



Variation de la réponse à l'endomycorhization en pépinière des plants issus de deux semenciers de karité au Burkina Faso

Mahamadi DIANDA ^{1*}, S. Jean OUEDRAOGO ¹ et Tahir A. DIOP ²

¹ Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles - Département Productions Forestières (INERA / DPF), 03 BP 7047 Ouagadougou 03, Burkina Faso.

² UCAD, Département de Biologie Végétale / Faculté des Sciences et Techniques BP 5005, Dakar, Sénégal.

* Auteur correspondant, E-mail: dmahamadi@yahoo.fr, Tel: (226) 50 33 40 98, Fax: (226) 50 31 50 03.

RESUME

Le karité (*Vitellaria paradoxa* C.F. Gaertn) est un arbre d'importance écologique et économique considérable dans la zone soudanienne d'Afrique, mais qui présente l'inconvénient de pousser très lentement au jeune âge. Pour lever cette contrainte, une expérience a été menée en pépinière en vue d'évaluer sa réponse au phosphore et à l'inoculation endomycorhizienne. Différents inocula de champignons mycorrhizogènes à vésicules et arbuscules (MVA) comprenant quatre isolats locaux (désignés par N°3, N°11, BWG et T16), et trois souches de référence (*Glomus aggregatum*, *G. intraradices* et *G. mosseae*), ont été évalués pour leur performance à stimuler la croissance et la nutrition minérale de plantules de karité. Des plantules issues de deux semenciers localisés à Gonsé et à Korsimoro ont été inoculées séparément sur un sol sableux stérilisé à l'autoclave, en présence ou non de phosphore (0 ou 5 mg P plant⁻¹). Des plants non-inoculés ont servi de témoins. Le dispositif était un split plot en blocs avec quatre répétitions. Au bout de 12 mois de culture, les plants inoculés étaient mycorrhizés. Cependant, hormis les vésicules, très peu de structures fongiques intraradiculaires étaient colorées, ce qui a empêché l'évaluation du taux de mycorhization. En moyenne, les plants issus de la semence de Korsimoro ont montré la biomasse des parties radiculaires la plus élevée, et le plus faible ratio de biomasses aérienne/ racinaire (A/S) (P<0.05). De plus, une interaction significative semence x MVA a été observée pour le ratio A/S et les prélèvements des parties aériennes en azote et phosphore (P<0.01). Les plants issus de la semence de Korsimoro ont été plus sensibles aux MVA que ceux de Gonsé, et ont permis une discrimination nette de l'efficacité des inocula pour les prélèvements d'azote et de phosphore. Dans ce cas, l'utilisation de *Glomus* sp. a réduit en moyenne de 26-28% ces prélèvements, comparativement aux valeurs observées en présence des isolats locaux. L'implication de ces résultats sur les possibilités d'amélioration de la croissance du karité et de son adaptation aux sols carencés en éléments minéraux a été discutée.

© 2010 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés : Biofertilisation, Génotype, interaction, mycorhize à vésicules et arbuscules (MVA), *Vitellaria paradoxa*.

INTRODUCTION

Le karité est une espèce à usages multiples largement répandue dans la zone

soudano-sahélienne où elle joue un rôle essentiel dans l'équilibre socio-économique et écologique des systèmes agroforestiers

© 2010 International Formulae Group. All rights reserved.

traditionnels (Bonkougou, 1992; Bayala et al., 2006). L'arbre produit du bois et des fruits très appréciés localement, mais il est surtout renommé pour la qualité du beurre extrait de ses amandes (Kristensen and Lykke, 2003 ; NRC, 2006). Le karité fait partie également des principales espèces ligneuses mellifères recensées en saison sèche dans certaines régions comme l'Ouest du Burkina Faso (Sawadogo et Guinko, 2001). Les produits du karité (amandes et beurre) font l'objet d'un commerce international florissant qui apporte des devises importantes aux pays producteurs et génère des revenus substantiels pour les populations rurales impliquées dans la collecte et le traitement des fruits (Teklehaimanot, 2004a ; NRC, 2006).

Cependant, malgré la contribution importante du karité à l'économie locale, l'arbre n'est que rarement planté dans les champs, ce qui en fait est essentiellement un produit de cueillette (Bonkougou, 1992). Jusqu'à présent, en effet, le potentiel de production du karité repose encore sur des parcs formés d'individus épargnés et protégés par les populations rurales lors des défrichements. Or, des études ont montré que la plupart de ces peuplements, en particulier dans la partie septentrionale de l'aire de distribution de l'espèce, sont fortement dégradés, entre autres par la surexploitation anthropique et la péjoration du climat (Gijsbers et al., 1994 ; Teklehaimanot, 2004b). La population de karités de la zone soudanienne atteignait 230 pieds ha⁻¹ dans les années 1940 (Chevalier, 1946), mais de nos jours, elle ne serait plus que d'environ 11 pieds ha⁻¹ (Nikiéma et al., 2001). Dans ces conditions, la régénération artificielle doit être encouragée si l'on veut maintenir, voire accroître, le potentiel de production du karité dans la zone soudanienne.

