



Evaluation du statut mycorhizien d'arbres de *Ceiba pentandra* (L), Gaertn et *Tieghemella heckelii* (A.Chev), Pierre, du jardin Botanique de Bingerville en Côte d'Ivoire

ANGUIBY Bossombra Laurent Apollinaire^{1*}, OUATTARA Généfol¹, BOMISSO Edson Lezin¹, N'GORAN Béranger², OUATTARA Brahim¹, COULIBALY Sanga Adoulaye³, AKÉ Séverin¹

1 Université Félix HOUPOUËT-BOIGNY, UFR Biosciences, Laboratoire de Physiologie Végétale, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire.

2 Université Félix HOUPOUËT-BOIGNY, UFR Biosciences, Centre National de Floristique, Côte d'Ivoire

3 Jardin Botanique de Bingerville, Côte d'Ivoire

*Auteur correspondant: E-mail : bossombra1909@yahoo.fr; tél: +225 58983384

Original submitted in on 25th May 2019. Published online at www.m.elewa.org/journals/ on 30th June 2019
<https://dx.doi.org/10.4314/jab.v138i1.9>

RESUME:

Objectif : La présente étude a été initiée dans l'objectif de favoriser l'utilisation des champignons mycorhizien dans le reboisement des essences locales.

Méthodologie et résultats : Pour y parvenir, des échantillonnages de racines et de sol ont été réalisés sous des pieds de Fromager et de Makoré du Jardin Botanique de Bingerville. Les spores ont été isolées des échantillons de sols par tamisage humide et les racines, colorées avec le bleu trypan. Le potentiel infectieux (PIM) des sols a été évalué par la méthode du nombre le plus probable. Les résultats montrent que la densité de spores est plus grande sous le Makoré. L'observation des racines atteste d'une mycorhization arbusculaire des deux espèces d'arbres. La fréquence de mycorhization des racines est supérieure à 90 % pour les deux essences. S'agissant des proportions du cortex racinaire mycorhizée, elles ont été de $48,30 \pm 4,98$ et de $31,20 \pm 4,30$ pour le Fromager et le Makoré, respectivement. Aussi, les spores isolées appartiennent aux genres *Scutellospora*, *Gigaspora*, *Acaulospora*, et *Glomus*. Le PIM des sols est élevé pour les essences étudiées.

Conclusion et application des résultats : Il ressort de cette étude que les essences étudiées admettent des symbioses endomycorhizienne et abritent dans leurs rhizosphères quatre genres de champignons MA. Les intensités de mycorhization montrent que le Fromager et le Makoré tirent profit de cette association pour leur croissance. Au vu de ces résultats, la mycorhization pourrait être utilisée pour faciliter la croissance de ces arbres. Aussi, les spores des CMA peuvent être isolées et multipliées pour constituer un inoculum l'indigène.

Mots clés : *Ceiba pentandra*, *Thiéghemella heckelii*, champignons arbusculaire, potentiel mycorhizogène

Evaluation of the mycorrhizal status of *Ceiba pentandra* and *Tieghemella heckelii* trees in the Bingerville Botanical Garden in Côte d'Ivoire

ABSTRACT

Objectives: This study was carry out aimpt for promoting the use of mycorrhizal fungi in the reforestation of local species.

Methodology and Results: To achieve this, root and soil samples were taken under the trees *Ceiba pentandra* and *Tieghemella heckelii* from the Bingerville Botanical Garden. The spores were isolated from the soil samples by wet sieving and the roots, stained with trypan blue. Soil infectivity potential (MIP) was assessed by the most probable number method. The results show that the spore density is higher under *T. heckelii*. Observation of the roots shows that both tree species have arbuscular mycorrhization. The frequency of root mycorrhization is greater than 90% for both species. The proportion of the mycorrhized root cortex was 48.30 ± 4.98 and 31.20 ± 4.30 for *Ceiba pentandra* and *Tieghemella heckelii*, respectively. Also, isolated spores belong to the genus *Scutellospora*, *Gigaspora*, *Acaulospora*, and *Glomus*. The soil MIP is high for the species studied.

Conclusions and application of findings: it appears from this study that the species studied admit endomycorrhizal symbioses and harbour four genera of AM fungi in their rhizospheres. The mycorrhization intensities show that *Ceiba pentandra* and *Tieghemella heckelii* benefit from this association for their growth. With these results, mycorrhization could be used to facilitate the growth of these trees. Also, CMA spores can be isolated and multiplied to form an indigenous inoculum.

Key-words: *Ceiba pentandra*, *Tieghemella heckelii*, arbuscular mycorrhizal, mycorrhizal potential

INTRODUCTION

Le Fromager (*Ceiba pentandra*) et le Makoré (*Tieghemella heckelii*) sont deux essences tropicales d'importances économique et alimentaire considérables des forêts ivoiriennes. La surexploitation du bois de Makoré a conduit à son inscription sur la liste des espèces menacées depuis 1996 (UICN, 2018). Par aillleurs, la disparition des essences nobles a favorisé, ces dernières années, un regain d'intérêt pour les espèces telles que le Fromager. Selon Duvall (2011), l'exploitation du bois de Fromager n'est pas durable car il provient essentiellement des plantations sauvages. Le Fromager figure dans la catégorie *least concern* de l'UICN, c'est-à-dire sa situation est moins préoccupante (UICN, 2018). Ainsi, la plantation de ces essences s'avère être un impératif pour une préservation et une production durable de leur bois. Paradoxalement, les reboisements réalisés sur les sols pauvres font la part belle aux essences exotiques, principalement le teck (Dupuy et Verhaegen, 1993 ; Galiana *et al.*, 1996 ; Maldonado et Louppe, 1999 ; Hinsinger *et al.* 2015 ; Roose, 2015 ; Duponnois *et al.*, 2017). Cette situation, source de perte de

biodiversité locale, serait favorisée par l'insuffisance de connaissances sur la biologie des espèces indigènes. Toutefois, les informations disponibles indiquent que chez le Makoré, la croissance du semi décline avec la mise en place de la racine pivotante (Bonnehin, 2000). Concernant le Fromager, l'amendement organique apporté aux plants en pépinière par Anguiby *et al.* (2016) a permis d'enregistrer une croissance rapide et de prévenir les retatrds de croissance induits par les fongicides à bases de Fosetyl-Al. En ce qui concerne le comportement des plants de ces essences dans les conditions naturelles, et leurs aptitudes à résister aux contraintes actuelles, édaphiques et climatiques, peu d'information sont disponibles. Des études réalisées au laboratoire et en conditions naturelles ont permis de montrer que l'association champignon-racine permet d'améliorer la croissance et l'installation des espèces végétales (Guissou, 2001 ; Boussemame et Achouri, 2002 ; Laminou *et al.*, 2009 ; Benabdoun *et al.*, 2012 ; Franche et Duponnois, 2015 ; Abbas, 2014). Cette relation permet également d'atteindre la resilience des

