

Les glomales indigènes de la forêt claire à *Isoberlinia doka* (Craib et Stapf) à Wari-Marô au centre du Bénin

P. Houngnandan¹, R.G.H. Yemadje^{1,2}, A. Kane², P. Boeckx & O. Van Cleemput³

Keywords: *Isoberlinia doka*- Wari-Marô- Glomalean- Diversity- Benin

Résumé

Cette étude décrit la diversité des glomales indigènes dans la forêt claire à *Isoberlinia doka* de Wari-Marô pour l'amélioration des pépinières de reboisement. A cet effet, les glomales sous *Isoberlinia doka* ont été piégées en serre sur du maïs (*Zea mays*) et un dispositif aléatoire complet à 16 répétitions et 7 traitements a été utilisé. Les données, traitées par analyse de variance à 5% de signification, ont révélé que les maxima pour les différents paramètres de mycorhization, sont enregistrés sur les sites sous cultures. Six espèces de glomales réparties en 2 genres (*Glomus* et *Scutellospora*), 2 familles (*Glomaceae* et *Gigasporaceae*) sont comptées dans l'ensemble de la forêt, parmi lesquelles *Scutellospora gregaria* (46,6%, 54,2%, 46,6%) et *Glomus aggregatum* (52,3%, 44,4%, 43,9%) respectivement en forêt, champ et jachère sont les deux espèces prédominantes dans les sols de la rhizosphère d'*Isoberlinia doka* dans toute la forêt. Les indices de diversité spécifique de Shannon et d'équitabilité de Pielou révèlent que les plus faibles valeurs sont obtenues à Wari-Marô en jachère et les plus fortes à Agbassa (champ et jachère). En conclusion, les meilleurs sites de production de plants d'*Isoberlinia doka* sont à Agbassa sur jachère et en bordure des champs.

Summary

Indigenous Glomales of *Isoberlinia doka* (Craib and Stapf) Woodland of Wari-Marô in Centre of Benin

This study described the indigenous glomalean diversity in *Isoberlinia doka* (Craib et Stapf) woodland of Wari-Marô for an amelioration of seedling for revegetation. To this end, the trap culture with *Zea mays* was undertaken using a 16 replicates and 7 treatments completely randomized design under greenhouse. The data obtained were calculated and statistically treated, at 5% of significance, and showed that the maxima of mycorrhizal root colonization and the number of spores were scored in soil under cultures. Six species of glomalean spores divided in 2 genera (*Glomus* and *Scutellospora*), 2 families (*Glomaceae* and *Gigasporaceae*) were counted and identified all around the forest. *Scutellospora gregaria* (46.6%, 54.2%, 46.6%) and *Glomus aggregatum* (52.3; 44.4%; 43.9%) respectively in forest, field and fallow are the two most prevalent species in the rhizosphere of *Isoberlinia doka*. The Shannon specific index of diversity and the equitability of Pielou indicated that the lowest values are obtained at Wari-Marô on fallow and highest one at Agbassa (fields and fallow). In conclusion, the best seedlings production sites of *Isoberlinia doka* are in Agbassa on fallow and in the fields.

Introduction

La régénération naturelle et la survie des plantations forestières dans la forêt classée de Wari-Marô (8°80 et 9°10N et 1°55 et 2°25E) sont fortement compromises par la dégradation poussée des terres et la déficience en éléments nutritifs, particulièrement le phosphore et l'azote (19), qui caractérisent les sols forestiers tropicaux humides et subhumides. La faiblesse de la régénération naturelle des espèces forestières de la forêt classée de Wari-Marô justifie l'un des objectifs du Projet d'Aménagement des Massifs Forestiers (PAMF) au Bénin, qui consiste à installer des pépinières et plantations forestières dans les zones dégradées de cette forêt.