Planter du karité comporte de nombreuses contraintes parmi lesquelles la lenteur de croissance juvénile de la plante, la longueur de son cycle végétatif, mais aussi et

surtout le manque quasi-général de connaissances concernant la sylviculture de l'arbre adulte. Pour la plupart de ces contraintes, des solutions durables ne peuvent provenir que de la domestication de l'espèce. Différentes techniques de greffage ont déjà été mises au point (Sanou et al., 2004) et devraient permettre de raccourcir l'âge à la première fructification. Les connaissances sur la diversité génétique des populations de karité commencent également à progresser grâce à l'utilisation du polymorphisme des microsattellites comme marqueur génétique (Sanou et al., 2005 ; Allal et al., 2008). Lamien et al. (2006) ont rapporté que l'incision annulaire des branches augmente la fructification du karité. D'autre part, Nde Bup et al. (2009) ont également démontré que la production de beurre de karité pouvait être optimisée par un calibrage adéquat des conditions physico-chimiques du processus d'extraction. Jusqu'à présent par contre, relativement peu d'attention a été portée à la lenteur de croissance des jeunes plants. Des travaux récents ont montré que ce rythme de croissance pouvait être stimulé par la sélection de matériel végétal adapté aux conditions environnementales locales ou par la fertilisation minérale (Bayala et al., 2009 ; Dianda et al., 2009).

Le karité est capable de former des mycorhizes vésiculaires en présence du champignon *G. intraradices*, indiquant ainsi le caractère mycotrophe de la plante (Dianda et al., 2009). Les mycorhizes agissent comme des biofertilisants naturels capables de stimuler la croissance de l'hôte, principalement en améliorant sa nutrition dans les sols carencés en éléments minéraux (en particulier le phosphore) (Smith et Read, 1997). Cependant, il est établi que l'efficacité de cette symbiose dépend, entre autres, de la compatibilité entre le matériel végétal utilisé et la souche fongique en présence (Smith et Read, 1997 ; Lesueur et al., 2001 ; Corkidi et al., 2005). Cela suggère que l'effet bénéfique des mycorhizes sur la croissance de la plante puisse être optimisé si l'on procède par sélection à partir de

combinaisons de génotypes des deux partenaires symbiotiques. Sanou et al. (2005) ont observé une forte variabilité intra-spécifique des caractéristiques de croissance juvénile du karité qu'ils attribuent, entre autres, à des différences d'adaptation locale. Dans ce cas, il est possible que des différences de sensibilité des génotypes vis-à-vis des champignons mycorrhizogènes présents dans le sol contribuent à expliquer l'hétérogénéité de croissance de la plante, mais cela reste à vérifier. L'objectif de la présente étude a été d'évaluer en pépinière (i) la variabilité intra-spécifique des symbioses mycorrhiziennes en relation avec les génotypes de la plante et du partenaire fongique et (ii) l'efficacité relative de souches fongiques locales et introduites à influencer la croissance et la nutrition minérale du karité.

MATERIEL ET METHODES

Matériel végétal

Des lots de fruits de karité, récoltés chacun sur un seul arbre mère, ont été collectés dans des peuplements localisés à Gonsé (12°27' N, 1°19' O), Korsimoro (12°49' N, 1°43' O) et Saponé (12°3' N, 1°36' O) au Burkina Faso. Les noix ont été extraites manuellement des fruits et correctement rincées sous un filet d'eau courante. La semence de *V. paradoxa* ainsi obtenue a été désinfectée au chlorure mercurique 0,1% pendant 10 mn, puis rincée plusieurs fois à l'eau stérile.

Les noix ont été mises à germer séparément dans des bacs en PVC remplis de sable préalablement désinfecté à l'autoclave. Les bacs de germination ont été installés en pépinière à la température ambiante. Les semis ont été quotidiennement arrosés à la capacité au champ jusqu'à la germination.

Les champignons mycorrhizogènes

Trois souches fongiques de référence connue (*Glomus mosseae*, *G. intraradices* et *G. aggregatum*), et quatre cultures monosporales d'isolats locaux (N°3, N°11,

BGW et T16) ont été utilisées. Les souches de collection proviennent du Laboratoire de Microbiologie Forestière de l'INERA (Burkina Faso) (Bâ et al., 1996). Le matériel fongique local a été isolé à partir de sols collectés dans les peuplements de karité du Parc urbain Bangreweogo à Ouagadougou (BGW) et de Ipélsé aux environs de Saponé (N°3, N°11 et T16). L'ensemble du matériel fongique a été multiplié sur *Sorghum bicolor* pour produire l'inoculum d'endomycorhizes. La semence de *S. bicolor* a été mise en culture et inoculée par le matériel fongique à multiplier sur un sol désinfecté à l'autoclave (2 l sol⁻¹). Le sol de culture contenant des propagules fongiques (spores et hyphes fongiques, fragments de racines) a été récolté et utilisé comme inoculum.

Le sol de culture en pépinière

Les plants de *V. paradoxa* ont été cultivés sur un sol prélevé dans les peuplements de karité à Manga (Province du Bazèga, Burkina Faso). C'est un sol sableux de jachère carencé en azote (0,02%) et phosphore assimilable (4 ppm). Les principales caractéristiques physico-chimiques de ce sol ont été décrites précédemment (Dianda et al., 2009). Le sol a été tamisé et stérilisé à l'autoclave, puis distribué dans des pots en PVC à raison de 7 kg pot⁻¹. Les pots ont été placés en pépinière à température et humidité ambiantes.

