

COMPORTEMENT EN CONDITIONS NATURELLES DES PLANTS DE CEIBA PENTANDRA INOCULES AVEC LES CHAMPIGNONS MYCORHIZIENS ARBUSCULAIRES ET FERTILISES EN PEPINIERE

L. A. BOSSOMBRA ANGUIBY^{1*}, E. L. BOMISSO², D. T. ETIEN³, B. N'GORAN⁴, S. AKE⁵

¹Doctorant, Université Felix Houphouët-Boigny, Côte d'Ivoire,

²Maitre de Conférence, Université Felix Houphouët-Boigny, Côte d'Ivoire,

³Maitre-assistant, Université Felix Houphouët-Boigny, Côte d'Ivoire,

⁴Maitre de recherche, Jardin Botanique de Bingerville, Côte d'Ivoire,

⁵Professeur titulaire, Université Felix Houphouët-Boigny, Côte d'Ivoire.

Email correspondant : bossombra1909@yahoo.fr

RESUME

La réussite du reboisement d'une espèce est intimement liée aux types de soins appliqués en pépinière. L'objectif poursuivi par cette étude est l'amélioration des connaissances sur les procédés susceptibles de garantir la plantation de fromager (*Ceiba pentandra*). Pour ce faire, des plants de fromager sujets à quatre traitements en pépinières [T0 (sol forestier stérilisé), T1 (T0 + sol mycorhizé non stérilisé), T2 (T0 + compost) et T3 (T0 + sol mycorhizé non stérilisé + compost)] ont été transférés dans une jachère située au Jardin Botanique de Bingerville, Côte d'Ivoire, selon un dispositif en bloc de Fisher avec trois répétitions. Ainsi, en plus du statut endomycorhizien et des caractéristiques physico-chimiques du site qui ont été déterminés avant le transfert des plants, le taux de survie et la croissance des plants ont été évalués 10 et 28 mois après la transplantation. La densité de spores des champignons isolés du sol du site avant la plantation a été de 6,56 spores.g⁻¹ de sol, et ces spores ont appartenu aux genres *Acaulospora*, *Glomus*, *Gigaspora* et *Scutellospora*. Relativement au taux de réussite de la plantation, tous les plants ont survécu à l'exception du traitement T0 où un taux de réussite de 75 % a été observé. Le traitement T3, combinant mycorhization et fertilisation en pépinière, a été celui qui a induit les meilleures performances 28 mois après la transplantation. Ainsi, pour garantir la réussite de la plantation de fromager, la mycorhization associée à un apport de compost en pépinière pourrait être recommandée.

Mots-clés : *Ceiba pentandra*, plantation forestière, mycorhization en pépinière, compost.

ABSTRACT

PERFORMANCE OF *CEIBA PENTANDRA* SEEDLINGS INOCULATED WITH ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI AND FERTILIZED IN THE NURSERY UNDER FIELD CONDITIONS

Success in reforestation of a species is strongly related to the types of nursery management applied. The purpose of this study is to improve knowledge on the processes that can enhance the planting of kapok tree (*Ceiba pentandra*). To achieve this, *Ceiba pentandra* plants subjected to four nursery treatments [T0 (sterilized forest soil), T1 (T0 + non-sterilized mycorrhizal soil), T2 (T0 + compost) and T3 (T0 + non-sterilized mycorrhizal soil + compost)] were transferred to an old fallow located at the Botanical Garden of Bingerville, Côte d'Ivoire, according to a Fisher's block design with three replications. Thus, apart from the endomycorrhizal status and the physicochemical characteristics of the site which were determined before the transfer of the plants, the survival rate and the growth of the plants were evaluated 10 and 28 months after transplantation. Spores density of fungi isolated from the soil site before planting was 6.56 spores.g⁻¹ soil, and these spores belonged to the genus of

Acaulospora, Glomus, Gigaspora and Scutellospora. Regarding planting success rate, all plants survived except for treatment T0 where a success rate of 75 % was observed. The Treatment T3, which combines mycorrhization and fertilization in the nursery, provided the best performance 28 months after transplanting. Therefore, to improve the success of the Ceiba pentandra plantation, mycorrhization combined with compost in the nursery could be suggested.

Keywords : *Ceiba pentandra, tree plantation, mycorrhization in nursery, compost, tropical species.*

INTRODUCTION

La Côte d'Ivoire est un pays tropical humide dont la couverture forestière a été estimée à environ 16 millions d'hectares en 1960 (Arnaud et Soumia, 1979). La superficie de la forêt résiduelle a été en 2018 estimée à environ 2,5 millions d'hectares (Kassoum, 2018). La disparition de cette forêt est un danger qui ne laisse insensible aucune frange de sa population, depuis les paysans, les industriels du bois jusqu'aux politiques (Ibo et Leonard, 1994). Le pays a vite pris la mesure de ce phénomène avec des reboisements. En revanche, la grande partie de ces reboisements ont été plutôt des enrichissements, réalisés majoritairement dans les forêts (Dupuy et Miles, 1998). Ainsi, les premières plantations forestières visant l'obtention de peuplements mono-spécifiques de bois d'œuvre ont été réalisées en 1961 par la SODEFOR (Société de Développement des Forêts), avec les essences de grandes valeurs, notamment 2535 ha de Framiré, 1020 ha de Niangon, 537 ha de Samba et 1100 ha de Sipo dans des précédents forestiers (Bonnet-Masimbert, 1972). Des plantations d'arbres exotiques à croissance rapide ont été aussi réalisées pour assurer l'approvisionnement des industries. Parmi ceux-ci, le teck, avec plus de 21 000 ha plantés depuis 1963, est le plus utilisée (Dupuy et Verhaegen, 1993 ; Maldonado et Louppe, 1999). Cependant, les interventions d'entretiens et de dégagement élevées pour cause du faible rayonnement incident et des compétitions ont réduit les chances de succès de ces plantations (Dupuy et Miles, 1998 ; Mbonayem et Bobo, 2018).

Aujourd'hui, face à la dégradation de plus en plus profonde de sa forêt, l'Etat ivoirien par le canal du ministère des eaux et forêts (MINEF) a adopté une politique de préservation, d'extension des forêts (PPREF). Ce programme intensif et ambitieux vise à maintenir un couvert forestier de 20 % soit 6 449 260 ha (MINEF, 2018). L'un des axes majeurs de ce programme est le reboisement, à vocation de bois d'œuvre ou plantation forestière. Suivant la définition

donnée par la FAO (2020), les plantations forestières sont gérées de manière intensive, composées d'une ou deux essences, équiennes, plantées à des intervalles réguliers, et établies principalement à des fins productives. Le caractère intensif de ces plantations nécessite une connaissance approfondie sur la biologie des essences choisies et des facteurs susceptibles d'influer sur leur réussite. Contrairement aux essences exotiques, les données sur les essences indigènes sont rares et éparses (Barigah *et al.*, 1998 ; Mbonayem et Bobo, 2018) ; Or, la durabilité de ce programme requiert l'utilisation des espèces exotiques et indigènes.