Isoberlinia doka, une des espèces majeures de la forêt classée de Wari-Marô, est une essence indigène forestière, endémique à la zone géo-climatique soudano-guinéenne, et bien représentée dans la forêt classée de Wari-Marô avec 16,1% du spectre brut de la flore totale (12). Fort de ses caractéristiques, *Isoberlinia doka* est apte à un large éventail d'usages comme bois de chauffe, bois de poteau, et en pharmacopée. Dans un souci de reboisement des aires dégradées à sols carencés, cette essence forestière est actuellement cultivée en pépinière puis transplantée en milieu naturel dans la forêt classée de Wari-Marô au Bénin. Plusieurs études ont démontré que les glomales représentent la majeure partie de la flore microbienne du sol dans plusieurs écosystèmes (7) et jouent un rôle important chez les essences forestières (18, 24), principalement dans

la nutrition minérale, l'alimentation en eau, la résistance aux maladies et l'accumulation des nutriments et la survie après transplantation. Cependant, les études écologiques sur la diversité des champignons MA, qu'elles soient basées sur la caractérisation morphologique ou sur des techniques de biologie moléculaire sont généralement limitées aux espèces exotiques (10) et pas ou peu d'investigations restent disponibles sur les espèces indigènes.

L'objectif de la présente étude est de déterminer la biodiversité des glomales sous *Isoberlinia doka* et le potentiel mycorrhizogène des sols en fonction du niveau d'anthropisation dans différents écosystèmes agrosylvicoles en vue d'identifier les sites les plus appropriés pour une production de plants de qualité pour le reboisement et pour une amélioration de la conduite des pépinières et des plantations d'*Isoberlinia doka*. De façon spécifique, il s'agit, à travers cette étude: (a), d'étudier la biodiversité des champignons MA sous *Isoberlinia doka* en fonction de l'anthropisation de la forêt; (b), d'apprécier la distribution des divers taxa de champignons MA identifiés dans les diverses formations végétales et (c), d'évaluer les paramètres de mycorhization dans les différentes conditions.

Matériel et méthodes

Description physique du milieu d'étude

La forêt classée de Wari-Marô (1°40 'et 2°30'N et 8°25 'et

¹Laboratoire d'Ecologie Microbienne, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi (FSA/UAC), 01 B.P. 526, Cotonou, Bénin.

²Laboratoire Commun de Microbiologie IRD/ISRA/UCAD, Université Cheikh Anta Diop de Dakar Sénégal, BP.1386, Bel-air, Dakar, Sénégal.

³Laboratory of Applied Physical Chemistry of Ghent University, Coupure Links, 653, 9000 Gent, Belgium.

Corresponding author (*): P. Houngnandan¹, Laboratoire d'Ecologie Microbienne, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi (FSA/UAC), 01 B.P. 526, Cotonou, Bénin. Email: phoungnandan@yahoo.com

Reçu le 20.06.08 et accepté pour publication le 07.10.08.

9°15'E), située dans la zone soudano-guinéenne au Bénin, jouit de 1153 mm de pluie par an, d'une température annuelle de 21 °C (décembre-janvier) à 40 °C (février-avril) puis d'une humidité relative basse (10 à 40% de décembre à janvier) à forte (85 à 98% de juillet à août). Les sols sont ferrugineux en général (11).

Echantillonnage et analyses du sol

Deux sites de prélèvements ont été identifiés, pour leur niveau élevé d'anthropisation: Wari-Marô (au nord) et Agbassa (au sud). La forêt claire d'*Isobertinia doka*; les cultures de maïs (mis en place à la suite de pieds d'*Isobertinia doka* abattus); la jachère de trois ans (ancien emplacement de forêt d'*Isobertinia doka* rasé pour l'installation de cultures) ont été considérés pour chaque site. Quatre placettes fixes (100 m x 100 m) ont été installées avec un espacement de 50 m environ pour chaque formation. Dans la placette, les prélèvements (24) sont effectués (1,5 m du pied et 0-20 cm de profondeur) autour de cinq pieds au hasard et un échantillon composite de sol est réalisé par placette. Les paramètres physico-chimiques (tableau 1) des divers substrats ont été déterminés (4).