écosystèmes dégradés. L'application de cette technologie aux essences locales négligées pour les reboisements pourrait favoriser leur utilisation. Néanmoins l'application de cette ingénierie passe par l'évaluation du statut mycorhizien de l'essence. Les champignons mycorhiziens arbusculaire (MA), contrairement aux ectomycorhiziens, ne présentent pas de spécificité d'hôte et dans bien de cas, un effet différentiel chez une plante a été observé avec les inoculums mycorhiziens de différentes natures (Klironomos et Hart, 2002 ; Laminou *et al.*, 2009 ; Leye *et al.*, 2015 ; Diallo *et al.*, 2016 ; Kouadio *et al.*, 2017). À cet effet, Van der Heijden *et al.* (1998) et Abbas (2014) ont montré que les bénéfices procurés par un champignon ou un complexe de champignon MA ne sont pas identiques au sein d'une espèce de plante. En d'autres termes la dépendance mycorhizienne de certaines plantes varie avec le champignon. L'association entre un champignon et une plante native donne souvent un meilleur résultat (Klironomos, 2003). Aussi, l'inadéquation du champignon introduit dans des conditions édaphiques nouvelles entraîne parfois leur

disparition (Duponnois *et al.*, 2013, Plenchette *et al.*, 2000). Il est donc nécessaire d'étudier le statut mycorhizien des essences et identifier le complexe mycorhizien indigène associé en vue d'intégrer cette technologie dans les opérations sylvicoles (Tchinmegni *et al.*, 2016). En foresterie, la phase d'installation est une phase cruciale dans le processus de boisement. Cette association symbiotique révèle donc toute son importance. Cependant, dans bon nombre de pays africain, cette symbiose racinaire n'est pas prise en compte dans les réboisements (Franche et Duponnois, 2015). Ainsi, la présente étude se propose d'évaluer le statut mycorhizien du Fromager et du Makoré. Elle a pour objectif de favoriser l'utilisation des champignons mycorhiziens dans les reboisements des essences locales. En clair, il s'agit de : (i) caractériser la rhizosphère des essences, (ii) Estimer la densité et identifier les spores de champignon MA contenues dans les sols prélevés sous les essences, (iii) observer et évaluer la colonisation racinaire, (iv) déterminer le potentiel infectieux mycorhizogène des sols.

MATERIEL ET METHODES

Site d'étude ; La collecte des échantillons de sol et de racines a été réalisée sous les pieds de Fromager et de Makoré dans le Jardin Botanique de Bingerville (Côte d'Ivoire). C'est une aire protégée vaste d'une superficie de 55 hectares regorgeant une diversité floristique considérable (Séguéna *et al.*, 2013). Le climat est de type subtropical à deux saisons de pluie (d'avril à juillet et d'octobre à novembre) et à deux saisons sèches (de décembre à mars et d'août à septembre). La pluviométrie moyenne annuelle de 2000 à 2010 est de 1650 mm tandis que les températures moyennes mensuelles oscillent entre 25 et 29 °C. Le choix du site a été motivé par la présence des essences étudiées (Oulaïtar *et al.*, 2016).

Collecte des échantillons de sol et de racines ; Les prélèvements des échantillons de sol et de racines ont été réalisés pendant la saison sèche (février-mars), période favorable à la sporulation des champignons. Cinq pieds de Fromager et cinq pieds de Makoré ont été choisis au hasard dans le jardin (Figure 1). A un mètre de chaque tronc, et dans les directions cardinales, des échantillons de sol et de racines fines ont été

prélevés à une profondeur de 0-20 cm avec un ciseau palmiste (Diagne et Ingleby 2003). Un échantillon homogène de sol et de racine est obtenu à partir des quatre prélèvements élémentaires autour de chaque pied. A la fin de l'échantillonnage, les échantillons moyens homogènes provenant de la même essence ont été mélangés pour obtenir deux échantillons composites de sol et de racines. Les racines jeunes et fines collectées ont été lavées délicatement et conservées dans de l'alcool éthylique jusqu'à l'observation des structures mycorhiziennes. Le sol a été séché à la température ambiante pendant 48 h, tamisé avec un tamis de maille d'ouverture (2 mm) et conservé à 4 °C au réfrigérateur. Chez les arbres échantillonnés, un paramètre dendrométrique qui est le diamètre à poitrine d'homme (DPH) a été déterminé. Pour cela, la circonférence de chaque essence cible (c) a été mesurée à 1,30 m au-dessus du niveau du sol avec un mètre ruban, puis en utilisant la relation $d=c/\pi$, le DPH a été calculé. Ce paramètre influence la mycorhization des essences (Tchinmegni *et al.*, 2016).

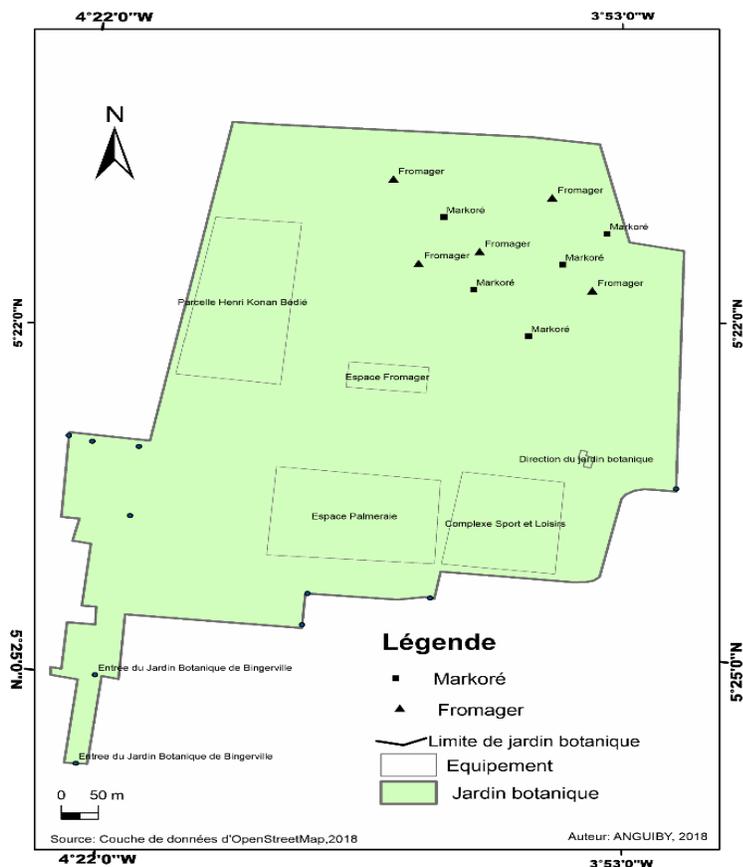


Figure 1 : Carte du Jardin Botanique de Bingerville présentant les points de collecte des sols et des racines
Source, ANGUIBY, 2018

Caractérisation du sol de la rizosphère des essences étudiées : Les paramètres pris en compte pour caractériser les sols prélevés sous les essences ont été les teneurs d'azote (N), de phosphore (P), de carbone (C), et la de matière organique (Morg). La teneur en azote a été déterminée par la méthode de Khjedjal, le phosphore par spectrophotométrie de flamme. Quant aux teneurs en carbone et en matière organique, elles ont été estimées par la méthode de perte au feu (Petard, 1993)