Par ailleurs des plantations d'arbres nécessite indubitablement l'utilisation de plants de bonne qualité, susceptibles de résister aux phénomènes de crise qui se produisent après la transplantation (Robin et Husson, 2018). C'est ainsi que quelques pratiques de pépinière telles que la fertilisation, l'utilisation d'un bon substrat et la mycorrhization sont propices à l'amélioration de la croissance en pépinière (Benamirouche et Chouial, 2018). Toutefois, rares sont les études qui se sont poursuivies en milieu naturel pour apprécier le devenir des plants. Certains travaux soulignent l'importance de pratiquer ces soins en pépinière, particulièrement l'inoculation avec les champignons mycorrhiziens à arbuscules (Mrabet *et al.*, 2014). En effet, le bénéfice induit par l'inoculation avec les champignons mycorrhiziens arbusculaires se maintient après transplantation, même en condition de stress (Al-Karaki et Ghazi, 2006 ; Bompadre *et al.*, 2014). En outre, les champignons natifs procurent un bénéfice plus important comparativement aux souches commerciales ou exotiques parfois moins compétitives vis-à-vis du complexe mycorrhizien naturel du site (Rosa *et al.*, 2020 ; Zoungrana *et al.*, 2022). Quoique ces effets soient parfois observés, des études ont montré que le bénéfice procuré par la mycorrhization en pépinière devenaient non significatif après la plantation (Rosa *et al.*, 2020) ; dans quelques cas, un effet dépressif est noté suite à l'inoculation avec les

champignons (Mbaye *et al.*, 2019). En Côte d'Ivoire, l'influence des champignons mycorhiziens arbusculaires sur la qualité des plants est faiblement perçue, encore moins l'effet de ceux-ci après plantation.

L'objectif poursuivi par cette étude est l'amélioration des connaissances sur les procédés susceptibles de garantir la plantation de fromager (*Ceiba pentandra*).

MATERIEL ET METHODE

SITE D'ETUDE

Le site de la plantation est une jachère située au Nord du Jardin Botanique de Bingerville (JBB). Ce jardin situé à 5° 21' de latitude Nord et à 3° 53' de longitude Ouest, a été érigé en aire protégée en 1905 (Séguéna *et al.*, 2013). Son 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). Le mois de juin a été celui où la pluviométrie a été la plus élevée (510 mm), tandis que les mois de janvier et d'août ont été ceux où la pluviométrie a été la plus faible. Pour ce qui est de la température, les mois les plus chauds ont été les mois de février à avril où, les valeurs ont été supérieures à 27,4 °C. Une baisse de la température a été observée à partir du mois de mai (27,1 °C) jusqu'au mois d'août (24,2 °C) avant de remonter jusqu'au mois de décembre (27 °C). Le mois d'août a été celui où les faibles valeurs de températures et de pluviométrie ont été enregistrées. Les adventices herbacées qui prédominaient sur cette jachère sont : *Panicum maximum* (Poaceae) et *Chromolaena odorata* (Asteraceae).

MATERIEL

Matériel végétal

Le matériel végétal qui a été utilisé était constitué de plants de fromager produits en pépinière et âgés de 4 mois.

Matériel technique

Le matériel technique utilisé dans cette étude se compose du matériel usuel de terrain.

METHODES

Dispositif expérimental et plantation des plants de fromager

Le transfert en champ a été réalisé dans le mois de février 2019, en plusieurs étapes. La première étape a consisté à la préparation du terrain. Ainsi, la parcelle a été débroussaillée manuellement. Cette étape a été suivie par celle de la trouaison, qui a été réalisée avec un ciseau palmiste. Les plants de *Ceiba pentandra* produits en pépinière issus des différents traitements : T0 [sol forestier stérilisé (2 Kg)], T1 [T0 + sol mycorhizé non stérilisé (0,2 Kg)], T2 [T0 + compost (0,2 Kg)] et T3 [T0 + sol mycorhizé non stérilisé (0,2 Kg) + compost (0,2 Kg)] âgés de 4 mois, ont été plantés. L'essai a été mis en place suivant un dispositif en blocs complets randomisés avec trois répétitions. L'arrosage a été effectué chaque 2 J, avec de l'eau de robinet puis interrompu après 28 J. Le suivi s'est étendu jusqu'à 28 mois (2 ans 4 mois) après le transfert, au cours desquels des sarclages manuels ont été régulièrement effectués. Aucun traitement phytosanitaire n'a été appliqué durant la période d'évaluation.

Caractérisation des paramètres physico-chimiques et de l'état de mycorhization du site

Juste avant le débroussaillage de la parcelle destinée à la plantation, un échantillonnage de sols et de racines a été réalisé. Il avait pour but d'évaluer les caractéristiques édaphiques et la mycorhization naturelle du site. L'évaluation de l'état de mycorhization du site a consisté à déterminer la densité de spores des champignons mycorhiziens arbusculaires (CMA), à les identifier morphologiquement et à quantifier le degré de mycorhization des racines de *Chromolaena odorata* (*C. odorata*) et *Panicum maximum* (*P. maximum*). L'échantillonnage de sol a été effectué en cinq points du site suivant les diagonales ; celui des racines de *C. odorata* et de *P. maximum*, selon cinq plantes intactes par espèce, prélevées à l'aide d'une houe. Les racines fines de chaque plante ont été sectionnées avec une paire de ciseau et conservées dans des sachets en polyéthylène. Par ailleurs, un échantillonnage de sols a été effectué 10 mois après la transplantation afin d'évaluer la dynamique des communautés endomycorhiziennes.

Au laboratoire, les échantillons de sol ont été séchés à l'air libre à la température ambiante pendant 24 H. Le pH du sol a été déterminé avec un pH-mètre, l'azote par la méthode du Kjeldahl (Perrin, 2006), le phosphore par colorimétrie (RIMA-OIV, 2009), le potassium par photométrie de flamme (Prével, 1957), la matière organique par perte au feu (Petard, 1993) et la texture par densimétrie (Mwendwa *et al.*, 2020). De même, les spores des champignons mycorhiziens arbusculaires ont été isolées des échantillons en se référant à la méthode de tamisage humide de Geder mann et Nicholson (1967), puis dénombrées sous une loupe binoculaire. Les spores des CMA ont été par la suite identifiées sur la base de leur morphologie (Morton et Benny, 1990). La fréquence et l'intensité de mycorhization des racines des deux herbacées ont été calculées suivant la grille de Trouvelot *et al.* (1986), après une coloration préalable avec le bleu d'encre (Phillips et Haymann, 1970).

Estimation du degré de colonisation endomycorhizienne des plantes de *Ceiba pentandra* âgés de 10 mois

Afin d'estimer les niveaux de colonisation des jeunes plantes de fromager, de fines racines ont été collectées au 10^e mois. Ces racines ont été blanchies et colorées suivant la méthode décrite par Phillips et Haymann (1970). La fréquence et l'intensité de colonisation des racines de chaque traitement ont été calculées avec la grille de notation de Trouvelot *et al.* (1986).

Taux de réussite de la plantation

Le taux de réussite a été apprécié à travers le taux de survie. Le taux de survie exprimé en pourcentage est le rapport du nombre de plants survivant 28 mois après transplantation sur le nombre total de plants transférés au champ.

Estimation des variables dendrométriques des plantes de *Ceiba pentandra* en champ

Hauteurs et diamètres des jeunes plantes :

Ces deux variables, aisément mesurables, sont les indicateurs les plus couramment utilisés pour évaluer la réussite des reboisements (Gatica-Saavedra *et al.*, 2017). Leur mesure a débuté 1 mois après le transfert au champ. Ces mesures ont été de deux types : longitudinale et verticale. L'évaluation longitudinale a été effectuée une fois

par mois jusqu'au 10^e mois. La hauteur a été mesurée à partir du collet jusqu'au méristème apical de la jeune plante, tandis que le diamètre a été mesuré à 10 cm au-dessus du sol avec un pied à coulisse. En ce qui concerne l'évaluation verticale, elle a consisté à mesurer ces mêmes variables 28 mois après la transplantation. Pour le diamètre, la circonférence à 10 cm au-dessus du sol a été d'abord prise avec une ficelle. Puis en plaçant la ficelle sur un ruban métrique et les circonférences (c) des plantes ont été déterminées. Ensuite en utilisant la relation diamètre égale circonférence divisée par 3,14 (π), le diamètre de la plante a été obtenu. Par ailleurs, le diamètre à 1,30 m du sol des jeunes plantes a été déterminé suivant le même procédé. La méthode du gabarit a été mise en œuvre pour mesurer la hauteur des plants. Il s'est agi d'estimer les mesures à l'aide d'un bâton (gabarit).