Inoculation et culture des plants

Après la germination, les plantules ont été repiquées en pépinière dans le sol de jachère, à raison d'une plantule par pot. L'inoculation a consisté à verser environ 10 g d'inoculum (sol contenant des propagules du champignon MVA) dans les poquets de transplantation. Les plants ont été arrosés quotidiennement à l'eau courante de façon à maintenir l'humidité du sol au voisinage de sa capacité au champ. Toutes les deux semaines, à compter de la date de repiquage, les pots ont reçus 400 ml d'une solution nutritive dépourvue d'azote et de phosphore (Mahon,

1977). Tous les plants ont reçu 14 mg d'azote minéral sous forme de NH_4NO_3 en plusieurs applications. La quantité d'azote a été fractionnée et appliquée toutes les deux semaines dans la solution nutritive.

Traitements et dispositif expérimental

Une expérience factorielle (2 x 2 x 8) a été menée en combinant le lot de semences (Gonsé et Korsimoro), l'apport en phosphore (0 ou 5 mg P plant^{-1} sous forme de $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$), et la souche d'endomycorhize (8 dont un témoin non-inoculé). L'ensemble des traitements a été appliqué en quatre répétitions. Le dispositif était un split plot en blocs où le lot de semences a été placé en parcelle principale, et P en sous-parcelle. Dans chaque bloc, les pots ont été disposés et randomisés sur des châssis métalliques à environ 30 cm du niveau du sol.

Mensurations et analyses chimiques

Au bout d'un an de culture, les plants ont été dépotés. Les mesures ont porté sur la hauteur et le diamètre au collet. Les parties aériennes et racinaires des plants ont été séparées, séchées à l'étuve (48 h à 75 °C) et pesées pour déterminer les biomasses sèches. Les fractions aériennes et racinaires des plants ont été broyées séparément et analysées pour les teneurs en azote et phosphore. Ces analyses ont été réalisées par les laboratoires de l'INERA, d'après la méthode de Walinga et al. (1995), après digestion des échantillons dans un mélange de H_2SO_4 - H_2O_2 à 450 °C. Les contenus en azote et phosphore totaux de la solution ont été déterminés à l'aide d'un colorimètre automatisé (Skalar SAN^{plus} Segmented flow analyzer, Model 4000-02).

Le taux de colonisation endomycorhizienne a été estimé sur des échantillons de racines représentatifs des traitements. Pour ce faire, les échantillons de racines ont été éclaircis dans du KOH 10% (20 mn à l'autoclave), puis colorées au bleu Trypan 0,05% dans du lactoglycerol

(Phillips and Hayman, 1970). L'évaluation a été faite suivant la méthode décrite par Trouvelot et al. (1986).

Analyses statistiques

Toutes les données ont été soumises à un test d'homogénéité de variance, suivi d'une analyse de variance à l'aide du logiciel SAS (SAS, 1990). Pour les mesures de croissance de la plante, les moyennes des traitements ont été comparées à l'aide du test de Duncan ($P < 0,05$). Dans le cas des prélèvements des parties aériennes en azote et phosphore, des comparaisons simples (contrastes) ont été utilisées.

RESULTATS

Croissance des plants de karité

Après un an de culture en pépinière, la croissance des parties aériennes a été en moyenne similaire pour l'ensemble des plants ($P > 0,05$), sauf en ce qui concerne le diamètre au collet ($P < 0,05$). A ce stade de croissance, le plant de karité mesurait en moyenne $10,3 \pm 0,2$ cm de hauteur pour une biomasse aérienne sèche de $1,3 \pm 0,1$ g (Tableau 1). En moyenne également, l'application de phosphore a affecté négativement le diamètre au collet du plant ($P < 0,05$). D'autre part, l'inoculation par les champignons endomycorhiziens n'a pas eu d'effet significatif sur les parties aériennes et racinaires du plant ($P > 0,05$).

En moyenne, les plants issus du lot de semence de Gonsé ont été les plus performants pour la biomasse sèche totale et celle des racines ($P < 0,01$; Tableau 1) Le ratio des biomasses des parties aériennes et souterraines du plant (A/S) a été en moyenne le plus élevé dans le cas du lot de semence de Korsimoro ($P < 0,05$); cependant, l'interaction semence x souche fongique a été significative pour ce critère. Le ratio A/S des plants obtenus à partir de la semence de Korsimoro a montré des variations inter-souches fongiques d'amplitude plus importante que celle observée pour le lot de Gonsé (Figure 1).

Taux de mycorhization

L'observation microscopique de racines de karité colorées a révélé la présence de structures fongiques intraradiculaires caractéristiques des endomycorhizes (vésicules en particulier), d'hyphes fongiques probablement extraradiculaires, et souvent de spores. Cependant, le contraste de coloration a été si faible qu'il n'a pas été possible de quantifier l'intensité de mycorhization au-delà de traces (<5%) chez les plants inoculés. De ce fait, les données n'ont pas fait l'objet d'analyses statistiques.