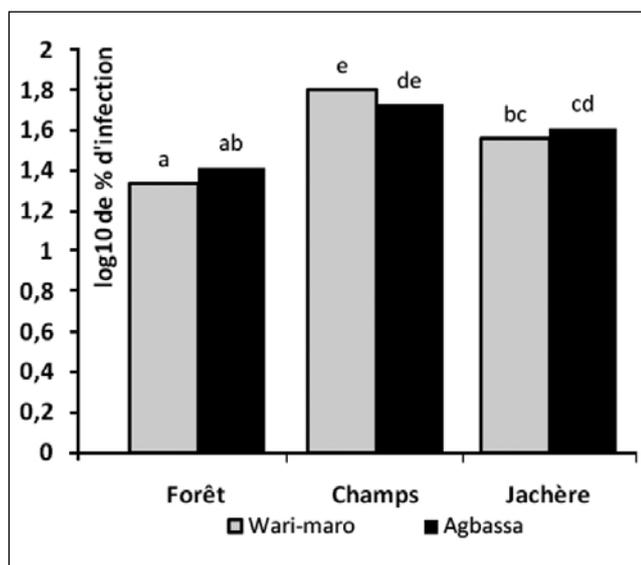


Figure 1: Fréquence de mycorrhization des racines de maïs inoculées avec les substrats contenant les spores de glomales.

Les barres sont des moyennes de 16 répétitions. Les valeurs de barres surmontées de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% par le test de comparaison de Newman-Keuls.

Piégeage des glomales (champignons mycorrhiziens arbusculaires)

La méthode de piégeage en serre de Morton (22) a été utilisée avec les sept inocula (3) provenant de sols de formations suivantes: forêt de Wari-Marô (W-F); culture sous maïs de Wari-Marô (W-C); jachère de Wari-Marô (W-J); forêt de Agbassa (A-F); culture sous maïs de Agbassa (A-C); jachère de Agbassa (A-J); non inoculé (T). L'arrosage est quotidien, à la capacité au champ à l'eau distillée, et hebdomadaire avec la solution minérale de Long et Ashton (13). L'expérimentation a duré dix semaines avec 12 h de photopériode, la température moyenne de 29,5 °C [25 ° min et 34 ° max] et l'hygrométrie moyenne de 72,5% [67% min et 78% max].

Extraction, dénombrement des spores et fréquence de mycorrhization

La méthode de tamisage humide (15) suivie de la séparation sur gradient de saccharose a été utilisée pour l'extraction suivie du dénombrement (17) des spores, puis de l'évaluation de la fréquence de mycorrhization (25) des racines.

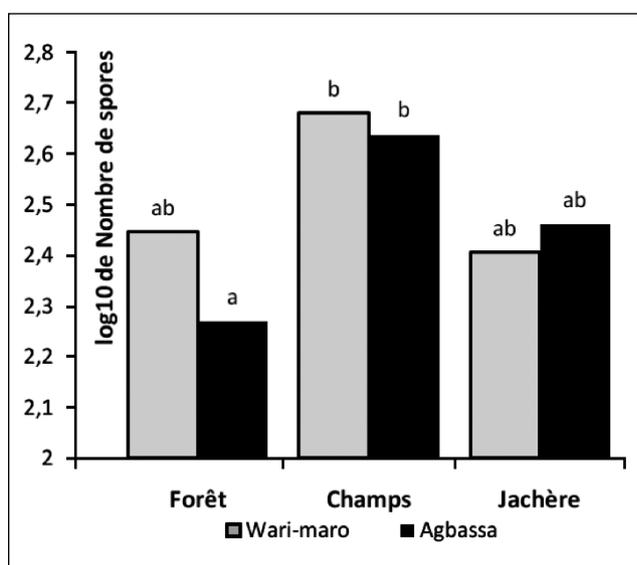


Figure 2: Densité de spores de glomales, pour 100 g de sol sec, sous maïs.

Les barres sont des moyennes de 16 répétitions. Les valeurs de barres surmontées de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% par le test de comparaison de Newman-Keuls.

Tableau 1
Propriétés physico-chimiques des sols de la forêt claire à *Isobertinia doka* de Wari-Marô

	Wari-Marô			Agbassa			substrat de culture
	Forêt	Jachère	Champs	Forêt	Jachère	Champs	
pH	6.64 (0.10)	6.71 (0.20)	6.58 (0.15)	7.27 (0.21)	7.02 (0.30)	7.21 (0.35)	7.94 (0.05)
C (%)	2.59 (0.76)	1.87 (0.12)	0.23 (0.00)	3.77 (0.36)	2.03 (0.24)	1.44 (0.14)	0.04 (0.00)
N (%)	0.042 (0.0074)	0.029 (0.0171)	0.015 (0.0035)	0.084 (0.008)	0.064 (0.0012)	0.041 (0.0046)	0.01 (0.0000)
P (ppm)	189.34 (23.21)	151.94 (60.56)	77.13 (7.59)	457.20 (30.38)	156.54 (26.67)	132.95 (35.89)	32.41 (4.38)
P Bray (ppm)	12.98 (0.84)	7.47 (0.94)	8.28 (1.25)	31.21 (1.33)	4.97 (0.34)	6.11 (0.81)	2.54 (0.62)
Sable %	91.25 (0.93)	78.75 (0.62)	91.25 (0.99)	81.25 (0.83)	77.50 (0.61)	83.75 (0.27)	100 (0.00)
Argile %	0.5 (0.03)	0 (0.00)	5 (0.01)	6.75 (0.04)	2 (0.16)	2.75 (0.03)	0 (0.00)
Limon %	8.25 (0.19)	21.25 (0.24)	3.75 (0.21)	12 (0.69)	20.5 (0.19)	13.5 (0.12)	0 (0.00)