Accroissements absolus et taux relatifs de croissance en hauteur et en diamètre : Les accroissements absolus en hauteur (AAH) et en diamètre (AAD) des plantes de fromager ont été calculés à 10 et 28 mois après transplantation. Egalement, les taux relatifs de croissance en hauteurs (TRCH) et en diamètre (TRCD) ont été déterminés pour les périodes du 1^{er} au à 10^e mois et du 11^e au 28^e mois après la transplantation à partir de la formule ci-dessous :

$$TRC = \frac{\ln X_{A10/28 \text{ mois}} - \ln X_{A0/10 \text{ mois}}}{Nb \text{ mois } (10/18)}$$

Avec X : hauteurs au niveau sol, diamètre à 10 cm du sol. Nb : nombre de mois ; $A_{10 \text{ mois}}$: mesure prise après dix mois de plantation ; $A_{28 \text{ mois}}$: mesure prise après 28 mois de plantation.

Diamètre du houppier 28 mois après plantation : Il a été obtenu par la moyenne de deux diamètres mesurés perpendiculairement. Pour ce faire, les diamètres des houppiers ont été projetés perpendiculairement au niveau du sol et mesurés avec un décimètre.

Indice de volume des tiges des plants 28 mois après transplantation : le produit de la hauteur par le carré du diamètre (hd²) a été utilisé pour estimer le volume de la tige (Barigah *et al.*, 1998).

Analyses de données :

Les données ont été saisies avec le tableur Microsoft Excel 2013. Les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel R version 4.1.2.

RESULTATS

CARACTERISTIQUES EDAPHIQUES ET STATUT ENDOMYCORHIZIEN DU SITE DE PLANTATION

Les résultats de l'analyse physico-chimique du

sol sont consignés dans le tableau I. Avec une valeur comprise entre 5 et 6,5, le pH du site a été acide. Ce sol bénéficie aussi d'une forte teneur en matière organique ($9,25 \pm 0,08$ %). Le site est caractérisé également par sa richesse en phosphore et en azote. La texture du sol est limoneux sableux.

Tableau I : caractéristiques physico-chimiques du sol de la plantation au JBB.

N (%)	Corg (%)	Mg (Cmol/Kg)	P (⁰ / ₁₀₀)	K (Cmol/Kg)
$0,87 \pm 0,01$	$5,370 \pm 0,04$	$20,83 \pm 4,16$	$1,34 \pm 1,03$	$3,33 \pm 0,9$
Na (Cmol/Kg)	Ca (Cmol/Kg)	pH	MO (%)	C /N
$0,17 \pm 0,01$	$3 \pm 0,89$	$5,36 \pm 0,02$	$9,25 \pm 0,08$	$6,2 \pm 0,12$
Sable (%)	Argile (%)		Limon (%)	
86,18	3,68		10,14	

La densité des spores ainsi que la fréquence et l'intensité de mycorhization de *Panicum maximum* et de *Chromolaena odorata* sont affichés dans le tableau II. La densité a été de 6,56 spores par gramme de sol. Les spores isolées ont appartenu à quatre genres de CMA. Aussi, le test de chi-deux a montré une variation significative de la proportion des genres de CMA observées avant et à 28 mois après plantation (Tableaux III). Dans les racines des

deux herbacées dominantes de la jachère, *Chromolaena odorata* et *Panicum maximum*, des traces de structures de champignons mycorhiziens arbusculaires ont été observées. La fréquence de la mycorhization a été de 100 % pour *Chromolaena odorata* et de 65,80 % pour *Panicum maximum*. L'intensité qui a été 37,00 % pour *P. maximum* et de 49,89 %, a été significativement identique pour ces deux herbacées.

Tableau II : densité de spores de CMA du sol, fréquences et intensités de mycorhization des plantes de *P. maximum* et *C. odorata* prélevés sur le site de plantation au JBB.

Variables de mycorhization	Adventices		Statistique du test
	<i>P. maximum</i>	<i>C. Odorata</i>	
Fréquences (%)	$65,8 \pm 11,11$ b	100 ± 00 a	$t = 9,47$; $p < 5$ %
Intensités (%)	$37,00 \pm 9,62$ a	$49,89 \pm 4,29$ a	$t = 1,50$; $p > 5$ %
Densité (spore/g de sol)	$6,56 \pm 0,63$		

Tableau III : proportions de genres de CMA du sol du champ avant et 28 mois après le transfert des plantes de fromager au JBB.

Genres	Avant (%)	Après 28 mois (%)	Statistique du test
<i>Glomus</i>	46,51	28,81	Chi ² (ddl : 4) = 20,71, $p < 5$ %
<i>Acaulopsora</i>	15,12	25,42	
<i>Gigaspora</i>	11,63	3,39	
<i>Scutellospora</i>	9,30	5,08	
Indéterminés	17,44	37,29	

MYCORHIZATION DES PLANTES DE *CEIBA PENTANDRA* 10 MOIS APRES LE TRANSFERT CHAMP

La figure 1 présente l'aspect des racines des plantes de fromager 10 mois après le transfert

au champ. Les fréquences de mycorhization des plantes de fromager obtenues (100 %) ont été statistiquement identiques pour l'ensemble des traitements (Tableau IV). Quant à l'intensité de mycorhization, les valeurs les plus grandes ont été observées chez les traitements T1 (42,78 %) et T3 (52,62 %).

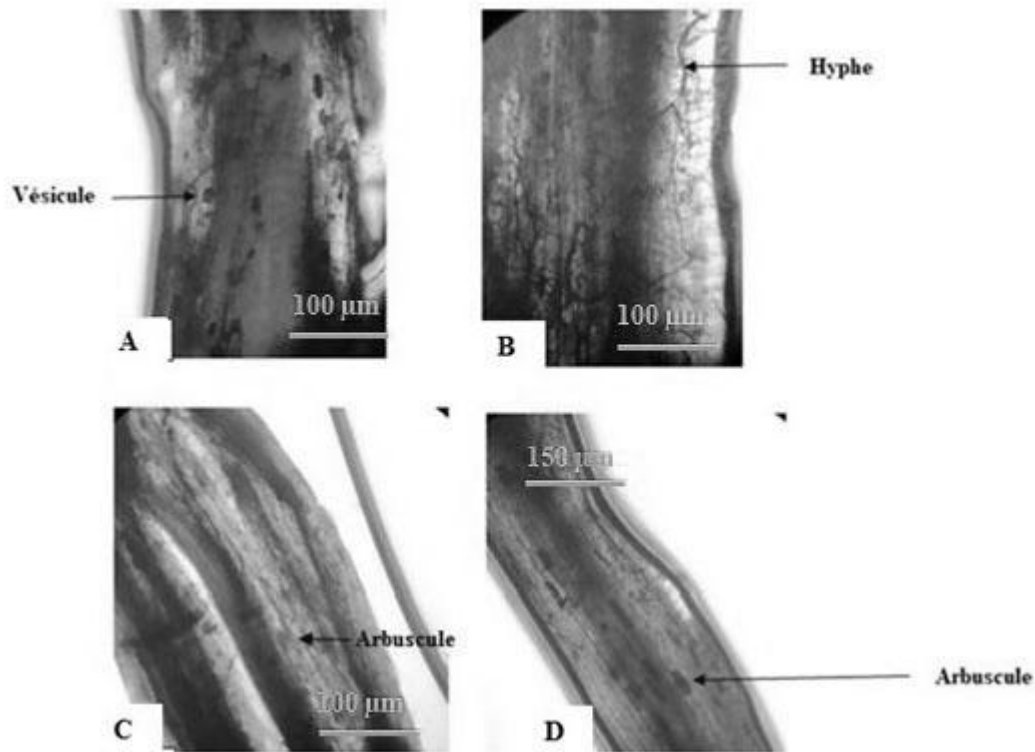


Figure 1 : portions de racines de plants de fromager mycorhizées 10 mois après transfert dans un champ au JBB (GX100).