Estimation de la densité et identification de spores de champignon MA contenues dans les sols prélevés sous les essences : Les spores ont été extraites des échantillons de sol suivant la méthode de tamisage humide (Gerdermann et Nicholson, 1963). Le tamisage sous jet d'eau a été réalisé avec une colonne de tamis de maille décroissant (700 µm, 500 µm, 90 µm, 45 µm). Le refus des trois derniers tamis est repris dans des godets et centrifugé à 2500 rpm avec de l'eau saccharosée à 70 % pendant 10 min. Le surnageant est recueilli sur le tamis de 45 µm et lavé abondamment

avec de l'eau de robinet. Les spores extraites sont réparties dans des boîtes de Pétri quadrillées. L'abondance des spores de quatre échantillons de sol, par type de sol, est obtenue par comptage sous une loupe binoculaire (Amscope). Les densités obtenues sont exprimées par nombre de spores contenues dans 1 g de sol. Les spores isolées ont également été utilisées pour l'identification morphologique des champignons arbusculaires. Les critères d'identification ont été l'architecture et le mode de formation. Les spores ont été, dans un premier temps, séparées en morphotypes suivant leurs formes, leurs couleurs et leurs tailles sous une loupe binoculaire. Quelques spécimens de chaque morphotype ont été montés dans un mélange glycérine + réactif de Melzer et observés au microscope. Les genres des champignons ont été déterminés en se référant aux ouvrages de Walker (1992), Brundrett *et al.* (1996), Bâ *et al.* (1996), Oehl *et al.* (2011), Abbas (2014) et Moreira *et al.* (2015). La fréquence d'observation (fi) de chaque genre identifié a été déterminé par la formule suivante :

$$fi (\%) = \frac{\text{nombre de spores du genre } i \times 100}{\text{Nombre total de spores des genres identifiés}}$$

Observation et estimation de la colonisation mycorhizienne des racines du Fromager et du Makoré :

La mise en évidence de la colonisation mycorhizienne des racines a consisté à colorer les structures intra-racinaires formées par le symbiote fongique. Le procédé utilisé est celui de Phillips et Hayman (1970) modifié par Brundrett *et al.* (1984). Les racines sont éclaircies par un trempage dans une solution de KOH à 20 % dans un four maintenu à 120 °C. Après 15 min, si la solution de KOH est marron, elle est versée et remplacée par une nouvelle solution de KOH pendant dix minutes. Ensuite, les racines sont lavées abondamment avec de l'eau distillée et plongées dans un mélange de KOH à 20 %, H₂O₂ (v: v) pour éliminer l'excédent de tanins. Puis, un traitement à l'acide chlorhydrique à 10 % (Charvat, 1988), pendant 5 min permet de neutraliser le KOH et blanchir les racines. Ces dernières ainsi traitées sont colorées avec la solution de bleu trypan à 0,1 % pendant 15 min à 120 °C dans le lactoglycerol. L'observation de la mycorhization est effectuée après décoloration avec le lactoglycerol par la recherche de structures mycorhiziennes (spores, vésicules, arbuscules, hyphes mycéliens) au microscope (Brundrett *et al.*, 1996). Pour l'évaluation de la mycorhization, la recherche des structures est ponctuée par leur quantification dans le système racinaire. La fréquence et l'intensité, sont déterminées en se référant à la grille de Trouvelot *et al.* (1986).

Détermination du potentiel infectieux mycorhizogène (PIM) des sols sous *C. pentandra* et *T. heckelii* :

Le PIM représente l'ensemble des structures mycorhiziennes apte à réaliser une infection de racine (Plenchette *et al.*, 1989). Il permet de quantifier le pouvoir mycorhizogène d'un sol. La méthode est basée sur les dilutions successives des

sols prélevés sous les essences cibles avec un sol pauvre, généralement le sable (Mrabet *et al.*, 2017). Les substrats de culture au nombre de six sont constitués de mélange d'un sol sableux stérilisé (120 °C, 40 min) et de sol prélevé sous les pieds des Makorés ou des Fromagers dans les proportions 1:4. La première dilution est réalisée en ajoutant 200 g de sol rhizosphérique à 600 g de sol sableux. L'ensemble est homogénéisé pour permettre une bonne répartition des propagules (Cochran, 1950). Ensuite, dans des pots de 200 ml sont repartis 100 g du mélange précédent. Chaque niveau de dilution est représenté par cinq pots (répétition). Pour réaliser la dilution suivante, 170 g du mélange précédent sont prélevés et additionnés à 510 g de sol sableux. Les autres niveaux inférieurs sont réalisés à partir du même principe. Un semis d'une graine de sorgho pré-germée préalablement désinfectée à l'hypochlorite de sodium 10 % pendant 48 h est effectué par pot. Après un mois de culture, le système racinaire de chaque plant est lavé, séché puis coloré selon la méthode de Phillips et Hayman (1970). Chaque système racinaire présentant au moins un point d'infection est considéré comme mycorhizé et noté (+) sinon (-). Le nombre de propagules (N) contenu dans 100 g de sol est déterminé de la manière suivante :

$\log N = x \log a - K$; $N = a^x \times 10^{-K}$ où x = Nombre total de pots mycorhizés / Nombre de répétitions = Nombre total de pots mycorhizé / 5; a = facteur de dilution = 4Y= s - x; où s = nombre de niveau de dilutions ; Y ou x sont requis pour déterminer K dans la table de Fisher et Yates (1970).

Traitements statistiques des résultats : Les données relatives aux paramètres de mycorhization ainsi que celles relatives aux variables physico-chimiques des sols prélevés sous les essences cibles ont été soumises à une analyse de variance à un facteur (ANOVA 1). Dans le cas du rejet de l'hypothèse d'égalité des moyennes, leur comparaison a été faite avec l'aide du test de Newman-Keuls au seuil de 5 %.

RESULTATS

Diamètres moyens des arbres étudiés : Les diamètres des troncs des Fromagers et Makorés, ont été respectivement de 1,36 m et de 0,35 m (Tableau 1).

Les valeurs de diamètres des Makorés sont nettement inférieures à celles des Fromagers ($p < 0,05$).

Tableau 1: Diamètres des arbres (DPH) et caractéristiques chimiques des sols prélevés sous les Fromagers et les Makorés du Jardin Botanique de Bingerville

Essences	DPH (m)	Teneur en N (%)	Teneur en P (%)	Teneur en Morg (%)	C/N
<i>C. pentandra</i>	1,36 ± 0,17 a	0,18 ± 0,01 a	0,52 ± 0,01 b	0,11 ± 0,01 a	0,35 ± 0,01 b
<i>T. heckelii</i>	0,35 ± 0,02 b	0,02 ± 0,01 b	0,58 ± 0,02 a	0,08 ± 0,02 b	2,03 ± 0,37 a

Dans une même colonne, les valeurs suivies d'une même lettre ne diffèrent pas significativement suivant le test de SNK au seuil de 5 %.

Caractéristiques chimiques des sols : Les teneurs en azote (N) et en matière organique (Morg) du sol sous les Fromagers (0,18 et 0,11 %, respectivement) sont supérieures à celles du sol prélevé sous les Makorés (0,02 et 0,08 %, respectivement) (Tableau 1). En outre, les valeurs de la teneur en phosphore (P) et du rapport C/N sont plus élevés dans le sol sous les Makorés (0,58 % et 2,03, respectivement) que celles du sol sous les Fromagers (0,52 % et 0,35, respectivement).