Les valeurs sont des moyennes de 3 répétitions ± (écart-type). C= teneur en carbone; N= teneur en azote total; P= teneur en phosphore total; P Bray= teneur en phosphore assimilable selon la méthode d'extraction de Bray.

Analyses statistiques et indices de diversité

Les données sont analysées, après transformation \log_{10} , par anova de Xlstat 6.1.9. La diversité des espèces est appréciée par l'indice de Shannon-Weaver et de Piélu (26).

Résultats

Fréquence de mycorhization et densités en spores de glomales

Tous les plants de maïs inoculés se sont révélés mycorhizés selon un gradient champ > jachère > forêt. A Wari comme à Agbassa, c'est dans les champs qu'on observe les fréquences de mycorhization les plus élevées (53,58 et 63,15%) et c'est sous les forêts que les fréquences de mycorhization sont plus faibles (23,12% et 40,91%) (Figure 1).

Le même gradient (champ > jachère > forêt) observé ci-dessus a été noté pour la densité en spores de glomales. Les densités de spores les plus faibles sont 258 à Wari-Marô (jachère) et 237 à Agbassa (forêt). Pour la fréquence de mycorhization et la densité de glomales, il n'y a pas de différence significative, au seuil 5%, entre Wari-Marô et Agbassa (Figure 2) mais, entre champs, jachère et forêt. Les densités de spores de glomales sont significativement ($p \leq 5\%$) positivement corrélées ($r = 0,632$) avec les fréquences de mycorhization et significativement ($p \leq 5\%$) négativement corrélées avec l'azote ($r = -0,44$), le phosphore total ($r = -0,46$) et le carbone ($r = -0,60$) dans le sol (Tableau 2).

Tableau 2

Coefficient de corrélation de Pearson entre la densité en spores et la fréquence de mycorrhization, le phosphore total, l'azote et le carbone directement dosés dans les sols de la forêt claire à *Isoberlinia doka* de Wari-Marô

	Densité spores	(%) F	P (ppm)	N (%)	C (%)
Densité spores	-	0,632	-0,461	-0,444	-0,605
(%) F	0,632	-	-0,612	-0,556	-0,834
P (ppm)	-0,461	-0,612	-	0,844	0,897
N (%)	-0,444	-0,556	0,844	-	0,860
C (%)	-0,605	-0,834	0,897	0,860	-

Les valeurs significatives au seuil $\alpha = 0,050$ (test bilatéral). %F= Fréquence de mycorrhization, P= phosphore total, N= teneur en azote, C= teneur en carbone.

Richesse spécifique et diversité en glomales de la forêt

Six espèces (*Glomus aggregatum* Schenck & Smith emend. Koske, et *Glomus* sp1, *Glomus* sp2, *Scutellospora gregaria* Schenck & Nicolson, *Scutellospora* sp1 et *Scutellospora* sp2) sont dénombrées, réparties en 2 genres, *Glomus* et

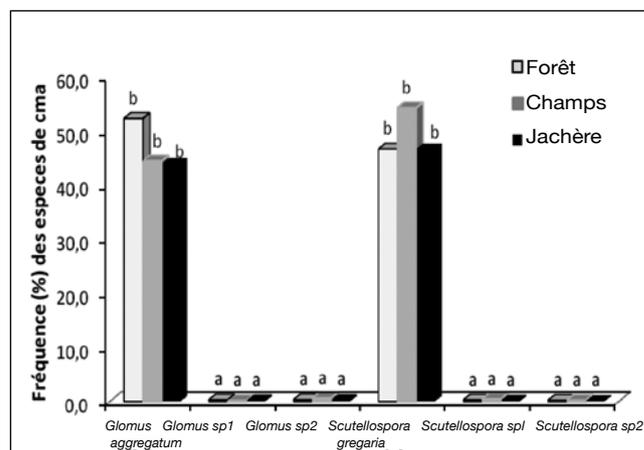


Figure 3: Fréquence relative (%) en fonction des espèces de glomales identifiées après culture sur le maïs utilisé comme plante piège.