A : racine de T0 ; B : racine de T1 ; C : racine de T2 ; T3 : racine de T3 ; T1 : sol forestier stérilisé (2 Kg), T1 : T0 + sol mycorhizé non stérilisé (0,2 Kg), T2 : T0 + compost (0,2 Kg), T3 : T0 + sol mycorhizé non stérilisé (0,2 Kg) + compost (0,2 Kg).

TAUX DE SURVIE

Après 28 mois en conditions naturelles, le taux de survie a été très élevé et similaire pour tous

les traitements (Tableau V). Seulement trois plantes de fromager sont mortes et ils ont été enregistrés uniquement chez le traitement T0.

Tableau IV : fréquences et intensités de mycorhization des plantes de fromager 10 mois après transfert au JBB.

Traitements	Fréquences (%)	Intensités (%)
T ₀	100	36,25 ± 4,05 ab
T ₁	100	42,78 ± 0,68 a
T ₂	100	24,46 ± 6,26 b
T ₃	100	52,62 ± 3,25 a
Statistique du test	-	F = 5,88 ; p < 5 %

Dans une même colonne les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différents au seuil de 5 % selon le test de Newman et keuls.

CROISSANCE DES PLANTES DE CEIBA PENTANDRA 10 ET 28 MOIS APRÈS TRANSPLANTATION

la parcelle 10 et 28 mois après le transfert en milieu naturel.

La figure 2 présente les plantes de fromager sur

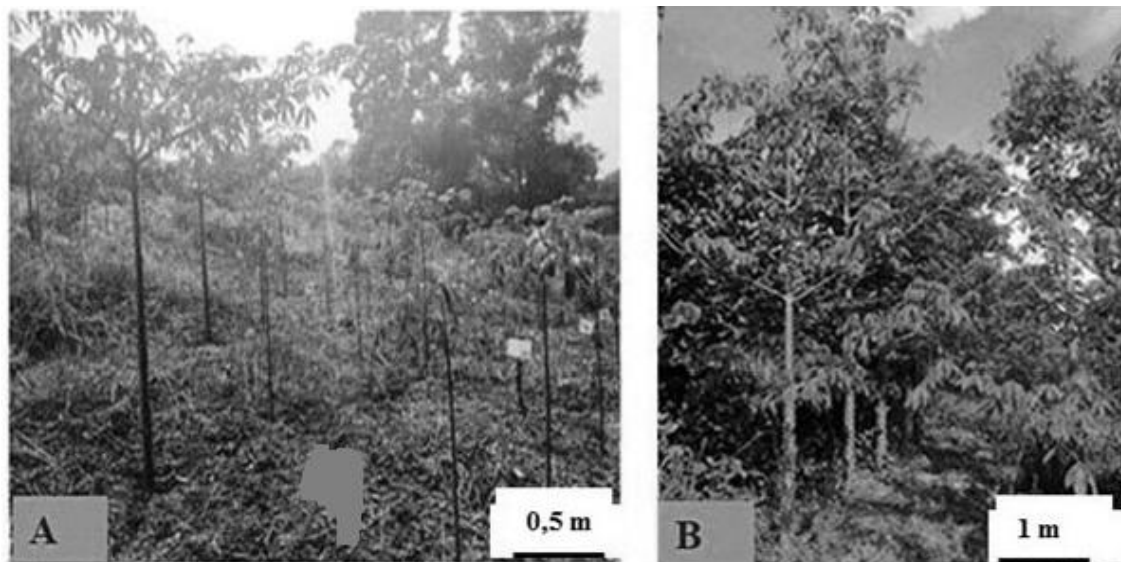


Figure 2 : morphologie des jeunes plantes de fromager dans un champ au JBB.

A : 10 mois après transfert ; B : 28 mois après transfert.

HAUTEURS DES PLANTES CEIBA PENTANDRA

Après 10 et 28 mois de plantation, la hauteur la plus élevée a été observée chez les plantes qui ont reçu le traitement T3 en pépinière (Tableau VI). Les hauteurs de ces plants ont été de $2,55 \pm 0,15$ m et $4,35 \pm 0,34$ m, respectivement à 10 et 28 mois. Les accroissements absolus en hauteur ont été de $174,5 \pm 17,20$ cm après 10 mois, et de $180,583 \pm 22,23$ cm pour l'intervalle

de temps entre le 10^e et le 28^e mois (Tableau VII). En outre, la plus faible croissance en hauteur pour les deux intervalles de temps a été observé chez les plants ayant bénéficié du traitement T0 en pépinière. Le taux relatif de croissance en hauteur a été identique entre les traitements pour les dix premiers mois, tandis que pour les dix-huit mois suivant, il a été plus important chez les plants issus de T1 ($0,047 \pm 0,002$ cm) et T0 ($0,046$).

Tableau VI : hauteur et diamètre des plantes de fromager 10 et 28 mois après transfert au JBB.

Traitements	Hauteur (m)		Diamètre (cm)	
	10 mois	28 mois	10 mois	28 mois
T ₀	$1,36 \pm 0,02$ c	$3,15 \pm 0,27$ c	$2,37 \pm 0,17$ d	$5,71 \pm 0,54$ d
T ₁	$1,56 \pm 0,10$ c	$3,68 \pm 0,39$ b	$3,40 \pm 0,32$ c	$7,92 \pm 0,97$ b
T ₂	$1,96 \pm 0,09$ b	$3,59 \pm 0,30$ b	$3,77 \pm 0,25$ b	$6,99 \pm 0,54$ c
T ₃	$2,55 \pm 0,15$ a	$4,35 \pm 0,34$ a	$4,51 \pm 0,39$ a	$9,86 \pm 0,84$ a
Statistiques du test	F= 73,62 ; p < 5 %	F= 75,63 ; p < 5 %	F= 60,73 ; p < 5 %	F= 57,35 ; p < 5 %

Tableau VII : accroissements absolus et taux relatifs de croissance en hauteur et en diamètre des plantes de fromager après transfert au JBB.

Traitements	Hauteur (m)				Diamètre (cm)			
	TRCH 10	TRCH 28	AAHO -10	AAH 10-28	TRCD 10	TRCD 28	AA D10	AA D 10-28
T0	0,118 ± 0,015	0,048 ± 0,004 a	93,30 ± 7,815 b	178,958 ± 25,768 b	0,082 ± 0,002 a	0,075 ± 0,007 a	0,824 ± 0,025	4,246 ± 0,593 c
T1	0,101 ± 0,007	0,047 ± 0,002 a	99,325 ± 10,12 b	211,75 ± 29,309 a	0,066 ± 0,007 b	0,082 ± 0,004 a	0,77 ± 0,15	6,12 ± 0,834 b
T2	0,096 ± 0,008	0,033 ± 0,002 b	120,92 ± 11,219 b	163,583 ± 22,24 b	0,061 ± 0,004 b	0,064 ± 0,007 b	1,013 ± 0,128	4,788 ± 0,589 c
T4	0,115 ± 0,008	0,030 ± 0,002 b	174,5 ± 17,206 a	180,583 ± 22,236 b	0,063 ± 0,006 b	0,079 ± 0,002 a	1,105 ± 0,131	7,515 ± 0,716 a
Statistique	F = 2,06 ; P = 0,200	F = 29,84 ; P = 0,000	F = 26,79 ; P = 0,00	F = 7,28 ; P = 0,02	F = 5,51 ; P = 0,030	F = 6,91 ; P = 0,022	F = 1,69 ; P = 0,26	F = 70,86 ; P = 0,000

DIAMETRES DES PLANTES CEIBA PENTANDRA

Dix mois après le transfert en milieu naturel, les diamètres des plants issus de T2 et T3 ont été de $3,77 \pm 0,25$ cm et $4,51 \pm 0,39$ cm (Tableau VI), soit un accroissement absolu de $1,013 \pm 0,126$ cm et $1,105 \pm 0,131$ cm, respectivement (Tableau VII). Après 28 mois, les plantes des traitements T2 et T3 ont atteint $6,99 \pm 0,54$ cm et $9,86 \pm 0,84$ cm pour un accroissement radial absolu de $4,79 \pm 0,59$ cm et $7,52 \pm 0,72$ cm, respectivement. L'analyse de variance réalisée sur les mesures de diamètre du 10^e et du 28^e mois a montré un effet traitement. En outre, les tests de séparation mis en œuvre ont montré

que les plants des traitements T3 et T0 ont présenté respectivement les meilleures et les faibles valeurs de diamètre.

