des espèces étrangères de *Glomus*, *G. clarum* s'est révélé plus adapté et plus performant dans ce sol. Son utilisation dans le repeuplement endomycorhizogène de la savane herbeuse de la localité de Kinzono est possible et à encourager.

Etant donné l'évidence de l'effet stimulateur de l'inoculation mycorhizienne sur la nodulation, une investigation approfondie sur la spécificité symbiotique légumineuse - *Rhizobium* - mycorhize est requise, afin de prédire l'effet de la présence simultanée de ce micro-symbiote dans la mycorrhizosphère de la plante-hôte (12, 38, 39).

Remerciements

Nous tenons à exprimer toute notre gratitude au Centre de Recherche pour le Développement International (C.R.D.I.) à Ottawa, Canada, qui a subventionné ce travail de recherche dans le cadre du Projet Endomycorhizes No. 3-P-86-1031-02.

L'expression de notre profonde reconnaissance s'adresse également au Service National de Reboisement (S.N.R.) du Ministère de l'Environnement, Conservation de la Nature et Tourisme pour l'appui logistique mis à notre disposition.

Références bibliographiques

- Abbott L.K. & Robson A.D., 1984. The effect of VA mycorrhizae on plant growth. In: VA mycorrhiza. C.L1. Powell & D.J. Bagyaraj (éd.) CRC Press, Boca Raton, Florida, USA. 113-120.
- Anonyme, 1992. Relevé des données météorologiques du laboratoire de physique des sols et d'hydrologie du Département de physique des sols. CGEA/CREN-K.
- Bayne H.G. & Bethlenfalvy G.J., 1987. The *Glycine* - *Glomus* - *Rhizobium* symbiosis. IV. Interactions between the mycorrhizal and nitrogen - fixing endophytes. *Plant, Cell and Environment*. **10**: 607-612.
- Bethlenfalvy G.J., Brown M.S. & Stafford A.E., 1985. *Glycine* - *Rhizobium* symbiosis. II. Antagonistic effects between mycorrhizal colonization and nodulation. *Plant Physiol* **79**: 1054-1058.
- Bouyer S. & Damour M., 1964. Les formes du phosphore dans quelques types de sols tropicaux. *Transactions 8th int. Cong. Soil Sci.* **4**: 551-561.
- Bray R.H. & Kurtz L.T., 1945. Determination of total organic and available forms of phosphorus. *Soil Sci.* **59**: 39-42.
- Bremner, J.M. & Mulvaney C.S., 1982. Nitrogen total. In: *Methods of soil Analysis*, in: *Chemical and Microbiological properties*, part 2, 2nd ed. (eds. Pages A.L., Miller R.J. & Keeney D.R.) *Agronomy* **9**, Madison, Wisconsin, ASA-SSSA, 595-624.
- Bulakali B., Khasa P.D. & Luyindula N., 1992. Effets de la double symbiose *Rhizobium-Glomus* spp. sur la croissance de *Leucaena leucocephala* (lam) de Wit en pépinière, et dix mois après transplantation au Zaïre. *Tropicicultura* **10**,4: 132-136.
- Caldwell B.E. & Vest H.G., 1977. Genetic aspects on nodulation and nitrogen fixation by legumes: the macrosymbiont. In: *A treatise on dinitrogen fixation # 3*. (eds. Hardy R.W.F. & Silver W.S.). John Wiley and sons. New-York 557-576.
- Colonna J.P., Thoen D., Ducousso M. & Badji S., 1991. Comparative effects of *Glomus mosseae* and P fertilizer on foliar composition of *Acacia senegal* seedlings inoculated with *Rhizobium*. *Mycorrhiza* **1**: 35-38.
- Cornet F., Diem H.G. & Dommergues Y.R., 1982. Effet de l'inoculation avec *Glomus mosseae* sur la croissance d'*Acacia holosericea* en pépinière et après transplantation sur le terrain. In: les mycorhizes, partie intégrante de la plante, Colloques de l'INRA, **13**: 287-292.
- Daft M.J. & El-Giahmi A.A., 1976. Studies on nodulated and mycorrhizal peanuts. *Ann. Appl. Biol.*, **83**: 273-276.
- Dela Cruz R.E., Manalo M.Q., Aggangan N.S. & Tambalo J.D., 1988. Growth of three legume trees inoculated with VA mycorrhizal fungi and *Rhizobium*. *Plant and Soil*. **108**: 111-115.
- Gerdemann J.W. & Nicolson T.H., 1963. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by Wet sieving and decanting. *Trans. Britol. Mycol. Soc.* **46**: 235-244.
- Gerkens M. & Kasali L., 1988. Productivité des peuplements d'*Acacia auriculiformis* sur le Plateau des Bateke au Zaïre. *Tropicicultura* **6**,4: 171-175.
- Habte M. & Manjunath A., 1991. Categories of vesicular-arbuscular mycorrhizal dependency of host species. *Mycorrhiza* **1**: 3-12.