Prélèvements en azote (N) et en phosphore (P)

Les plants de karité ont montré des variations significatives de prélèvements en azote et phosphore des parties aériennes, mais pas des racines (Tableaux 2 et 3). En moyenne, les prélèvements totaux en azote et phosphore des parties aériennes ont été les plus élevés chez les plants issus du lot de semences de Gonsé ($P < 0,05$; Tableau 3). L'apport de phosphore et la souche endomycorhizienne n'ont pas affecté ces prélèvements. Cependant, l'interaction semence x souche fongique a été significative ($P < 0,01$; Tableau 2). Dans le

cas du lot de semences de Gonsé, les valeurs des prélèvements en azote et phosphore des parties aériennes des plants inoculés par les isolats fongiques locaux ont été similaires, en moyenne, aux valeurs observées en présence des souches de collection (*Glomus* spp.). Chez les plants obtenus du lot de semences de Korsimoro par contre, les isolats locaux ont été les plus performants pour les prélèvements correspondants en N (+26%) et P (+28%) (Tableaux 2 et 3).

DISCUSSION

Un an après la germination, la croissance du karité a été marquée par la formation d'un système racinaire développé tel que reconnu aux jeunes plants de l'espèce dans la littérature (Picasso, 1984). La présence de systèmes racinaires vigoureux et parfois tubérisés a également été signalée chez d'autres espèces du Sahel (Ganaba et Guinko, 1995; Bationo et al., 2001). Cette caractéristique est perçue comme un critère d'adaptation des espèces ligneuses à l'environnement aride des savanes où le feu et la sécheresse limitent considérablement la survie des jeunes pousses. Dans ces conditions, un système racinaire vigoureux permettrait d'assurer une alimentation convenable en eau et en nutriments à partir des horizons profonds, et une bonne vigueur de reprise après le feu (Nyerges, 1989; Menaut, 1983).

Tableau 1 : Caractéristiques de croissance des plants de karité 12 mois après le semis en pépinière.

Lot de semence	Hauteur (cm)	Diamètre (mm)	Biomasse sèche		
			Parties aériennes (g)	Parties racinaires (g)	Totale (g)
Gonse	10,6 ± 0,3 a	31,5 ± 0,9 a	1,4 ± 0,1 a	5,6 ± 0,3 a	6,9 ± 0,3 a
Korsimoro	9,9 ± 0,3 a	29,1 ± 0,8 a	1,3 ± 0,1 a	4,0 ± 0,2 b	5,3 ± 0,2 b

Les valeurs d'une colonne suivies par la même lettre ne diffèrent significativement selon le test de Duncan ($P < 0,05$).

Tableau 2 : Résumés des analyses de variance des prélèvements en azote (N) et phosphore (P) des plants de karité.

Source	^w Ddl	Carré moyen			
		N total		P total	
		Parties aériennes	Parties racinaires	Parties aériennes	Parties racinaires
^x Semence (Lot 1 vs. 2) (I)	1	440 *	8531	3,9 *	51,6
^y Phosphore (P ₀ vs. P ₁) (P)	1	9	1029	0,1	4,5
Souche MVA	7	54	584	0,1	2,7
- MVA vs. Témoin (III)	1	17	779	0,0	1,9
- ^z Locales vs. <i>Glomus</i> spp. (IV)	1	25	43	0,1	0,4
Semence * MVA	7	119 **	770	0,9 **	3,8
Contraste I * III	1	2	1797	0,0	3,7
Contraste I * IV	1	208 *	754	587,0 *	5,6
Semence * MVA*P	7	48	512	0,1	2,8

^x : Gonsé vs. Korsimoro ; ^y : Avec ou sans fertilisation en phosphore ; *Glomus* spp. : *G. aggregatum*, *G. intraradices* et *G. mosseae* ; Isolats fongiques locaux : '11', '3', 'BWG', 'T16' ; ^w : Degrés de liberté ; **, * : Significatif à P<0,01 et P<0,05, respectivement.

Tableau 3 : Effets de la semence et de la souche fongique mycorrhizogène sur les prélèvements en azote (N) et phosphore (P) du karité 12 mois après le semis en pépinière.

Lot de semence	^x Souche de MVA	N total (mg plant ⁻¹)		P total (mg plant ⁻¹)	
		Parties aériennes	Parties racinaires	Parties aériennes	Parties racinaires
Gonsé	11'	11 ± 2	54 ± 6	1,0 ± 0,2	4,6 ± 0,6
	3'	17 ± 3	56 ± 5	1,5 ± 0,3	4,7 ± 0,5
	Ga	17 ± 3	64 ± 8	1,5 ± 0,2	5,5 ± 0,7
	BWG	17 ± 2	54 ± 13	1,3 ± 0,1	4,5 ± 1,0
	'T16'	18 ± 3	66 ± 11	1,6 ± 0,2	5,6 ± 1,1
	Gi	19 ± 3	65 ± 12	1,7 ± 0,3	5,1 ± 0,9
	Gm	9 ± 2	61 ± 12	0,7 ± 0,1	4,7 ± 0,9
	Témoin	14 ± 2	78 ± 11	1,2 ± 0,1	5,7 ± 0,7
Korsimoro	'11'	14 ± 3	58 ± 13	1,2 ± 0,3	4,5 ± 1,0
	'3'	11 ± 2	34 ± 4	0,9 ± 0,2	2,9 ± 0,3
	Ga	10 ± 1	52 ± 9	0,9 ± 0,1	4,3 ± 0,6
	BWG	13 ± 3	42 ± 11	1,0 ± 0,2	3,6 ± 0,7
	'T16'	15 ± 3	62 ± 9	1,3 ± 0,3	5,0 ± 0,4
	Gi	10 ± 3	32 ± 8	0,8 ± 0,2	2,5 ± 0,6
	Gm	12 ± 2	53 ± 11	0,9 ± 0,2	4,3 ± 0,7
	Témoin	10 ± 2	43 ± 7	1,0 ± 0,2	3,6 ± 0,8