INDICES DE VOLUME DES TIGES DES PLANTES DE FROMAGER 28 MOIS APRÈS TRANSFERT AU CHAMP

Les indices de volumes des tiges des plants ont été illustrés à la figure 3. Les volumes ont été compris entre $40251,194 \pm 11942,8$ cm³ et $207104,0 \pm 70453,8$ cm³. Les plants ayant reçu les traitements T3 et T0 en pépinière ont présenté respectivement les indices de volumes les plus élevés et les plus faibles ($p = 0,019$).

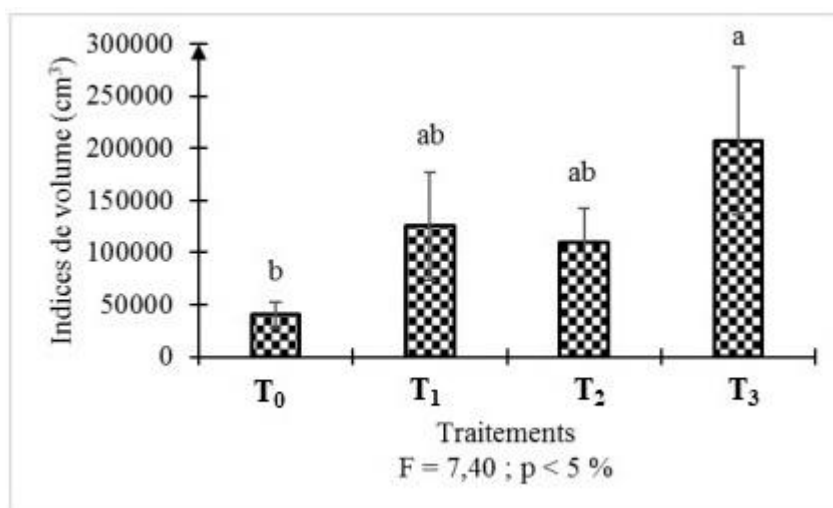


Figure 3 : indices de volumes des tiges des plantes de fromager 28 mois après transfert au JBB.

DIAMETRES DES HOUPPIERS DES JEUNES ARBRES DE FROMAGER 28 MOIS APRES TRANSPLANTATION

Les diamètres moyens des houppiers des plantes de fromager ont fluctué entre 2,27 et 2,71 m (Figure 4). Ces valeurs ont été

significativement impactées par les traitements reçus en pépinière ($p = 0,0004$). Le test de séparation de moyenne a permis de regrouper les traitements en deux groupes : le premier formé par les traitements T1 et T3 et le second par T0 et T2 avec respectivement les diamètres des houppiers les plus élevés et les plus faibles.

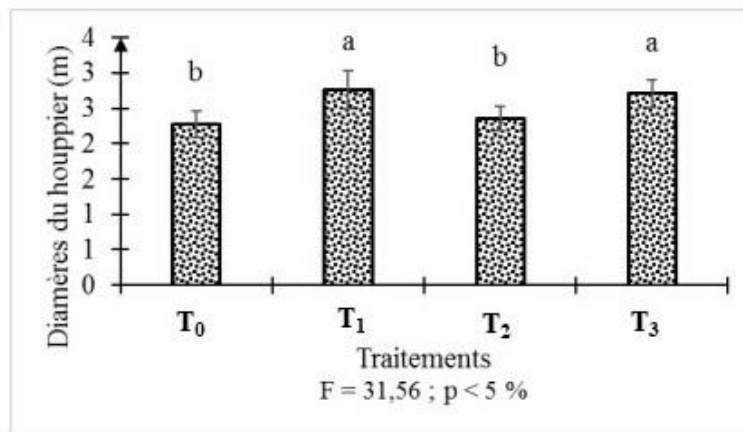


Figure 4 : diamètre du houppier des plantes de fromager 28 mois après transfert au JBB.

CRIBLAGES DES TRAITEMENTS APPLIQUES EN PÉPINIÈRES RELATIVEMENT AUX PARAMÈTRES DE CROISSANCES MESURÉS 28 MOIS APRÈS TRANSFERT AU CHAMP

L'analyse en composante principale (ACP) réalisée sur les traitements sur la base des variables de croissance mesurées après 28 mois en plantation est présentée sur un biplot (Figure

5). Les corrélations de l'ensemble des variables à l'axe 1 ont été supérieures à 0,80. Ces valeurs révèlent que les variables ont été fortement et positivement corrélées entre elles. Ainsi, la projection des traitements a montré qu'ils pouvaient être regroupés en trois groupes. Les traitements T₃ et T₀ ont été opposés sur l'axe 1 et ont été donc caractérisés par les valeurs élevées et faibles, respectivement. Les traitements T₁ et T₂ ont présenté des valeurs intermédiaires.

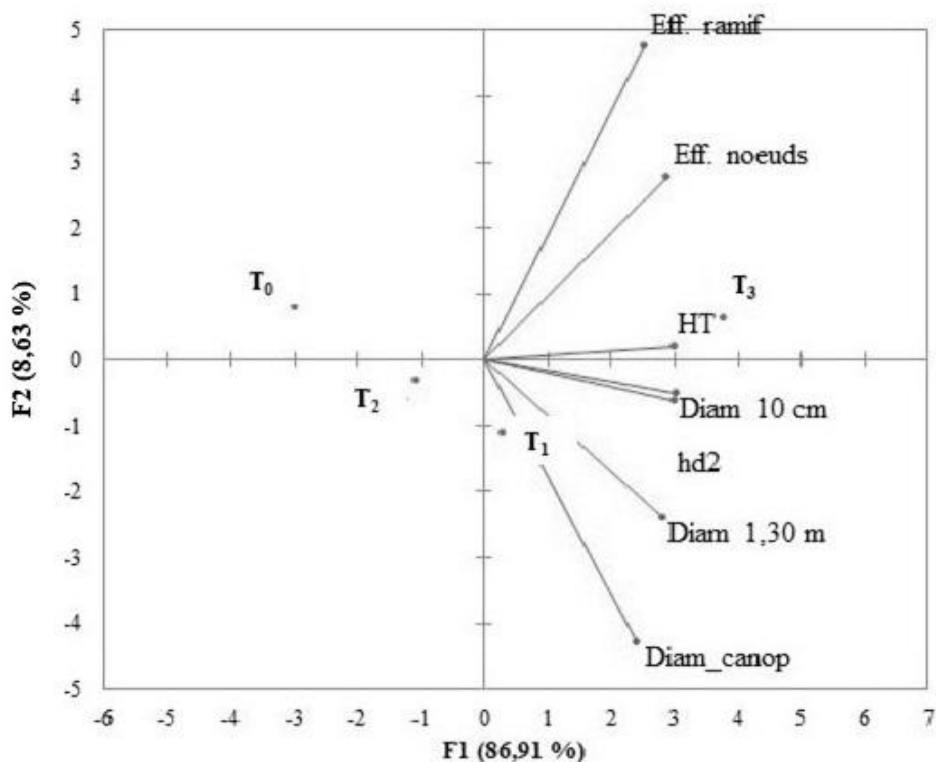


Figure 5 : analyse en composantes principales illustrant les corrélations entre les variables de croissance et morphologique des plantes de fromager en fonction des traitements 28 mois après transfert dans un champ situé au JBB.