Densité des spores isolées dans les rhizosphères des Fromagers et des Makorés : Le tamisage humide a permis de mettre en évidence la présence de spores des champignons mycorhiziens arbusculaires dans les échantillons de sol collectés sous les pieds des Makorés et des Fromagers (Tableau 2). La rhizosphère des Makorés comporte une densité de spores ($5,35 \pm 0,05$ spores/g) significativement supérieure à celle des Fromagers ($3,58 \pm 0,25$ spores/g de sol)).

Tableau 2: Fréquence et intensité de mycorhization des racines et densité de spores isolées dans les rhizosphères de Fromager et de Makoré

Essences	Intensité (% M)	Fréquence (% F)	Densité (spore / g de sol)
<i>C. pentandra</i>	48,30 ± 4,98 a	100,00 ± 00 a	3,58 ± 0,25 b
<i>T.heckelii</i>	31,20 ± 4,30 a	93,00 ± 6,67 a	5,35 ± 0,05 a

Dans une même colonne, les valeurs suivies d'une même lettre ne diffèrent pas significativement suivant le test de SNK au seuil de 5 %.

Quantification de la mycorhization (fréquence et intensité de mycorhization) des racines des Fromagers et des Makorés : Après traitement des fines racines, des traces de symbioses mycorhiziennes ont été observées (Figure 2). En effet, des vésicules, des spores et des hyphes mycéliens ont été mis en évidence dans le cortex des racines. La présence d'arbuscules est par contre rare. Les fréquences de

racines mycorhizées sont supérieures à 90 % mais n'ont pas variées significativement entre les essences étudiées ($P > 0,05$). Il faut souligner que toutes les racines du Fromager sont endomycorhizées. L'intensité de mycorhization qui est la proportion du système racinaire infectée est élevée pour les Fromagers (48,30 %) que les Makorés (31,20 %) mais non significative (Tableau 2).

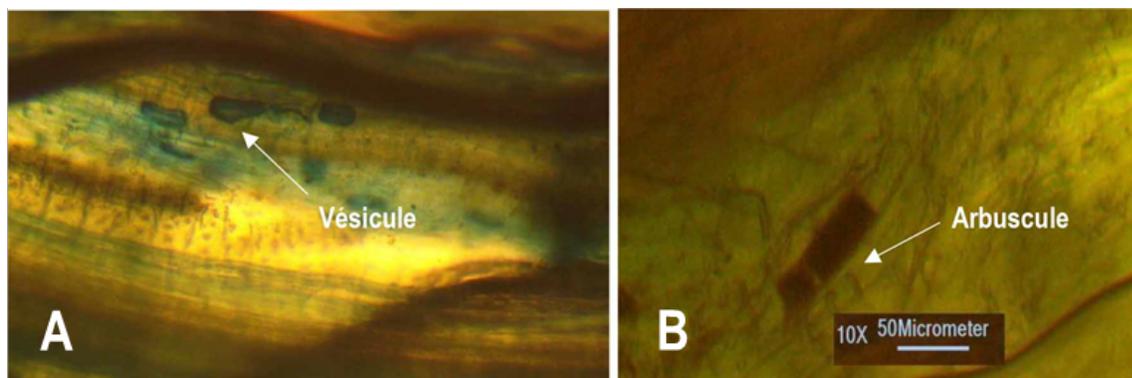


Figure 2 : Racines mycorhizées des Makorés (A) et des Fromager (B)

Champignons MA provenant de la rhizosphère du Fromager et du Markoré : Sur la base des traits morphologiques et des ouvrages de références, les spores des champignons MA isolées sous les Fromagers et les Makorés présents dans le Jardin Botanique de Bingerville, ont été regroupées en quatre genres (Figure 3). Ce sont :

- les spores du genre *Scutellospora* (Figure 3 a1, 3 a2, 3 a3). L'aspect de ces spores est hyalin avec une forme globulaire. L'hyphe suspenseur élargi à la base a une forme bulbeuse. Une paroi interne différenciée a été observée à l'intérieur de ces spores. La paroi a présenté deux couches réparties en quatre feuillets avec la présence de cellules axillaires. Les fréquences d'observations de ce genre sont 25 et 20 %, respectivement dans les sols prélevés sous le Fromager et le Makoré (Tableau 3)
- Les spores du genre *Gigaspora* (Figure 3 b1, 3 b2). Les spores identifiées comme appartenant à ce genre ont montré une zone d'attachement de l'hyphe suspenseur large et bulbeuse. Contrairement au genre *Scutellospora*, la paroi est constituée d'une seule

couche de cellules. Les spores observées sont sphériques et de couleur marron foncée.

- Les spores du genre *Glomus* (Figure 3 c1, 3 c2, 3 c3). Parmi les champignons identifiés, le nombre de spore de ce genre a été le plus important (Tableau III). Pour ce genre, les fréquences d'observation dans les sols sous le Fromager et le Makoré ont été respectivement de 37 et 42 %. Les spores sont jaunes orangées ovoïdes, sub-ovoïdes et sphériques avec un hyphe suspenseur effilé en continuité avec la paroi sporale. L'observation au microscope a montré que la paroi des spores est constituée d'une seule couche de cellules. Une structure sporale à l'intérieur a été parfois observée.
- Spores du genre *Acaulospora* (Figure 3 d1, 3 d2). Les structures identifiées comme appartenant à ce genre sont amorphes et de couleur marron foncée. La paroi est constituée de trois feuillets et les spores apparaissent sessiles.