17. Hayman D.S. & Mosse B., 1972. Plant growth response to Vesicular Arbuscular Mycorrhiza. III. Increased uptake of labile P. from soil. *New Phytol.* **71**: 41-47.
18. Hoepfner E.F., Koch B.L. & Covery R.P., 1983. Enhancement of growth and phosphorus concentrations in apple seedlings by Vesicular-arbuscular mycorrhizae. *J.Am.Soc.Hort.Sci.* **108**, 2: 207-209.
19. Howeler R.H., Sieverding E. & Saif S., 1987. Practical aspects of mycorrhizal technology in some tropical crops and pasture. *Plant and soil.* **100**: 249-283.
20. Khasa P.D., 1987. Utilisation des endomycorhizes à vésicules et arbuscules en milieu tropical: études préliminaires d'une application au Zaïre. Thèse de maîtrise. Faculté de Foresterie et de géomatique. Université Laval. Québec. 81 p.
21. Khasa P.D., Furlan V. & Lumande K., 1990a. Symbioses racinaires chez quelques essences forestières importantes au Zaïre. *Bois et Forêts des Tropiques.* **224**: 27-33.
22. Khasa P.D., Furlan V., & Fortin J.A., 1990b. Effets de différentes espèces de champignons endomycorhiziens sur la croissance de dix espèces de plantes tropicales au Zaïre. *Tropicultura* **8.4**: 159-164.
23. Khasa P.D., 1993. Génétique de *Racosperma auriculiforme* et de *R. Mangium*. Thèse de Ph.D., Faculté de Foresterie et de Géomatique. Université Laval. Québec. 31-35.
24. Koske R.E. & Gemma J.N., 1989. A modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhizas. *Mycol. Res.* **92.4**: 486-505.
25. Langlois C.G., 1988. Les ectomycorhizes: biologie et utilisation. In: Formation continue. Ordre des ingénieurs forestiers du Québec. Cours n°7. 11 p.
26. Lillelund H., 1982. Reboisement de Kinzono sur le plateau des Bateke. Rapport technique F.A.O.
27. Lubini A., 1988. Les sols, les jachères et les pâturages du Centre agricole de Mbankana (Kinshasa). Fondation Hanns-Seidel (Zaïre). Kinshasa. 32 p.
28. Mbaya N., Tshitenge W.K., Luyindula N., Kabinda ya P.P., Mwange K. & Nyembo K., 1990. Isolement et sélection des souches de *Rhizobium* chez *Acacia auriculiformis* en culture au Plateau des Bateke. Communication présentée lors des 3èmes journées scientifiques du C.G.E.A. en 1990. Sous presse dans la Revue Zaïroise des Sciences Nucléaires.
29. Menge J.A., Davis R.M., Johnson E.L.V. & Zentmyer G.A., 1978. Mycorrhizal fungi increase growth and reduce transplant injury in avocado. *Calif. Agric.* **32**: 6-7.
30. Mohamed G. & Singh S.P., 1988. Effect of tripartite symbiosis on containerized *Acacia auriculiformis*. *Vaniki Sandesh.* **12**: 10-12.
31. Morandi D., 1987. VA mycorrhizae, nematodes, phosphorus and phytoalexins on soybean. In: Sylvia D.M., Hung L.L. & Graham J.H. (éd.) Proceedings of the 7th North American Conference on mycorrhizae. Gainesville, Florida 32611, USA. May 3-8. 212.
32. Mosse B., 1973. The role of mycorrhiza in phosphorus solubilization. In: Global impact of applied microbiology. conf. Sao Paulo. Brazil. 543-561.