Les barres sont des moyennes de 16 répétitions. Les valeurs de barres surmontées de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% par le test de comparaison de Newman-Keuls.

Scutellospora, et distribuées en 2 familles, Glomaceae et Gigasporaceae (Tableau 3). *Scutellospora gregaria* (46,6%; 54,2%; 46,6%) et *Glomus aggregatum* (52,3%; 44,4%; 43,9%) respectivement en forêt, champ et jachère sont les deux espèces prédominantes dans la rhizosphère d'*Isoberlinia doka* dans toute la forêt. Les autres espèces sont en trace avec des fréquences relatives variables, inférieures à 1% de l'ensemble d'une formation végétale à l'autre (Figure 3). *Scutellospora* est présent sur tous les sites par contre *Glomus* a une distribution plus discontinue (Tableau 3).

A Wari-Marô comme à Agbassa, la diversité est faible et pratiquement uniforme dans toutes les formations végétales. Seuls les champs à Agbassa présentent un pic de 6 espèces comptées. Les indices de diversité de Shannon H sont très faibles et varient de 0,678 (en jachère à Wari-Marô) à 0,764 (en champs à Agbassa). Les valeurs d'équitabilité de Piélu sont également faibles et varient de 0,378 (Wari-Marô en jachère) à 0,522 (Agbassa en jachère) (Tableau 3). Les plus faibles valeurs sont obtenues à Wari-Marô en jachère et les plus fortes à Agbassa (champs et jachère). Les formations végétales n'ont pas d'effet significatifs ($p > 0,05$) sur la diversité spécifique mais plutôt sur l'équitabilité de présence des spores (Tableau 3). Les plus fortes valeurs de l'équitabilité sont notées dans les jachères correspondant à la plus faible richesse spécifique (Tableau 3).

Tableau 3

Densité spécifique, richesse spécifique et indice de diversité des spores de glomales pour 100 g de sol sec dans les sols des différentes formations végétales étudiées

		<i>G. aggregatum</i>	<i>G. sp1</i>	<i>G. sp2</i>	<i>S. gregaria</i>	<i>S. sp1</i>	<i>S. sp2</i>	Richesse spécifique	H (Shannon)	E (Piélu)
Forêt	Agbassa	100,75 ab	1,25 a	0 a	111,5 a	0,5 a	0,25 a	5	0,746 a	0,464 c
	Wari-Marô	147,75 bc	0 a	1,75 a	105,75 a	0,75 a	0,75 a	5	0,726 a	0,451 bc
Champ	Agbassa	180,5 c	0,75 a	5 b	223,75 b	2 a	1 a	6	0,764 a	0,427 abc
	Wari-Marô	191,5 c	0,5 a	0,25 a	230,25 b	1,75 a	0,75 a	6	0,725 a	0,405 ab
Jachère	Agbassa	154,75 bc	0 a	0 a	126,75 a	1,5 a	0,5 a	4	0,723 a	0,522 d
	Wari-Marô	77,25 a	1,25 a	0,25 a	152,25 ab	0,5 a	1 a	6	0,678 a	0,378 a

Les chiffres suivis de la même lettre dans la même colonne ne sont pas significativement différents au seuil de 5% par le test de comparaison de Newman-Keuls.

Discussion

Densités et fréquences de mycorhization des glomales de la forêt de Wari-Marô

Nos résultats révèlent des densités variables qui pourraient être expliquées par les différences de composition et de degrés de couverture végétale et confirmer ainsi les travaux de Benjamin (5). Il est établi que la distribution naturelle des glomales est sous le contrôle de la composition floristique (17). Les champs constituent un environnement de rotation continue de cultures. Ce qui favorise, à long terme, une forte abondance de spores. En utilisant une technique de piégeage comparable pour estimer le nombre de propagules d'un sol agricole, Bâ *et al.* (3) ont révélé une viabilité variable des spores dont la plus élevée est de 83,3%. L'interprétation du nombre de spores dans nos conditions expérimentales ne tient pas compte de la viabilité des spores. Ces différences peuvent être également expliquées par les différences dans les propriétés physico-chimiques des substrats. Parmi les critères physico-chimiques étudiés, qui peuvent influencer l'abondance relative des spores, figure la nature du sol sableux qui se révèle supporter des populations élevées de glomales (9). Les sols de la forêt sont sableux (Tableau 1) et ceux de champs encore plus.