^x : MVA : mycorhize à vésicules et arbuscules ; Ga: *Glomus aggregatum*; Gi: *G. intraradices*; Gm : *G. mosseae* ; '11', '3', 'BWG', 'T16' : isolats fongiques locaux.

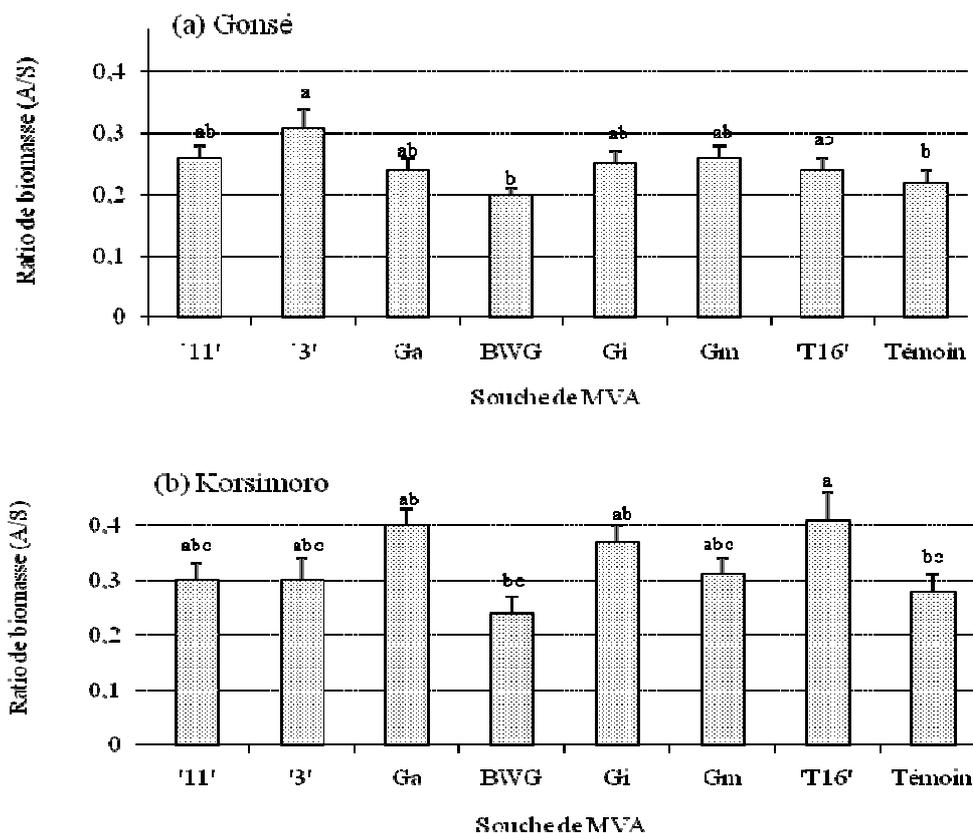


Figure 1 : Ratio des biomasses aérienne et souterraine (A/S) des plants de karité obtenus de deux lots de semence et inoculés par différents champignons mycorhizogènes. MVA : mycorhize à vésicules et arbuscules ; Ga: *Glomus aggregatum*; Gi: *G. intraradices*; Gm: *G. mosseae* ; '11', '3' , 'BWG', 'T16' : isolats locaux. Les barres des histogrammes représentent les erreurs types des moyennes correspondantes. En (a) et (b), les histogrammes surmontés par la même lettre ne diffèrent pas significativement selon le test de Duncan ($p < 0,05$).

L'influence significative de la source de semences sur le ratio des biomasses des parties aériennes et souterraines (A/S) met en évidence une variabilité intra-spécifique de l'allocation des ressources de croissance similaire à celle observée chez d'autres espèces ligneuses comme *Eucalyptus* spp. (Mulligan and Sands, 1988). L'observation de biomasses des parties aériennes quasiment similaires chez tous les plants, associées à un ratio A/S relativement plus faible chez les plants issus de la semence de Gonsé, révèle une plus forte tendance de ces derniers à accumuler davantage de biomasse racinaire aux dépens de la formation de tiges et de

feuilles. Du fait que la noix de karité présente une variabilité intra-spécifique relativement appréciable en taille, il est probable que les différences correspondantes en réserves séminales soient à l'origine de l'allocation inégale de biomasse entre les parties des jeunes plants (Mulligan et Sands, 1988 ; Lovett et Haq, 2000). Cependant, la variation du ratio A/S est généralement interprétée comme un indicateur d'adaptation aux stress, de valeur d'autant plus faible que la plante est moins tolérante à son environnement (Puri et Swamy, 2001). Dans ce cas, les plants issus de la semence de Gonsé ayant un faible ratio peuvent être considérés comme les moins

adaptés ou tolérants aux conditions de la présente étude, en particulier aux caractéristiques physico-chimiques du sol de culture.