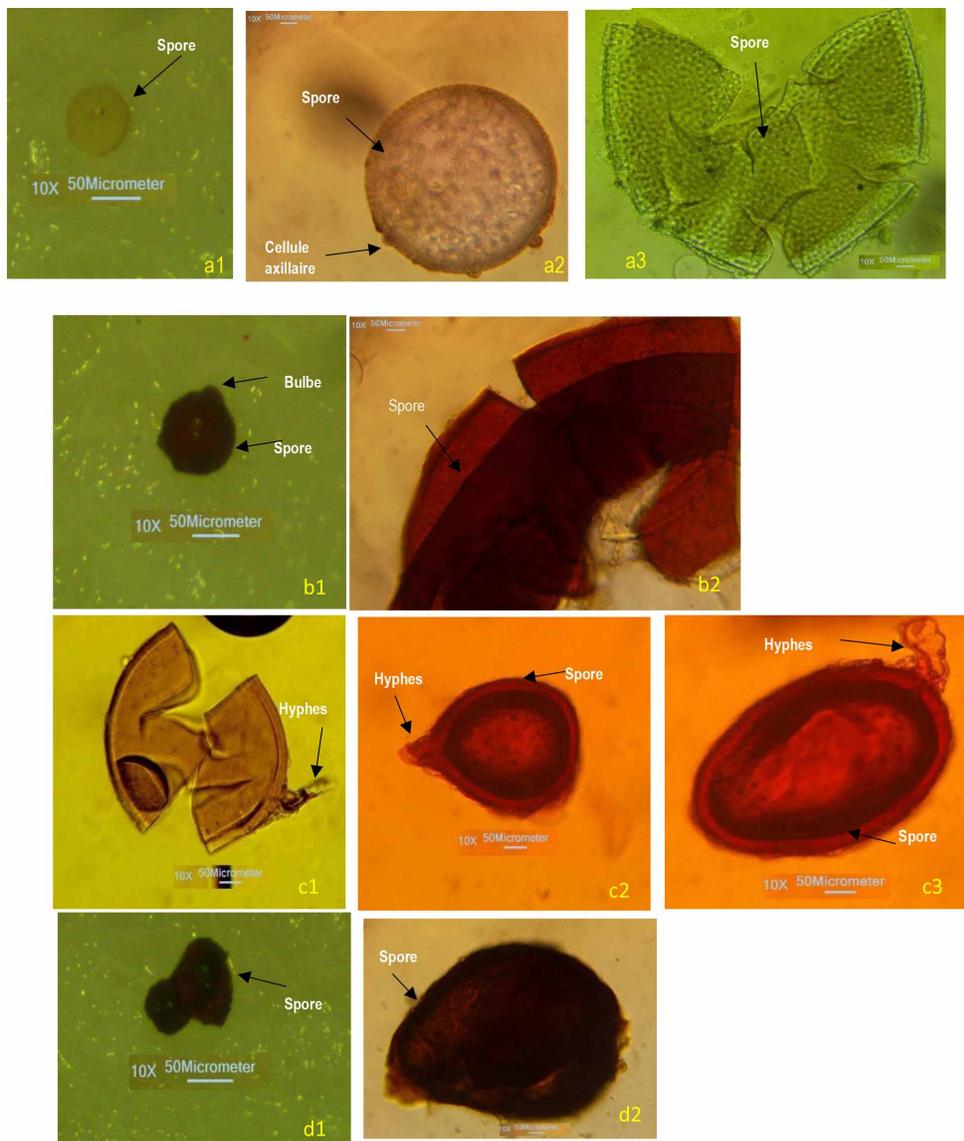


Figure 3: Spores isolées dans les sols prélevés sous le Fromager et le Makoré
a. spore du genre *Scutellospora* (a1 : vue à la loupe binoculaire, a2 et a3 : vue au microscope); **b.** spore du genre *Gigaspora* (b1 : vue à la loupe binoculaire, b2 : vue au microscope) ; **c.** morphotypes du genre *Glomus* (c1, c2 et c3 : vue au microscope) ; **d.** spore du genre *Acaulospora* (d1 : vue à la loupe binoculaire, d2 : vue au microscope)

Table 3: Fréquences d'observation des genres de champignons MA identifiées dans les sols prélevés sous le Fromager et le Makoré.

Genres de champignons MA	<i>Ceiba pentandra</i>	<i>Tieghemella heckelii</i>
<i>Scutellospora</i>	25 %	20 %
<i>Gigaspora</i>	15 %	11 %
<i>Glomus</i>	37 %	42 %
<i>Acaulospora</i>	23 %	27 %

Potentiel infectieux mycorhizogène (PIM) : Après un mois de culture, le nombre de plants mycorhizés sur les différents substrats issus des différentes dilutions

réalisées à l'aide du sol sableux et ceux prélevés sous les Fromagers et les Makorés est présenté dans les tableaux 4 et 5. Les sols de teneurs différentes en

inoculum mycorhizien ont généré un même nombre de plants mycorhizés (5). Des proportions de 100 % de

plants mycorhizés ont été obtenues sur toutes les dilutions.

Tableau 4 : Potentiel infectieux mycorhizogène du sol prélevé sous le Fromager

Dilution	Répétitions					N.p. Mycorhizés	Nombre de propagules /100 g de Sol
	I	II	III	IV	V		
1	+	+	+	+	+	5	2358
¼	+	+	+	+	+	5	
1/16	+	+	+	+	+	5	
1/64	+	+	+	+	+	5	
1/256	+	+	+	+	+	5	
1/1024	+	+	+	+	+	5	
Total						30	

Mycorhizé: (+); non mycorhizé: (-)

Tableau 5: Potentiel infectieux mycorhizogène du sol prélevé sous le Makoré

Dilution	Répétitions					N.p. Mycorhizés	Nombre de propagules /100 g de Sol
	I	II	III	IV	V		
1	+	+	+	+	+	5	2358
¼	+	+	+	+	+	5	
1/16	+	+	+	+	+	5	
1/64	+	+	+	+	+	5	
1/256	+	+	+	+	+	5	
1/1024	+	+	+	+	+	5	
Total						30	

Mycorhizé: (+); non mycorhizé: (-)

DISCUSSION

La présente étude a été entreprise pour évaluer le statut mycorhizien de deux essences locales : le Fromager (*Ceiba pentandra*) et le Makoré (*Tieghemella heckelii*). La caractérisation des sols sous Makoré et Fromager a montré que les valeurs de teneurs en matière organique ont été inférieures à 1 %. Selon Schaffer (1975), de tels sols appartiennent à la catégorie des sols pauvres en matière organique. Par contre, ils sont classés dans la catégorie des sols moyennement pauvres relativement à leur teneur en phosphore qui n'a pas varié significativement d'une essence à l'autre. La teneur en azote du sol sous Fromager (0,18 %) a été supérieure à celle enregistrée sous Makoré (0,02). Selon Calvet et Villemin (1986), ces sols peuvent être classés respectivement en sol riche et pauvre en azote. L'observation des racines après coloration au bleu trypan a permis de distinguer des structures colorées en bleue. Ces structures qui sont pour la plupart des hyphes et des vésicules, les arbuscules ayant été observés plus rarement, attestent de la mycorhization de type arbusculaire. En outre,

l'observation de ces structures implique une symbiose endo-mycorhizienne chez le Fromager et le Makoré. Ces résultats sont conformes à ceux de Khassa *et al.* (1990). En effet, ces auteurs ont mis en évidence une symbiose endo-mycorhizienne chez le Fromager au Zaïre. De leur côté, Bâ *et al.* (2011), dans leur étude, ont noté que le Makoré, qui est une essence tropicale, admet les symbioses endo et ecto-mycorhiziennes. Les traces d'arbuscules ont été moindres contrairement aux vésicules et aux hyphes intra-matricielle. Cette rareté confirme leur caractère fugace (Harley et Smith, 1983). En effet, de nombreux travaux ont montré la rareté de cette structure (Béreau *et al.*, 1997 ; Onguéné *et al.*, 2002 ; Ambouta *et al.*, 2009). La quantification de l'infection par les champignons MA a montré que la fréquence et l'intensité de mycorhization des essences étudiées sont respectivement supérieures à 90 % et 12 %. Cela suggère que les champignons MA pourrait être impliqués dans l'architecture imposante de ces essences car, Selon Diagne et Ingleby (2003), au-delà de 12 % d'intensité de mycorhization, les bénéfiques