Eff.noeuds : effectifs des nœuds ; Eff .ramif : effectifs des ramifications ; HT : Hauteur ; Diam 10 cm : diamètre à 10 cm du sol ; Diam 1,30 : Diamètre à 1,30 m du sol ; Diam_canop : diamètre de la canopée ; hd2 : indice du volume des tiges.

T0 : sol forestier stérilisé (2 Kg) ; T1 : T0 + sol mycorhizé non stérilisé (0,2 Kg), T2 : T0 + compost (0,2 Kg), T3 : T0 + sol mycorhizé non stérilisé (0,2 Kg) + compost (0,2 Kg).

DISCUSSION

L'analyse chimique du sol prélevé avant l'installation de la plantation a montré des valeurs élevées (Calvet et Villemin, 1986). Ces valeurs sous-tendent une bonne fertilité minérale du site choisi pour la plantation. Cet état de fertilité serait inhérent à la jachère qui est une pratique utilisée dans la gestion durable de la fertilité des sols dans les milieux tropicaux surtout celle à prédominance de *Chromolaena odorata* (Gnahoua *et al.*, 2008 ; Tshinyangu *et al.*, 2017). Ainsi, le bon état serait aussi le fait de cette plante qui plus est, fait partie des deux herbacées qui recouvraient majoritairement la parcelle. Selon les travaux de Gnahoua *et al.* (2008) et Tshinyangu *et al.* (2017), *Chromolaena odorata* impacte positivement les caractéristiques physico-chimique du sol.

Dans les milieux naturels, les espèces végétales vivent en symbioses avec les CMA, et le développement de ces organismes est mutuellement impacté (Sahri *et al.*, 2020). L'étude de la mycorhization du site a révélé des traces de symbioses mycorhiziennes arbusculaires ; notamment la présence de spores de champignons MA dans le sol et des associations intimes avec les racines de *Chromolaena odorata* et de *Panicum maximum*. La symbiose arbusculaire notée chez *C. odorata* a été également soulignée chez quelques Astéracées (Vanlalmuana *et al.*, 2021). Toutefois, les taux de colonisation obtenus ont été en deçà de ceux de la présente étude. Pour ces deux adventices, *Chromolaena odorata* et *Panicum maximum*, la colonisation arbusculaire supérieure à 37 % suggère qu'elles sont mycotrophe. Cette forte mycotrophie serait à l'origine de leur croissance rapide ainsi que de leurs caractères envahissant (Menzel *et al.*, 2017 ; Øezâevová *et al.*, 2020). Par ailleurs, le développement de ces adventices envahissant sur le site est favorable au bon fonctionnement du sol (Duponnois *et al.*, 2000 ; Wahbi *et al.*, 2012). En ce qui concerne la densité de spores

du sol de la jachère, qui ont appartenu aux genres *Glomus*, *Acaulospora*, *Gigaspora* et *Scutellospora*, elle était supérieure à celles enregistrées dans les sols prélevés sous les arbres de *C. pentandra* et du *T. heckellii* présent dans le même jardin (Anguiby *et al.*, 2019). L'abondance de spores des sols prélevés sous *C. odorata* et *P. maximum* serait due à la richesse en matière organique du sol du champ. En effet, la densité de spores et la teneur en matière organique sont deux paramètres corrélés positivement (Verma et Arya, 1998 ; Camprubi *et al.*, 2010). Ainsi, dans le Jardin Botanique de Bingerville, la densité de spores de CMA et les paramètres chimiques du sol ont fluctué suivant la nature du couvert végétal. Ces variations impliquent que ces adventices ont été favorables à une multiplication des propagules de CMA et à un rehaussement du niveau de fertilité minérale du site (Azcón-Aguilar *et al.*, 2003). En créant de telles conditions (fertilité minérale et biologique), les herbacées du site et singulièrement *Chromolaena odorata* et *Panicum maximum*, se comporteraient comme des plantes facilitatrices ou nurses. Ces types d'espèces végétales présentent la capacité de créer un micro-habitat favorable à la future plante (Manaut *et al.*, 2013 ; Henry *et al.*, 2014).

Les plants produits en pépinière sont soumis à des adversités après leur transplantation qui sont parfois à l'origine de l'échec des reboisements (Koné *et al.*, 2010b ; Samb *et al.*, 2016 ; Grossnickle et MacDonald, 2018). Dans cette étude, les taux de survie des plantes de fromager produits en pépinière et plantés sur ce site ont été supérieurs à 75 %. Ce pourcentage exprime une excellente acclimatation des plants de *C. pentandra* produits en pépinière aux nouvelles conditions. En effet, dans les écosystèmes contraignants, le pourcentage de réussite est faible (Bouhraoua *et al.*, 2014). Ce bon taux de survie serait dû à la vigueur des plants obtenus en pépinière conjuguée à la fertilité minérale et biologique du sol.

Les observations des racines des plants de

fromager 10 mois après plantation, ont aussi mis en exergue la mycorhization de la totalité des plants. En effet, les plants mycorhizés ou non en pépinière ont présenté des traces de symbioses avec les CMA. Cette mycorhization secondaire révèle que les champignons mycorhiziens natifs de la jachère ont créé une association fonctionnelle avec les plants non mycorhizés en pépinières. Thiouye *et al.* (2019) ont également observé une mycorhization des plants de jujubier non inoculés en pépinière 14 mois après plantation à Tessekre au Sénégal. Cette colonisation traduit la compatibilité des champignons natifs du site avec les plants de *Ceiba pentandra*. Cependant, les intensités de mycorhization des plants en pépinière (T1 et T3) ont augmenté en plantation. Ce résultat est similaire à ceux de Yang *et al.* (2018). Ceux-ci ont montré que la colonisation arbusculaire chez les plantes de soja est plus faible chez les plantules qu'à la floraison et à la maturité. De même Boureima *et al.* (2019) ont observé une mycorhization plus intense chez les arbustes de 5 ans comparativement à ceux de 3 ans. Cette augmentation de la colonisation serait due aux besoins grandissants de la plante. Néanmoins, après 12 mois de croissance El Kinany *et al.* (2018), ont noté une baisse de la colonisation chez les plants de dattier (*Phoenix dactylifera* L.) mycorhizés et fertilisés.

Il est reconnu que la croissance des arbres au stade juvénile est impactée par les conditions d'éclairage (Barigah *et al.*, 1998 ; Djodjouwin *et al.*, 2012). Aussi, dans les milieux forestiers, la lumière est un facteur limitant pour la croissance des jeunes plantes (Dupuy et Mille, 1998). Dans cette étude, pour les semis de *Ceiba pentandra*, espèce héliophile, plantés dans cette ancienne jachère (milieu ouvert), la lumière ne constitue pas une contrainte. Dans ces conditions la contrainte majeure à la croissance des plantes est la compétition pour les ressources du milieu. Les traitements appliqués en pépinière influent significativement sur la croissance et la reprise des plants (Benamirouche et Chouial, 2018 ; Rosa *et al.*, 2020). Les plants ayant reçu les traitements combinant mycorhization et compost (T3) et le traitement témoins (T0) en pépinière ont présenté respectivement les fortes et faibles valeurs de hauteur et de diamètre. Ces résultats sont semblables à celui de Requena *et al.* (2001). Ces auteurs ont enregistré une différence de croissance entre les plants inoculés et non inoculés 3 ans après le transfert en milieu naturel

alors qu'elle était non significative la première année. Gagnon (2016), après avoir effectué des mesures à 4 et 21 ans après le transfert au champ de plants mycorhizés avec des champignons ectomycorhiziens n'a pas observé un gain de croissance par rapport à ceux non inoculés en pépinière. De même Rosa *et al.* (2020), ont noté une différence non significative après 2 années de plantation quoique la croissance ait été différente en pépinière. Cette différence de gain de croissance entre les plants traités et les plants témoins serait due à un effet résiduel des traitements appliqués en pépinière. En effet, les hauteurs et les diamètres des plants mesurés à la fin de la pépinière et 28 mois après la transplantation ont été positivement et fortement corrélés. Toutefois, l'effet des conditions idéales matérialisées par les adventices sur les performances de croissance est non négligeable. Il y a ainsi eu un effet nurses de *C. odorata* et de *P. maximum* sur la croissance des jeunes plantes de *C. pentandra*. Dans les milieux sahéliens, les plantes telles que *Lavandula* spp et *Thymus satyroides* jouent des rôles similaires (Ouahmane *et al.*, 2006 a).