33. Pedley L., 1986. Derivation and dispersal of *Acacia* (leguminosae), with particular reference to Australia, and the recognition of *Senegalia* and *Racosperma*. *Botanical Journal of the Linnean Society.* **92**: 219-259.
34. Playford J., Appels R. & Baum B.R., 1992. The 5S DNA units of *Acacia* species (Mimosaceae). *Plant Systematics and Evolution.* **183**: 235-247.
35. Plenchette C., 1982. Recherches sur les endomycorhizes à vésicules et arbuscules: influence de la plante-hôte, du champignon et du phosphore sur l'expression de la symbiose endomycorhizienne. Thèse de Ph.D. Université Laval. Québec. 192 p.
36. Plenchette C., Fortin J.A. & Furlan V., 1983. Growth responses of several plant species to mycorrhizae in a soil of moderate P fertility. II. Soil fumigation induced stunting of plants corrected by reintroduction of the wild endomycorrhizal flora. *Plant and soil.* **70**, 2: 211-217.
37. Reddel P. & Warren R., 1987. Inoculation of acacias with mycorrhizal fungi: potential benefits. In: Turnbull J.W. (ed.). Australian Acacias in Developing countries. Proceedings of an international workshop, Gympie, Qld. Australia. August 4-7-1986. ACIAR proceedings. **16**: 50-53.
38. Roughley R.J., 1987. Acacias and their root-nodule bacteria. In: Turnbull J.W. (ed.). Australian Acacias in Developing countries. Proceedings of an international Workshop, Gympie, Qld. Australia August 4-7-1986, ACIAR Proceedings **16**: 45-49.
39. Shanmugam K.T., O'Gara F., Andersen K. & Valentine R.C., 1978. Biological nitrogen fixation. *Annu. Rev. Plant Physiol.* **29**: 263-276.
40. Sieverding E., 1991. Vesicular-arbuscular mycorrhiza research for tropical agriculture. Research Bulletin 194, Hawai'i Institute of tropical agriculture and Human resources. 82 p.
41. Skinner K.J., 1976. Nitrogen fixation. *C. and En. Oct.* **4**: 23-35.
42. Stuanes A.O., Ogner G. & Open M., 1984. Ammonium nitrate as extracted for soil exchangeable - cations, exchangeable acidity and aluminium. *Commun Soil Sci. Plant Anal.* **15**: 773-778.
43. Walkey A. & Black I.A., 1994. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.* **37**: 29-38.
44. Waller R.A. & Duncan D.B., 1969. "A Bayes rule for the symmetric multiple comparison problem". *Journal of American Statistical Association.* **64**: 1484-1499.

B. Bulakali: Congolais. Ingénieur en Sciences agronomiques, Chef de travaux au Département de Biologie de l'Université de Kinshasa.

K. Lumande: Congolais. Docteur en Sciences botaniques, Professeur au Département de Biologie de l'Université de Kinshasa.

N. Luyindula: Congolais. Docteur en Sciences botaniques, Directeur de Recherche au Centre Régional d'études nucléaires de Kinshasa.

M. Mbaya: Congolais. Docteur en Sciences botaniques, Chargé de Recherche au Centre Régional d'études nucléaires de Kinshasa.

T. Musasa: Congolais. Ingénieur en Sciences agronomiques, Attaché de Recherche au Centre Régional d'études nucléaires de Kinshasa. Décédé en Juin 1994 en France.

K. Mwange: Congolais. Licencié en biologie, Assistant de Recherche au Centre Régional d'études nucléaires de Kinshasa.