tirés par le symbiote végétal ne sont pas négligeables. Les arbres de Makoré, avec une valeur moyenne de diamètre faible relativement à celle du Fromager, hébergent plus de spores dans leurs rhizosphères. Cela pourrait s'expliquer par le fait que la nature de la couverture floristique et les facteurs édaphiques influencent le nombre de spore (Diallo *et al.*, 1998 ; Mrabet *et al.*, 2017). En outre, les teneurs élevées en azote et en matière organique du sol sous les arbres de Fromager pourraient justifier la faible densité de spores obtenue sous cette essence. En effet, la fertilité des sols est un des facteurs qui limitent la mycorhization (Duponnois *et al.*, 2012). Par ailleurs, les densités de spores sous les Fromagers et les Makorés dans la présente étude, sont supérieures à celle obtenue par Zézé *et al.* (2007) dans les sols provenant de la forêt de la Téné qui est de 0,25 spore/g sol. Quant à l'étude réalisée par Houngnandan *et al.* (2009) dans une forêt claire à Isoberlina doka au Bénin, la densité de spores obtenue (2,37 spores g⁻¹ de sol) est sensiblement égale à celles de la présente étude. Par contre, Bi Voko *et al.* (2013) ont obtenu dans un champ de Manioc à Azaguié, une densité (14,68 spores g⁻¹ de sol) nettement supérieure à celle de l'étude présente. De toutes ces observations, il apparaît que la densité de spores varie avec l'anthropisation du milieu (Duponnois *et al.*, 2000 ; Zeze *et al.* 2007 ; Houngnandan *et al.*, 2009). Ainsi, la forêt abrite moins de spore que les jachères et les champs. Toutefois la présence de couvert végétal (forêt) permet la prolifération des Champignon MA contrairement aux zones sahéliennes (Diallo *et al.*, 1998 ; Ambouta *et al.*, 2009). Le sol prélevé sous le Fromager avec un faible nombre de spores, présente un pouvoir mycorhizogène identique à celui du Makoré. Ce résultat pourrait s'expliquer par le fait que le potentiel infectieux mycorhizogène d'un sol ne dépend pas uniquement de la densité de spores, mais également de leur qualité et leur capacité d'adaptation (Meddich *et al.*, 2017). En plus,

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Cette étude a permis de montrer que les arbres de Fromager et de Makoré rencontrés dans le Jardin Botanique de Bingerville sont associés à des champignons MA. Les spores isolées sont plus nombreuses dans le sol collecté sous le Makoré que dans celui pris sous le Fromager. Dans les sols collectés sous ces essences, le genre *Glomus* a été le plus rencontré. L'intensité de mycorhization supérieure à 12 %, démontre que cette association contribue à l'architecture imposante du Fromager et du Makoré. Il

Tchinmegni *et al.* (2016) ont montré que les arbres de diamètre inférieur à 50 cm présentent une densité de spores supérieure à ceux de diamètre plus élevé. Par contre la mycorhization varie en sens inverse. Cette variation de spores suivant les circonférences correspond à celle de la présente étude. Cependant, les circonférences mesurées n'influencent pas les fréquences et les intensités de mycorhization. Cela pourrait s'expliquer par le potentiel d'infection différent des spores de champignons MA. Dans les sols prélevés sous le Fromager et le Makoré, quatre genres de champignons mycorhiziens arbusculaires ont été rencontrés. Il s'agit des genres *Glomus*, *Gigaspora*, *Scutellospora* et *Acaulospora*. Le genre *Glomus* a été le plus prédominant. Ces observations corroborent celles de Zézé *et al.* (2007) et Bi Voko *et al.* (2013) qui ont été faites en Côte d'Ivoire. La prédominance de ce genre de champignon (*Glomus*) a également été montré dans de nombreux sols en Afrique de l'ouest et ailleurs dans le monde (Bâ *et al.*, 1996 ; Diallo *et al.*, 1996 ; Duponnois *et al.*, 2000 ; Houngnandan *et al.*, 2009 ; Asri *et al.*, 2014 ; Rodríguez-Morelos *et al.*, 2014 ; Ajaz *et al.*, 2017 ; Meddich *et al.*, 2017). Selon Pande et Tarafdar (2004), cette prédominance du genre *Glomus* s'explique par son adaptation et sa stabilité dans les milieux tropicaux et diverses conditions. Aussi, d'après Brito *et al.* (2012), contrairement au genre *Gigaspora*, la propagation des *Glomus* est dominée par des propagules mycorhiziennes sous forme de spores. Les architectures imposantes du Fromager et du Makoré sont soutenues chacune par une forte racine principale qui limite les ramifications secondaires et tertiaires. La surface d'absorption de ces arbres se trouve ainsi réduite. A cet effet, Manjunath et Habte (1991) ont montré que la dépendance à la mycorhization variait en fonction de nombreux facteurs dont le nombre de poils absorbants. Les mycorhizes pourraient jouer un rôle prépondérant dans l'augmentation de la surface d'absorption hydrique et minérale de ces essences.

ressort aussi que les sols sous ces essences présentent un pouvoir mycorhizogène élevé. Les champignons participent donc à la nutrition minérale des essences. L'appréciation du bénéfice procuré par cette association symbiotique devrait être confortée par l'évaluation du degré de dépendance à la mycorhization des essences. Au vu des résultats obtenus, la symbiose mycorhizienne pourrait être utilisée pour le reboisement du Fromager et du Makoré.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient M. COULIBALY, capitaine des eaux et forêt, responsable du Jardin Botanique de