Les fréquences de mycorhization observées, en phase avec les densités de glomales, sont conformes à celles de Vivekanandan et Fixen (27), qui stipulent que les fréquences de mycorhization du maïs sont élevées sur les sols à faible taux de phosphore total. Les taux de phosphore les plus faibles sont en effet notés sur les sols provenant de champs et les plus forts taux sur substrats prélevés sous forêt. Les fréquences de mycorhization sont 1,5 fois supérieures à celles rapportées par Hounngandan et Sogansa (publication inédite) sur les sols sous plantations d'*Acacia* spp. au Bénin et environ deux fois supérieures à celles obtenues par Onguene (24) sur trois espèces forestières cultivées sur différents sols au Cameroun. Des fréquences de mycorhization intéressantes sont donc obtenues des sols provenant de la forêt classée de Wari-Marô sous *Isobertinia doka*, donnant lieu à des projections à intégrer les glomales de la forêt classée de Wari-Marô dans le plan de reboisement de la forêt.

Diversité de glomales dans la forêt de Wari-Marô

La méthode (22) utilisée nous a permis d'obtenir 6 espèces de glomales, relativement importantes, indiquant une faible richesse spécifique dans la forêt de Wari-Marô et comparable à celle observée en forêt tropicale sèche et humide (23). En utilisant la même technique de piégeage pour estimer le nombre de spores et de propagules d'un sol de plantation d'*Acacia* en zone soudanienne, Bâ *et al.* (3) ont révélé 13 espèces de glomales. La densité de spores et la richesse spécifique étant naturellement corrélées (2), la faible richesse spécifique enregistrée dans la forêt de Wari-Marô pourrait être, à l'instar de la densité de spores, due: a- Aux différences de composition et de degrés de couverture végétale. La variabilité culturelle qui caractérise les champs crée un incubateur de multiplication du stock de glomales dans le sol, tandis que les sols de jachères connaissent une absence d'activité culturelle qui entraîne la dormance et l'arrêt de la sporulation. b- A la période d'échantillonnage. Il a été démontré que la sporulation des glomales est saisonnière (14). c- A la composition physico-chimique des substrats. Des investigations ont établi des corrélations positives (17) entre l'augmentation du carbone, de l'azote et la diversité des glomales. L'effet inverse est observé dans la forêt classée de Wari-Marô où la combinaison de faibles teneurs en carbone, azote et phosphore total correspond à une abondance relative (Tableau 1, Figure 2) et une diversité

plus importante de glomales. Des travaux antérieurs (3) confirment ces corrélations.

Distribution des glomales dans la forêt de Wari-Marô

Les résultats obtenus dans le cadre de cette étude reflètent certaines tendances. Dans la forêt classée, seuls sont présents les genres *Glomus* et *Scutellospora* à Wari-Marô et à Agbassa. Plus de 90% des spores récoltées sont attribuées aux espèces *Glomus aggregatum* et *Scutellospora gregaria* qui apparaissent être tolérantes à une large gamme de niches écologiques (forêt, champs, jachère). Ces espèces prédominent dans la forêt de Wari-Marô. *Glomus aggregatum* sporule bien sur des sols sableux et est majoritairement représenté dans de nombreuses niches (9). Cette large distribution du genre *Glomus* a été signalée par Bâ *et al.* (3). La prédominance de ces deux espèces dans les sols de la forêt de Wari-Marô peut être expliquée par le fait que ces espèces sont probablement distribuées dans des horizons profonds du sol (1). Pour cette raison, elles sont présentes dans toutes les niches, des plus stables (forêt) aux plus instables (champs). L'humidité et la température de sol à Wari-Marô semblent être dans la marge optimale pour le développement de ces deux espèces. La température optimale pour la germination et la sporulation peut être différente (20); elle est de 25-35°C pour *Scutellospora*. Cette gamme de température est habituellement celle que l'on rencontre dans la région de Wari-Marô. *Glomus* sp1, *Glomus* sp2, *Scutellospora* sp1 et *Scutellospora* sp2 sont rares dans l'ensemble de la forêt classée, toutefois plus ou moins mieux représentées en champs. Cette dernière tendance peut trouver explication dans la variabilité culturelle notée en champs comparée aux autres niches écologiques.