L'évaluation du taux de colonisation mycorhizienne des plants à été limitée par une révélation microscopique partielle des structures fongiques typiques de cette symbiose, comparable à celle décrites précédemment (Dianda et al., 2009). Cette coloration irrégulière des structures mycorhiziennes pourrait être due à une préparation inadéquate des échantillons de racines examinés. De nombreux auteurs (Wubet et al., 2003 ; Onguene et Kuiper, 2005 ; Gehring et Connell, 2006) ont réussi à caractériser le statut mycorhizien de nombreuses espèces ligneuses à racines diversement pigmentées moyennant une optimisation préalable des méthodes classiques de traitement et de coloration de racines mycorhizées. De ce fait, l'observation de traces de colonisation rapportée jusqu'à présent sur des racines de karité colorées au bleu Trypan est à considérer comme indicatrice du statut mycorhizien des plants, mais pas du potentiel réel de mycorhization de l'espèce.

Contrairement à la source de semences, l'application du phosphore et l'inoculation endomycorhizienne n'ont pas affecté la nutrition et la croissance des plants de karité. L'absence de réponse au phosphore est en accord avec nos observations antérieures montrant l'inefficacité d'une telle fertilisation faiblement dosée en azote et en phosphore à stimuler la croissance juvénile du karité (Dianda et al., 2009). L'absence d'impact de la mycorhization pourrait être due à une inadaptation des symbiontes aux conditions de culture imposées aux plants. Au Botswana par exemple, Bohrer et al. (2003) ont trouvé que *Vangueria infausta* tendait à former davantage de mycorhizes sur des sols stérilisés provenant des abords du désert du Kalahari, si le sol était ré-inoculé par l'inoculum naturel de son site de prélèvement. En milieu réel au champ, Lesueur et Sarr (2008) ont obtenu peu de réponse de *Calliandra calothyrsus* à

l'inoculation endomycorhizienne qu'ils attribuent à une plus grande efficacité de l'inoculum naturel du sol. Malgré les conditions de stérilité imposées en début d'expérimentation, des microorganismes se sont probablement développés dans le sol au cours de la culture, et ont pu restreindre l'expression des souches introduites. Les travaux de Wamberg et al. (2003) sur le pois, et ceux de Ravnskov et al. (2006) sur la tomate, ont montré que le champignon MVA *Glomus intraradices* induisait une modification qualitative et quantitative de la microflore rhizosphérique des plants auxquels il est associé.

Malgré l'absence d'effet de l'inoculation fongique, les deux sources de semis utilisés ont présenté des profils différents de réponses aux champignons MVA en termes d'allocation de biomasse (ratio A/S) et de prélèvements des parties aériennes en azote et phosphore. A partir de la semence de Korsimoro, des différences de forte amplitude du ratio A/S des plants mycorhizés ont été observées, associées à des variations significatives des prélèvements des tiges en azote et phosphore. Comparativement aux isolats locaux, les souches de collection (*Glomus* spp.) ont en moyenne réduit les prélèvements en azote et phosphore de 26 et 28%, respectivement. Dans ce cas, les variations du ratio A/S sont attribuables à des différences d'efficacité des symbioses établies à assurer la nutrition des plants en azote et phosphore. L'absence de différences correspondantes concernant le matériel de Gonsé met en évidence une plus grande réceptivité du semis de Korsimoro vis-à-vis des champignons MVA. Ces résultats s'opposent à ceux de Bohrer et al. (2003) qui n'ont trouvé aucune influence du génotype de la plante sur la réponse de *V. infausta* à l'inoculation par des champignons MVA. La différence est probablement due au fait que ces auteurs ont utilisé des inocula naturels dans leur expérience.

Conclusion

Malgré son importance considérable dans la zone soudanienne d'Afrique, le karité

reste encore une espèce à domestiquer. Dans la présente étude, une variabilité de la croissance juvénile et de la réponse à l'endomycorhization a été mise en évidence chez deux génotypes représentés par la semence d'arbres mères différents. Les plants issus de la semence de Korsimoro se distinguent de ceux de Gonsé par une moindre biomasse racinaire, un ratio de biomasses (parties aérienne/racinaire) relativement plus élevé et une plus grande sensibilité à l'infection mycorhizienne. Il est possible qu'il existe un lien entre cette différence d'allocation des ressources et la capacité d'adaptation du plant aux conditions de culture, suggérant ainsi un potentiel intéressant d'amélioration de la vigueur de croissance de la plante par voie de sélection. La mycorhization du génotype de Korsimoro a révélé des différences inter-souches fongiques de prélèvements des parties aériennes du plant en azote et phosphore, associées à des variations du ratio des biomasses. En particulier, nos résultats ont montré que dans ce cas, le prélèvement minéral était réduit en présence de *Glomus* spp., en référence aux valeurs observées avec les isolats fongiques locaux. L'influence de la mycorhization sur l'allocation de la biomasse, à travers la modification de la nutrition minérale, confirme une contribution probable de cette symbiose à la capacité d'adaptation de la plante aux stress de l'environnement de culture. Cela illustre l'importance à accorder à la composante symbiotique de la culture du karité en pépinière et au champ.