Bingerville qui a permis la réalisation de cette étude.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abbas Y, 2014. Microorganismes de la rhizosphère des Tétracéales: un outil pour optimiser la régénération assistée du *Tetraclinis articulate* Vahl. Master, Thèse de doctorat, Université Mohammed V, faculté des sciences Rabat, 157p.
- Ajaz M, Mohammad YZ, Jagana CS, 2017. Isolation, Identification and Characterization of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Apple (*Malus Domestica Borkh*) Growing Area of Kashmir Himalaya ». *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6 (8): 25-37.
- Ambouta KJM, Ibrahim D, Bara S, 2009. Statut mycorhizien de dix espèces ligneuses prélevées sur des dunes menaçant d'ensablement des cuvettes dans le département de Gouré (Niger). *Geo-Eco-Trop*, 33:107-114.
- Anguiby B, Bomisso E, N'goran K, Ipou I, Aké S, 2016. Effets de deux types de fertilisation azotée sur la croissance initiale de plantules de *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn (Bombacaceae) traitées avec un fongicide à base de Fosetyl-Al. *Reb-pasres*. 2 (1) : 15-24.
- Bâ A, Duponnois R, Diabaté M, Dreyfus B, 2011. Les champignons ectomycorhiziens des arbres forestiers en Afrique de l'Ouest: Méthodes d'étude, diversité, écologie, utilisation en foresterie et comestibilité. IRD Éditions (Dictactiques). ISBN 978-2-7099-1684-4, 252 p.
- Bâ AM, Dalpé Y, Guissou T, 1996. Les glomales d'*Acacia holosericea* et d'*Acacia mangium*. *Bois et Forêts des Tropiques* 250: 5-18.
- Benabdoun M, Gherbi H, Djekoun A, Bogusz D, Franche C, Ykhlef N, 2012. Fixation biologique de l'azote: la symbiose actinorhizienne *Casuarina-Frankia*. *Sciences et Technologie*, 35 : 15-19.
- Bureau M, Gazel M, Garbaye J, 1997. Les symbioses mycorhiziennes des arbres de la forêt tropicale humide de Guyane française. *Canadian Journal of Botany*, 75 (5): 711-716.
- Bi Voko DRR, Ahonzo-Niamke SL, Zézé A, 2013. Impact des propriétés physicochimiques des sols de culture du manioc sur l'abondance et la diversité des communautés de champignons mycorhiziens à arbuscules dans la zone agro-écologique d'Azaguié, sud-est de la Côte d'Ivoire, *Agronomie Africaine*, 25 (3): 251 – 264
- Bonnehin L, 2000. Domestication paysanne des arbres fruitiers forestiers : Cas de *Coula edulis* Baill., Olacaceae, et de *Tieghemella heckelii* Pierre ex A. Chev., Sapotaceae, autour du Parc National de Taï, Côte d'Ivoire, Edit Tropenbos, Côte d'Ivoire Abidjan, 128 p.
- Bousselmane F, Achouri M, 2002. Effet des mycorhizes à vésicules et arbuscules sur la croissance et la nutrition de l'arganier (*Argania spinosa* L.). *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 22 (4), 193-198.
- Brito I, Goss MJ, De Carvalho M, Chatagnier O, van Tuinen D, 2012. Impact of tillage system on arbuscular mycorrhiza fungal communities in the soil under Mediterranean conditions. *Soil and Tillage Research*, 121, 63-67.
- Brundrett MC, Piche Y, Peterson RL, 1984. A new method for observing the morphology of vesicular–arbuscular mycorrhizae. *Canadian Journal of Botany*, 62(10), 2128-2134.
- Brundrett M, Bougher N, Dell B, Grove T, Malajczuk N, 1996. Working With Mycorrhizas in Forestry and Agriculture. ACIAR Monograph. Mycorrhizas for Forestry And Agriculture, 374p
- Calvet G, et Villemin P, 1986. Interprétation des analyses de terre. France, SCPA. 24 p.
- Charvat I, 1988. Methods to process and identify Symbiotic fungi in the roots of vascular plants. *Tested studies for laboratory teaching*, 131-137.
- Cochran WG, 1950. Estimation of bacterial densities by means of the "most probable number". *Biometrics*, 6(2): 105-116.
- Diagne O, et Ingleby K, 2003. Ecologie des champignons mycorhiziens arbusculaires infectant *Acacia raddiana*. In un arbre au désert, édité par Michel Grouzis et Édouard Le Floch, IRD, 205-228.
- Diallo AT, Samb PI et Ducouso M, 1998. Distribution et diversité des champignons

- endomycorhiziens (Glomales) du Sénégal. *Tropicultura*, 16 (17): 161-166.
- Diallo B, Samba SAN, et Sane D, 2016. Effets de champignons MA sur la croissance et le développement de plants de ricin élevés sous contrainte saline en conditions semi-contrôlées. *Revue des Energies Renouvelables*, 19 (1), 59-68.
- Duponnois R, Ramanankierana H, Hafidi M, Baohanta R, Baudoin E, Thioulouse J, Lebrun M, 2013. Des ressources végétales endémiques pour optimiser durablement les opérations de réhabilitation du couvert forestier en milieu méditerranéen et tropical: exemple des plantes facilitatrices vectrices de propagation des champignons mycorhiziens. *Comptes Rendus Biologies*, 336 (5-6) : 265-272.
- Duponnois R, Hafidi M, Wahbi S, Sanon A, Galiana A, Baudoin E, Sanguin H, Bâ AM, Prin Y, Bally R, 2012. La symbiose mycorhizienne et la fertilité des sols dans les zones arides: un outil biologique sous-exploité dans la gestion des terres de la zone sahélo-saharienne. In La Grande Muraille Verte: capitalisation des recherches et valorisation des savoirs locaux, édité par A. Dia et Robin Duponnois, Synthèses. Marseille: IRD 351-69.
- Duponnois R, Bâ MA, Planchette C, Thioulouse J, Cadet P, 2000. Effet de la jachère sur des populations de champignons mycorhiziens à arbuscules au Sénégal, *Jachère en Afrique tropicale*, John Libbey Eurotext, Paris, 325-332.
- Dupuy B, et Verhaegen D, 1993. Le teck de plantation *Tectona grandis* en Côte d'Ivoire. *Bois et forêt des tropiques*, IDEFOR, Abidjan, 235, 9-24.
- Duvall CS, 2011. *Ceiba pentandra* (L) Gaertn. (Internet) Fiche de PROTA4U. Brink, M et Achigan-Dako, E.G. (Editeurs).PROTA (Plant Resources of Tropical Africa/ Ressources végétale de l'Afrique Tropical), Wageningen, Pays bas. « <http://www.prota4u.org/search.asp> ». Visité (le 08 avril 2019).
- Asri A, Talbi Z, Ait Aguil F, Chliyah M, Sghir F, Touati J, Douira A, 2014. Arbuscular mycorrhizal fungi associated with rhizosphere of carob tree (*Ceratonia siliqua* L.) in Morocco. *International Journal of Pure & Applied Bioscience*, 2(3): 286-297.
- El Mrabet S, Msanda F, El Mousadik A, Ouahmane L, 2017. Evaluation du pouvoir mycorhizogène des sols rhizosphériques de: *Chamaecytisus albidus* et *Ononis natrix* dans la production de plants performants d'*Argania spinosa* L. Skeels. *American Journal of Innovative Research and Applied Sciences*, 4(1): 44-51.
- Fisher RA, et Yates F, 1970. *Statistical Tables for Biological Agriculture and Medical Research*, 6th ed. Davien: Hafner Publ. Comp. Gerdman JW, Nicolson TH. 1963. Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Transactions of the British Mycological Society* 46: 235-244.
- Franche C, et Duponnois R, 2015. Gestion des microorganismes symbiotiques pour une restauration durable de la productivité des agrosystèmes tropicaux et méditerranéens. In : Roose Eric (ed.). *Restauration de la productivité des sols tropicaux et méditerranéens: contribution à l'agroécologie*. Montpellier, IRD, 243-248.
- Galiana A, Kanga ANG, Gnahoua GM, Balle P, Dupuy B, Domenach AM, Mallet B, 1996. Fixation de l'azote chez *Acacia mangium* en plantation. *Bois et forêts des tropiques*, 249, 51-62.
- Gerdemann JW, et Nicolson TH, 1963. Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Transactions of the British Mycological society*, 46(2), 235-244.
- Guissou T, Moustapha A, Planchette C, Guinko S, Duponnois R, 2001. Effets des mycorhizes à arbuscules sur la tolérance à un stress hydrique de quatre arbres fruitiers: *Balanites aegyptiaca* (L.) Del., *Parkia biglobosa* (Jacq.) Benth., *Tamarindus indica* L. et *Zizyphus mauritiana* Lam. *Science et changements planétaires/Sécheresse*, 12(2), 121-7.
- Harley JL, et Smith S. E., 1983. *Mycorrhizal symbiosis*. Academic Press, London. 483 p.
- Hinsinger P, Ndour NYB, Becquer T, Chapuis-Lardy L, Masse D, 2015. Les enjeux liés au phosphore dans les sols tropicaux: 267-278, In *Restauration de la productivité des sols tropicaux et méditerranéens: Contribution à l'agroécologie*, IRD (Edit), 540p
- Houngnandan P, Yemadje RGH, Kane A, Boeckx P, Van Cleemput O, 2009. Les glomales indigènes de la forêt claire à *Isobertinia doka* (Craib et Stapf) à Wari-Marou au centre du Bénin. *Tropicultura*, 27(2), 83-87.
- Petard J, 1993 : les méthodes d'analyse. *Analyse de*