L'indice de Shannon H et l'équitabilité de Pielou viennent confirmer la faible richesse spécifique notée dans l'ensemble de la forêt de Wari-Marô. Les plus faibles valeurs de l'équitabilité sont observées dans les champs, sièges de la plus grande richesse spécifique, tandis que les plus fortes valeurs sont observées dans les jachères où la plus faible richesse spécifique est notée, indiquant davantage la dominance d'une minorité d'espèces. L'installation des champs au détriment des forêts n'a pas réduit la diversité des glomales mais en augmente plutôt la densité. Nos résultats semblent être en contradiction avec ceux de Cuenca (8), qui a observé une baisse de la diversité sur sols tropicaux perturbés au Venezuela, mais sont en conformité avec ceux d'Onguene (25), confirmant les observations de rareté arbusculaires dans les racines d'essences en forêts néotropicales et tropicales humides (6).

Conclusion

Les meilleurs sites de production de plants d'*Isobertinia doka* sont les sites d'Agbassa sur jachère et en champs. Des cultures monospores de *Glomus aggregatum* et *Scutellospora gregaria* natifs de la forêt classée de Wari-Marô sont envisageables pour produire de l'inoculum en pépinière dans le cadre de la replantation de la forêt. Les glomales n'étant pas spécifiques à un seul hôte végétal, cet inoculum pourrait être utilisé sur d'autres plants forestiers pour pallier les carences minérales à la replantation.

Remerciements

Les auteurs remercient le projet VLIR "Restauration de la fertilité des sols au sud et au centre du Bénin" financé par la Belgique pour les équipements qui ont permis l'analyse des échantillons, mais aussi le Projet d'Aménagement des Massifs forestiers au Bénin pour avoir financé la bourse de recherches.