REMERCIEMENTS

Les auteurs expriment leur reconnaissance à la Fondation Internationale pour la Science (FIS) pour son soutien financier à M. Dianda (Bourse N° D3125-1), et à M. Bazié pour son appui technique.

BIBLIOGRAPHIE

Allal F, Vaillant A, Sanou H, Kelly B, Bouvet JM. 2008. Isolation and characterisation of new microsatellite markers in shea tree

(*Vitellaria paradoxa* C.F. Gaertn). *Molec. Ecol. Resour.*, **8**: 822-824.

- Bâ AM, Dalpé Y, Guissou T. 1996. Les Glomales d'*Acacia holosericea* et d'*Acacia mangium*. *Bois et Forêts des Tropiques*, **250** : 5-18.
- Bationo BA, Ouédraogo SJ, Alexandre D-Y, Guinko S. 2001. Statut hydrique de quatre espèces ligneuses soudanaises dans la forêt de Nazinon, Burkina Faso. *Sécheresse*, **12**: 87-94.
- Bayala J, Balesdent J, Marol C, Zapata F, Teklehaimanot Z, Ouédraogo SJ. 2006. Relative contribution of trees and crops to soil carbon content in a parkland system in Burkina Faso using variations in natural ¹³C abundance. *Nutrient Cycling Agroecosyst.*, **76**: 193-201.
- Bayala J, Ouédraogo SJ, Ong CK. 2009. Early growth performance and water use of planted West African provenances of *Vitellaria paradoxa* C.F. Gaertn (karité) in Gonsé, Burkina Faso. *Agroforestry Syst.*, **75**: 117-127.
- Bohrer G, Kagan-Zur V, Roth-Bejerano N, Ward D, Beck G, Bonifacio E. 2003. Effects of different Kalahari-desert VA mycorrhizal communities on mineral acquisition and depletion from the soil by host plants. *J. Arid Environ.*, **55**: 193-208.
- Boukougou EG. 1992. Sociocultural and economic functions of *Acacia albida* in West Africa. In *The West African Semi-arid Tropics: Proceedings of a Workshop*, Vandenbeldt RJ, Renard C (eds). International Centre for Research in Agroforestry: Nairobi, Kenya ; 1-6.
- Chevalier A. 1946. L'arbre à beurre d'Afrique et l'avenir de sa culture. *Oléagineux*, **1**: 7-11.
- Corkidi L, Allen EB, Merhaut D, Allen MF, Downer J, Bohn J, Avans M. 2005. Effectiveness of commercial mycorrhizal inoculants on the growth of *Liquidambar styraciflua* in plant nursery conditions. *J. Environ. Hort.*, **23**: 72-76.
- Dianda M, Bayala J, Diop T, Ouédraogo SJ. 2009. Improving growth of shea (*Vitellaria paradoxa*) seedlings using

- mineral N, P and arbuscular-vesicular mycorrhizal (AM) fungi. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, **13**: 93-102.
- Ganaba S, Guinko S. 1995. Morphologie et rôle des structures racinaires dans la mortalité de *Pterocarpus lucens* Lepr. dans la région sahélienne de la mare d'Oursi (Burkina Faso). *Etudes Flor. Vég. Burkina Faso*, **2**: 15-24.
- Gehring CA, Connell JH. 2006. Arbuscular mycorrhizal fungi in the tree seedlings of two Australian rain forests: occurrence, colonization, and relationships with plant performance. *Mycorrhiza*, **16**: 89-98.
- Gijsbers HJM, Kessler JJ, Knevel MK. 1994. Dynamics and natural regeneration of woody species in farmed parklands in the Sahel region (Province of Passore, Burkina Faso). *For. Ecol. Manage.*, **64**: 1-12.
- Kristensen K, Lykke AM. 2003. Informant-based valuation of use and conservation preferences of savanna trees in Burkina Faso. *Economic Botany*, **57**: 203-217.
- Lamien N, Tigabu M, Per Christer Oden C, Guinko S. 2006. Effects of girdling on the reproduction of the shea tree (*Vitellaria paradoxa* C.F. Gaertn.) in Bondoukuy, Burkina Faso. *Fruits*, **61**: 259-266.
- Lesueur D, Ingleby K, Odee D, Chamberlain J, Wilson J, Manga TT, Sarrailh JM, Pottinger A. 2001. Improvement of forage production in *Calliandra calothyrsus*: methodology for the identification of an effective inoculum containing Rhizobium strains and arbuscular mycorrhizal isolates. *J. Biotechnol.*, **91**: 269-282.
- Lesueur D, Sarr A. 2008. Effects of single and dual inoculation with selected microbionts (rhizobia and arbuscular mycorrhizal fungi) on field growth and nitrogen fixation of *Calliandra calothyrsus* Meissn. *Agroforestry Syst.*, **73**: 37-45.
- Lovett PN, Haq N. 2000. Diversity of the sheanut tree (*Vitellaria paradoxa* C.F. Gaertn.) in Ghana. *Genet. Resour. Crop Evol.*, **47**: 293-304.
- Mahon JD. 1977. Root and nodule respiration in relation to acetylene reduction in intact nodulated peas. *Plant Physiol.*, **60**: 812-816.
- Menaut J-C. 1983. The vegetation of African savannas. In *Tropical savanna*, Bourlière F (ed). Elsevier: Amsterdam ; 109-134.
- Mulligan DR, Sands R. 1988. Dry matter, phosphorus and nitrogen partitioning in three *Eucalyptus* species grown under a nutrient deficit. *New Phytol.*, **109**: 21-28.
- Nde Bup D, Abi CF, Tenin D, Kapseu C, Tchiegang C. 2009. Optimisation of the cooking process of sheanut kernels (*Vitellaria paradoxa* Gaertn.) using the Doehlert experimental design. *Food Bioprocess Technol.*, DOI 10.1007/s11947-009-0274-z.
- Nikiéma A, van der Maesen LJC, hall JB. 2001. The impact of parkland management practices on plant resources diversity. In *Improved management of agroforestry parkland systems in sub-saharan Africa, EU/INCO project Contract IC18-CT98-0261, 3rd Annual Progress report*, Teklehaimanot Z (ed). University of Wales: Bangor, UK; 57-66.
- NRC (National Research Council). 2006. *Lost Crops of Africa: Volume II: Vegetables*. The National Academies Press: Washington D C.
- Nyerges AE. 1989. Coppice Swidden fallows in tropical deciduous forest: biological, technological, and sociocultural determinants of secondary forest successions. *Human Ecol.*, **17**: 379-400.
- Onguene NA, Kuyper TW. 2005. Growth response of three native timber species to soils with different arbuscular mycorrhizal inoculum potentials in South Cameroon indigenous inoculum and effect of addition of grass inoculum. *For. Ecol. Manage.*, **210**: 283-290.
- Phillips JM, Hayman DS. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Trans. Br. Mycol. Soc.*, **55**: 158-160.
- Picasso G. 1984. Synthèse des résultats acquis en matière de recherche sur le karité au