- sol, 200 p
- Khasa P, Furlan V, Lumande K, 1990. Symbioses racinaires chez quelques essences forestières importantes au Zaïre. *Bois & Forêts des Tropiques*, 224 (224), 27-33.
- Klironomos N, et Hart MM, 2002. Colonization of Roots by Arbuscular Mycorrhizal Fungi Using Different Sources of Inoculum. *Mycorrhiza* 12 (4): 181-84.
- Klironomos JN, 2003. Variation in plant response to native and exotic arbuscular mycorrhizal fungi. *Ecology* 84 (9): 2292-2301.
- Kouadio AN, Nandjui J, Zézé A, 2017. An Indigenous and an Exotic AMF Strains Improve *Dioscorea Alata* growth and induce tolerance to *Meloidogyne spp.*, *Agricultural Science Research Journal*, 7(2): 63 – 69.
- Laminou MO, Ibrahim D, Campanella B, Paul R, 2009. Effets de l'inoculation mycorhizienne du substrat sur la croissance et la résistance au stress hydrique de cinq espèces fixatrices de dunes: *Acacia raddiana* Savi; *Acacia nilotica* (L.) Willd. Ex Del. var. *adansonii*; *Acacia senegal* (L.) Willd; *Prosopis chilensis* Stunz. et *Bauhinia rufescens* Lam.. *Geo-Eco-Trop*, 33, 115-124.
- Leye EHM, Ndiaye M, Diouf M, Diop T, 2015. Etude comparative de l'effet de souches de champignons mycorhiziens arbusculaires sur la croissance et la nutrition minérale du sésame cultivé au Sénégal. *African Crop Science Journal* 23 (3): 211–219.
- Maldonado G, et Louppe D, 1999. Plantation villageoise de teck en Côte d'Ivoire, *Bois et forêts des tropiques*, 4 (262): 19-30.
- Manjunath A, et Habte M, 1991. Root morphological characteristics of host species having distinct mycorrhizal dependency. *Canadian Journal of Botany*, 69 (3): 671-76.
- Meddich A, Mohamed AEIM, Said W, Ali B, 2017. Évaluation des potentialités mycorhizogènes en lien avec les paramètres physico-chimiques des sols de palmeraies du Maroc (Marrakech et Tafilalet). *Cahiers Agricultures* 26 (4): 45012.
- Moreira BC, Rodrigues AL, Oliveira SF, Miguel PSB, Bazzoli DMS, Sturmer SL, Kasuya MCM, 2015. Arbuscular mycorrhizal fungi in the *Jatropha curcas* rhizosphere. *African Journal of Microbiology Research*, 9(15):1060-1074.
- Mrabet S, Msanda F, Mousadik A, Ouahmane L, 2017. Evaluation du pouvoir mycorhizogène des sols rhizosphériques de : *Chamaecytisus albidus* et *Ononis natrix* dans la production de plants performants d'*Argania spinosa* L. Skeels, *American Journal of Innovative Research and Applied Sciences*, 4(1): 44-51.
- Oehl F, Sieverding E, Palenzuela J, Ineichen K, 2011. Advances in Glomeromycota taxonomy and classification. *IMA fungus*, 2(2): 191-199.
- Onguéné NA, TsimiJPM, Balla MJE, 2002. Statut mycorhizien de l'Okoumé (*Aucoumea klaineana* Pierre) en régénération artificielle au sud Cameroun. *Tropicicultura*, 20(3), 104-108.
- Oulaïtar ME, Aimé VBT, Bertin GBZ, Yves AYC, 2016. Evaluation de la diversité et estimation de la biomasse aérienne des arbres du jardin botanique de Bingerville (District d'Abidjan, Côte d'Ivoire). *European Scientific Journal*, *ESJ*, 12 (6), 168-184.
- Pande M, et Tarafdar JC, 2004. Arbuscular mycorrhizal fungal diversity in Neem-Based agroforestry systems in Rajasthan. *Applied Soil Ecology*, 26 (3): 233-41.
- Phillips JM, et Hayman DS, 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of the British mycological Society*, 55 (1), 158-161.
- Petard J, 1995. Les methods d'analyses, Analyse de sol, 200p
- Plenchette C, Perrin R, Duvert P, 1989. The concept of soil infectivity and a method for its determination as applied to endomycorrhizas. *Canadian Journal of Botany*, 67(1): 112-115.
- Plenchette C, Bois JF, Duponnois R, Cadet P, 2000. La mycorhization (*Glomus aggregatum*) du mil (*Pennisetum glaucum*). *Etudes et Gestion des Sols*, 7(4), 379-383.
- Rodríguez-Morelos V, Víctor H, Alejandra S, Jesús P, Alicia F, Díaz-Rivera P, 2014. Arbuscular Mycorrhizal Fungi Associated with the Rhizosphere of Seedlings and Mature Trees of *Swietenia Macrophylla* (Magnoliophyta: Meliaceae) in Los Tuxtlas, Veracruz, Mexico. *Revista Chilena de Historia Natural* 87 (1): 1-10 p.
- Roose E, 2017. Restauration de la productivité des sols tropicaux et méditerranéens: contribution à l'agroécologie. IRD Editions, Montpellier, 542p.
- Schaffer R, 1975. La matière organique du sol, premier séminaire sur la croissance des sols

- du Maghreb, Institut National Agronomique El Harach. (Alger), Avril 1975. Sciences & Technologie. C, Biotechnologies, 35, 15-19.
- Séguéna F, Soro K, Soro D, N'Guessan K, 2013. Savoir-faire des populations locales des taxons du Jardin Botanique de Bingerville, Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences* 68: 5374–5393.
- Tchinmegni FI, Tsobeng AC, Ngonkeu MEL, Tchoundjeu Z, 2016. Evaluation du statut mycorhizien chez *Allanblackia floribunda* en vue de sa domestication en zones forestières humides du Cameroun, *Revue Scientifique et Technique Forêt et Environnement du Bassin du Congo*, 6 :81-83.
- Trouvelot A, 1986. Mesure du taux de mycorhization VA d'un système racinaire. Recherche de méthodes d'estimation ayant une signification fonctionnelle. *Physiological and genetical aspects of mycorrhizae*, 217-221.
- UICN, 2018. IUCN Red List of Threatened Species. www.iucnredlist.org. Visité (08 Mai 2019).
- Van der Heijden MG, Boller T, Wiemken A, Sanders IR, 1998. Different arbuscular mycorrhizal fungal species are potential determinants of plant community structure. *Ecology*, 79(6): 2082-2091.
- Walker C, 1992. Systematics and Taxonomy of the Arbuscular Endomycorrhizal Fungi (Glomales)- a Possible Way Forward. *Agronomie* 12 (10): 887-97.
- Zézé A, Ouattara BCY, Brou CY, Van Tuinen D, Diallo-Attah H, Sangare A, 2007. Distribution et abondance de spores de champignons endomycorhizogènes à arbuscules dans différents types de forêts de la Téné en Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine* 19 (2): 103-111.