Références bibliographiques

1. An Z.Q., Hendrix J.W., Hershman D.E. & Henson G.T., 1990, Evaluation of the most probable number (MPN) and wet-sieving methods for determining soil-borne populations of *Endogonaceous mycorrhizal fungi*. *Mycologia*, 82, 576-581.
2. Anderson R.C., Liberta A.E. & Dickman L.A., 1984, Interaction of vascular plants and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi across a soil moisture-nutrient gradient. *Oecologia*, 64, 111-117.
3. Ba M., Dalpe Y. & Guissou T., 1996, Les glomales d'*Acacia holosericea* et d'*Acacia mangium*. *Bois et forêts des tropiques*, 250, 6-14.
4. Baize D., 2000, Guide des analyses en pédologie-2^{ème} édition revue et augmentée. INRA. Paris, 1-55, 257.
5. Benjamin P., Anderson R.C. & Liberta A.E., 1989, Vesicular-arbuscular mycorrhizal ecology of little bluestem across a prairie-forest gradient. *Can. J. Bot.* 67, 2678-2685.
6. Bereau M., Gazel M. & Garbaye J., 1997, Les symbioses mycorrhiziennes des arbres de la forêt tropicale de la Guyane française. *Can. J. Bot.* 75, 711-716.
7. Brundrett M., 1991, Mycorrhizas in natural ecosystems. *Adv. Ecol. Res.* 21, 171-313.
8. Cuenca G., De Andrade Z. & Escalente G., 1997, Diversity of glomalean spores from natural, disturbed and revegetated communities, growing on nutrient-poor tropical soils. *Soil Biol Biochem.* Vol. 30, 711-719.
9. Dalpé Y., 1989, Inventaire et répartition de la flore endomycorhizienne de dunes et de rivages maritimes du Québec, du Nouveau-Brunswick et de la Nouvelle-Ecosse. *Rev. Ecol. Syst.* 116, 219-236.
10. Ducouso M., 1991, Importance des symbioses racinaires pour l'utilisation des Acacias d' Afrique de l'ouest. Nogent-sur-Marne. CIRAD-foret/ISRA. Dakar-Sénégal. 105-105, 205.
11. Faure P., 1977, La carte pédologique de reconnaissance de la République Populaire du Bénin. Feuille de Djougou. ORSTOM. Paris-France. 10-12, 49.
12. Fonton N., 1996, Inventaire des massifs forestiers des Monts Kouffé, Wari-Marou et Agoua. Rapport D.F.R.N. Cotonou-Bénin, 15-50, 90.
13. Furlan V., 1981, Techniques et procédures pour la culture des champignons endomycorhiziens. Note technique. Québec-Canada, Université Laval, 54-65, 65.
14. Gemma J.N., Koske R.E. & Carreiro M., 1989, Seasonal variation in spore abundance and dormancy of *Gigaspora gigantea* and in *Mycorrhizal inoculum* potential of a dune soil. *Mycologia*, 80, 211-216.
15. Gerdemann J.W. & Nicholson T.H., 1963, Spores for mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 46, 235-244.
16. INVAM., 2008, <http://www.Invam.caf.wvu.edu/>
17. Johnson N.C., Zak D.R., Tilman D. & Pfleger F.L., 1991, Dynamics of vesicular arbuscular mycorrhizae during old field succession. *Oecologia*, 86, 349-358.
18. Kadidia B.S., Amadou M., Ba & Dexheimer J., 1997, Mycorrhizal status of some fungi beneath indigenous trees in Burkina-Faso. *Forest. Ecology. Management*, 98, 61-67.
19. Kang B.T. & Wilson G.F., 1987, The development of alley farming as a promising agroforestry technology pp. 227-243, *In: H.A. Steppeler and P.K.R. Nair (Eds. ICRAF) Agroforestry: A decade of development*, Nairobi, Kenya 250 p.
20. Koske R.E., 1981, *Gigaspora gigantea* observations on spore germination of a VAM fungus. *Mycologia*, 73, 288-300.
21. Morton J.B., 1992, Problems and solutions for integrations of glomalean taxonomy. *Systematic biology*, and the study of endomycorrhizal phenomena. *Mycorrhiza*, 2, 97-109.
22. Musoko M., Last T. & Mason P., 1994, Populations of spores of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi disturbed soils of secondary semi-deciduous moist tropical forest in Cameroon. *Forest. Ecology. Management*, 27, 359-377.
23. Onguene N.A., 2000, Diversity and dynamics of mycorrhizal associations in tropical rain forests with different disturbance regimes in south cameroon. PhD thesis, Wageningen University, Netherlands.
24. Onguene N.A., Tsimi J.P.M. & Balla M.J.E., 2002, Statut mycorrhizien de l'okoumé (*Aucoumea klaineana* Pierre) en régénération artificielle au sud Cameroun. *Tropicicultura*, 20, 3, 104-108.
25. Staddon P.L., Thompson K., Jakobsen., Grime P.J., Askew A.P. & Fitter A., 2003, Mycorrhizal fungal abundance is affected by long-term climatic manipulations in the field. *Global. Change. Biology*, 9, 186-194.
26. Vivekanandan M. & Fixen P.E., 1991, Cropping systems effects on mycorrhizal colonisation, early growth and phosphorus uptake of corn. *Soil. Sci. Am. J.* 55, 136-140.

P. Hounngandan, Béninois, Ph.D, Enseignant chercheur au Département de Production Végétale. Directeur du Laboratoire d'Ecologie Microbienne (LEM) de la Faculté des Sciences Agronomiques du Bénin de l'Université d'Abomey-Calavi.

R. Yemadje, Béninois, Doctorant au Laboratoire d'Ecologie Microbienne (LEM) de la Faculté des Sciences Agronomiques du Bénin.

A. Kane, Sénégalais, Thèse de 3^{ème} cycle, Enseignant chercheur au Département de Biologie Végétale de la Faculté des Sciences et Techniques de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar (UCAD), Sénégal.

P. Boeckx, Belge, Professeur, Laboratoire de la Physico-chimie appliquée de Faculté d'Agriculture et des Sciences biologiques appliquées de l'Université de Gand, Belgique.

O. Van Cleemput, Belge, Professeur, Laboratoire de la Physico-chimie appliquée de Faculté d'Agriculture et des Sciences biologiques appliquées de l'Université de Gand, Belgique.