La biomasse des jeunes plantes âgées de 10 mois le plus important a été enregistrée avec le traitement T3. La croissance rapide des jeunes plantes de fromager s'est ainsi accompagnée d'une forte production de biomasse. Les plantes de *Ceiba pentandra*, tout comme ceux de *Cedrela odorata* et de *Gmelina arborea* seraient susceptibles de stocker de grande quantité de carbone dans leur biomasse (Bakayoko *et al.*, 2012). Dans cette étude, le taux mycorhization des plants *Ceiba pentandra* a varié dans le même sens que l'âge et le diamètre la plante. Cette dynamique de la mycorhization a été également observée par Onguéné *et al.* (2002) et Boureima *et al.* (2019). Elle suggère que le fromager est dépendant de la mycorhization pendant tous son cycle de vie.

CONCLUSION

En définitive, cette étude a permis de montrer que pour le fromager, les performances de croissance après la transplantation en milieu naturel sont intimement liées à la nature des traitements reçus en pépinière. Aussi, la mycorhization associé à un apport de compost en pépinière serait recommandable pour la réussite des plantations de fromager.

REFERENCES

- Al-Karaki et Ghazi N. (2006). Nursery inoculation of tomato with arbuscular mycorrhizal fungi and subsequent performance under irrigation with saline water. *Scientia Horticulturae*, 109 (1) : 1-7.
- Anguiby B. L. A., Bomisso E.L., N'goran K. S. B and S. Ake. (2020). Supply of compost and arbuscular mycorrhizal fungi for enhancing quality of *Ceiba pentandra* (Kapok Tree) Seedlings. *International Journal of Plant & Soil Science*. 32 (9) : 72-85.
- Anguiby B.L., Ouattara G., Bomisso E.L., N'Goran B & Aké S. (2019). Evaluation du statut mycorrhizien d'arbres de *Ceiba pentandra* (L), Gaertn et *Tieghemella heckelii* (A.Chev), Pierre, du Jardin Botanique de Bingerville en Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 138 : 14092-14105.
- Arnaud J. & Sournia G. (1979). Les forêts de Côte-d'Ivoire : une richesse naturelle en voie de disparition. *Cahiers d'outre-mer*, 127 : 281-301.
- Azcón-Aguilar C., Palenzuela J., Roldán A., Bautista S., Vallejo R. & Barea J. M. (2003). Analysis of the mycorrhizal potential in the rhizosphere of representative plant species from desertification-threatened Mediterranean shrublands. *Applied Soil Ecology*, 22 (1) : 29-37.
- Bakayoko O., Assa A. M., Coulibaly B., & N'Guessan K. A. (2012). Stockage de carbone dans des peuplements de *Cedrela Odorata* et de *Gmelina arborea* en Côte d'Ivoire. *European Journal of Scientific Research*, 75 (4) : 490-501.
- Barigah T. S., Imbert P. & Huc R. (1998). Croissance et assimilation nette foliaire de jeunes plants de dix arbres de la forêt guyanaise, cultivés à cinq niveaux d'éclaircissement. In *Annales des sciences forestières*, 55 (6) : 681-706.
- Benamirouche S. & Chouial M. (2018). Essai de production et de valorisation de compost d'*Acacia cyanophylla* pour la production de plants de chêne liège (*Quercus suber* L.): résultats en pépinière et après transplantation. *Déchets Sciences et Techniques*, 76 : 21-32.
- Bompadre M. J., Silvani V. A., Bidondo L. F., Ríos de Molina M. D. C., Colombo R. P., Pardo A. G. & Godeas A. M. (2014). Arbuscular mycorrhizal fungi alleviate oxidative stress in pomegranate plants growing under different irrigation conditions. *Botany*, 92 (3) : 187-193.
- Bonnet-Masimbert M. (1972). L'enracinement de certaine de reboisement en Côte d'Ivoire. (Sipo, Samba, Framiré, Niangon). *Bois & Forêt des Tropiques*, 143 (143) : 24-34.
- Bouhraoua R. T., Piazzetta R. & Berriah A. (2014). Les reboisements en chêne-liège en Algérie, entre contraintes écologiques et exigences techniques. *Forêt méditerranéenne*, 2 : 171-176.
- Boureima S., Ibrahim M., Ibrahim D. & Lawali S. (2019). Les pratiques paysannes de régénération naturelle assistée des arbustes favorisent le développement des champignons mycorrhiziens arbusculaires. *Agronomie Africaine*, 31 (2) : 147 - 158.
- Calvet G. & Villemin P. (1986). Interprétation des analyses de terre. France, SCPA, 24 p.
- Camprubi A., Calvet C., Cabot P., Pitet M. & Estaún V. (2010). Arbuscular mycorrhizal fungi associated with psammophilic vegetation in Mediterranean coastal sand dunes. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 8 (S1) : 96-102.
- Djodjouwin L., Kakai R. G. & Sinsin B. (2012). Croissance morphologique de cinq essences locales introduites dans les formations forestières guinéennes et soudano-guinéennes au Bénin. *Agronomie Africaine*, 24 (2) : 117-127.
- Duponnois R., Bâ., Plenchette C., Thioulouse J. & Cadet P. (2000). Effet de la jachère sur des populations de champignons mycorrhiziens à arbuscules au Sénégal. *Fallows in tropical Africa*, 1 : 325-332.
- Dupuy B. & Mille B. (1998). Les plantations à vocation de bois d'œuvre en Afrique intertropicale humide. *Etude FAO Forêt 98*, 225 p.
- Dupuy B. & Verhaegen D. (1993). Le teck de plantation *Tectona grandis* en Côte d'Ivoire. *Bois et forêt des tropiques*, IDEFOR, Abidjan, 235 : 9-24.
- El Kinany S., Achbani E., Faggroud M., Ouahmane L., El Hilali R., Haggoud A. & Bouamri R. (2018). Effect of organic fertilizer and commercial arbuscular mycorrhizal fungi on the growth of micropropagated date palm cv. Feggouss, *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 18 (4): 411-417.
- FAO. (2020). Evaluation des ressources forestières mondiales 2020, principaux résultats, 16 p.
- Gagnon J. (2016). Performance de plants mycorrhizés après 4 à 21 ans de croissance dans 15 plantations établies dans plusieurs régions écologiques du Québec. *Mémoire de recherche forestière*, Québec, 178. 34 p