- Burkina Faso de 1950 à 1958, Rapport IRHO, p. 45.
- Puri S, Swamy SL. 2001. Growth and biomass production in *Azadirachta indica* seedlings in response to nutrients (N and P) and moisture stress. *Agroforestry Syst.*, **51**: 57-68.
- Ravnskov S, Jensen B, Knudsen IMB, Bodker L, Jensen DF, Karlinski L, Larsen J. 2006. Soil inoculation with the biocontrol agent *Clonostachys rosea* and the mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* results in mutual inhibition, plant growth promotion and alteration of soil microbial communities. *Soil Biol. Biochem.*, **38**: 3453-3462.
- Sanou H, Kambou S, Teklehaimanot Z, Dembélé M, Yossi H, Sina S, Lompo D, Bouvet JM. 2004. Vegetative propagation of *Vitellaria paradoxa* by grafting. *Agroforest Syst*, **60**: 93-99.
- Sanou H, Lovett N, Bouvet JM. 2005. Comparison of quantitative and molecular variation in agroforestry populations of the shea tree (*Vitellaria paradoxa* C.F. Gaertn) in Mali. *Molec. Ecol.*, **14**: 2601-2610.
- SAS. 1990. *SAS Procedure Guide Version 6* (3rd edn). SAS Institute Inc.: Cary, NC, USA.
- Sawadogo M, Guinko S. 2001. Détermination des périodes de disponibilité et de pénurie alimentaires pour l'abeille *Apis mellifica adansonii* Lat. dans la région Ouest du Burkina Faso. *Journal des Sciences*, **1**: 1-8.
- Smith SE, Read DJ. 1997. *Mycorrhizal Symbiosis* (2nd edn). Academic Press: San Diego, CA.
- Teklehaimanot Z. 2004a. Agroforestry parkland systems in sub-Saharan Africa (Selected papers from an international workshop held in Ouagadougou, Burkina Faso, 13-16 January 2003). *Agroforestry Syst.*, **60**: 1-2.
- Teklehaimanot Z. 2004b. Exploiting the potential of indigenous agroforestry trees: *Parkia biglobosa* and *Vitellaria paradoxa* in sub-Saharan Africa. *Agroforestry Syst.*, **61**: 207-220.
- Trouvelot A, Kouch J, Gianinazzi-Pearson V. 1986. Mesure du taux de mycorhization VA d'un système racinaire : Recherche de méthodes d'estimation ayant une signification fonctionnelle. In *Aspects Physiologiques et Génétiques des Mycorhizes*, Dijon, 1985, INRA (ed). INRA : Dijon, France ; 217-221.
- Walinga I, van der Lee JJ, Houba VJG, van Vark W, Novozamsky I. 1995. *Plant Analysis Manual*. Kluwer Academic: Dordrecht, The Netherlands.
- Wamberg C, Christensen S, Jakobsen I, Muller AK, Sorensen SJ. 2003. The mycorrhizal fungus (*Glomus intraradices*) affects microbial activity in the rhizosphere of pea plants (*Pisum sativum*). *Soil Biol. Biochem.*, **35**: 1349-1357.
- Wubet T, Kottke I, Teketay D, Oberwinkler F. 2003. Mycorrhizal status of indigenous trees in dry Afromontane forests of Ethiopia. *For. Ecol. Manage.*, **179**: 387-399.