- Gatica Saavedra P., Echeverría C. & Nelson C. R. (2017). Ecological indicators for assessing ecological success of forest restoration: a world review. *Restoration Ecology*, 25 (6) : 850-857.
- Gerdemann J.W. & Nicolson T.H. (1967). Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Transactions of the British Mycological society*, 46 (2) : 235-244.
- Gnahoua G. M., Kouassi F. Y., Angui P. K. T., Balle P., Olivier R. & Peltier R. (2008). Effets des jachères à *Acacia mangium*, *Acacia auriculiformis* et *Chromolaena odorata* sur la fertilité du sol et les rendements de l'igname (*Dioscorea* spp.) en zone forestière de Côte d'Ivoire. *Agronomie africaine*, 20 (3) : 291-301.
- Grossnickle S. & MacDonald J. (2018). Seedling Quality: History, application, and plant attributes. *Forests*, 9 (5), 283 p.
- Henry C., Selosse M. A., Richard F., Ramanankierana H. & Ducouso M. (2014). Comprendre la dynamique des communautés mycorrhiziennes lors des successions végétales. Première partie : méthodes d'étude, caractérisations et fonctionnement (revue bibliographique). *Revue Forestière Française*, 2 : 125-150.
- Ibo J. & Léonard E. (1994). Appropriation et gestion de la rente forestière en Côte d'Ivoire. *Politique africaine*, 53 : 25-36.
- Kassoum T. (2018). Le couvert forestier en Côte d'Ivoire : une analyse critique de la situation de gestion des forêts (classées, parcs et réserves). *The International journal of social sciences and humanities invention*, 5 (2) : 4387-4397.
- Koné C. H. K., Boraud N. K. M., Issali E. A. & Kamanzi A. K. (2010). Impact de la compétition interspécifique teck/ adventices sur la croissance et le développement du teck (*Tectona grandis* Linn.) en Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine*, 22 (3) : 237 – 246.
- Manaut N., Hafidi M., Ouahmmou A., Baudoin E., Chaffii K., Prin Y., Ouahmane L., Sanguin H., Galiana A., Boumezzough A., Duponnois R. (2013). Plante nurse : vecteur de propagation de champignons mycorrhiziens pour optimiser les performances des opérations de reboisement au Maroc. In : . Des champignons symbiotiques contre la désertification : écosystèmes méditerranéens, tropicaux et insulaires. Marseille: IRD, Marseille, France, 391-409.
- Maldonado G. & Louppe. (1999). The village plantations of *Tectona grandis* in Côte d'Ivoire, Bois et Forêts Des Tropiques, 12 p.
- Mbaye T., Gning F., Fall D., Ndiaye A., Ngom D., Cisse M., Ndiaye S. (2019). Effet du greffage horticole et de l'inoculation mycorrhizienne sur la croissance du baobab (*Adansonia digitata* L.) en moyenne et haute Casamance (Sénégal). *European Scientific Journal*, 15 (36) : 1857-7881.
- Mbonayem L. & Bobo K. S. (2018). Analyse de l'effet de la concurrence végétale sur la croissance de l'Iroko (*Milicia excelsa*) en forêt dense tropicale perturbée de l'Est-Cameroun. *VertigO-la revue électronique en sciences de l'environnement*, 11 (6) : 2671-2692.
- Menzel A., Hempel S., Klotz S, Mari M., Petr P., Matthias C.R., Martin Z. & Ingolf K. (2017). Mycorrhizal status helps explain invasion success of alien plant species. *Ecology*, 2017, 98 (1) : 92-102.
- MIDEF (Ministère des eaux et forêt). (2018). Le nouveau code forestier : Enjeux et perspectives pour une gestion durable du patrimoine forestier ivoirien. Communication, Abidjan, Côte d'Ivoire, 16 p.
- Morton J.B. & Benny G.L. (1990). Revised classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Zygomycetes): a new order, Glomales, two new suborders, Glomineae and Gigasporineae, and two new families, Acaulosporaceae and Gigasporaceae, with an emendation of Glomaceae. *Mycotaxon*, 37 : 471-491.
- Mrabet S. A., Ouahmane L., El Mousadik A., Msanda F. & Abbas Y. (2014). The effectiveness of arbuscular mycorrhizal inoculation and bio-compost addition for enhancing reforestation with *Argania spinosa* in Morocco. *Open Journal of Forestry*, 4 (1) : 14-23.
- Mwendwa S. M., Mbuvi J. P., Kironchi G. & Gachene C. K. (2020). A geopedological approach to soil classification to characterize soils of upper kabete Campus Field, University of Nairobi, Kenya. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 23 (2) : 26 p.
- Onguéné 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. *Tropicultura*, 20 (3) : 104-108.
- Ouahmane L., Duponnois R., Hafidi M., Kisa M., Boumezzough A., Thioulouse J. & Planchette C. (2006a). Some Mediterranean Plant Species (*Lavandula* Spp. and *Thymus Satureioides*) Act as Potential 'Plant Nurseries' for the Early Growth of *Cupressus*

- Atlantica. *Plant Ecology*, 185 (1) : 123-34.
- Ouahmane L., Hafidi M., Plenchette C., Kisa M., Boumezzough A., Thioulouse J. & Duponnois R. (2006b). *Lavandula* species as accompanying plants in *Cupressus* replanting strategies: Effect on plant growth, mycorrhizal soil infectivity and soil microbial catabolic diversity. *Applied Soil Ecology*, 34 (2) : 190-99.
- Perrin. (2006). Dosage de l'azote total par méthode de Kjeldahl. Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, 4 p. www.ceaeq.gouv.qc.ca. Visité le 20 fév. 2022.
- Petard J. (1995). Les méthodes d'analyses. Analyse de sol, 200 p
- Phillips J. M. & Hayman D. S. (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.
- Prével P. M. (1957). Dosages de K, Ca et Na par photométrie de flamme dans le matériel végétal. *Fruits*, 12 (2) : 59-65.
- Requena N., Perez-Solis E., Azcón-Aguilar C., Jeffries P. & Barea J. M. (2001). Management of indigenous plant-microbe symbioses aids restoration of desertified ecosystems. *Applied and Environmental Microbiology*, 67 (2) : 495-498.
- Øezàèová V., Øezàè M., Gryndlerová H., Gail W. T., Wilson G.W.T. & Michalová T. (2020). Arbuscular mycorrhizal fungi favor invasive *Echinops sphaerocephalus* when grown in competition with native *Inula conyzae*. *Scientific Reports*, 10 : 1-10.
- RIMA-OIV. (2009). Phosphore totale. Méthode OIV-MA-AS321-04. 2 p.
- Robin C. & Husson C. (2018). Pourquoi et comment contrôler les maladies des arbres forestiers en pépinières (Synthèse de l'atelier). *Revue forestière française*, 70 (6) : 683-690.
- Rosa D., Pogiatis A., Bowen P., Kokkoris V., Richards A., Holland T. & Hart M. (2020). Performance and establishment of a commercial mycorrhizal inoculant in viticulture. *Agriculture*, 10 (11) : 1-12.
- Sahri F. Z., Boudiaf I., Aliout A. & Beddiar A. (2020). Contribution à l'étude des champignons mycorrhiziens arbusculaires de deux subéraies du Parc National d'El Kala (Nord-Est algérien). *IOBC-WPRS Bulletin*, 152 : 196-201.
- Samb T., Cissé A. & Ndiaye A. (2016). Les attaques des termites (Isoptera) dans les parcelles de reboisement de la Grande Muraille Verte au Sénégal. *Journal of Applied Biosciences*, 104 : 9947-9954.
- Serpantié G., Ouattara B., Louppe D., Sougafara B., Gnahoua G. M., Ouattara N. & Mallet B. (2001). Fertilité et jachères en Afrique de l'Ouest. La jachère en Afrique tropicale, pp.21-83.
- Thioye B., Sanguin H., Kane A., Mania de Faria S., Fall D., Prin Y., Sanogo D., Ndiaye C., Duponnois R., Sylla S., Bâ A.M. (2019). Impact of mycorrhiza-based inoculation strategies on *Ziziphus mauritiana* Lam. and its native mycorrhizal communities on the route of the Great Green Wall (Senegal). *Ecological Engineering*, 128 : 66-76.
- Trouvelot A., Kough J. L. & Gianinazzi-Pearson V. (1986). Mesure du taux de mycorhization VA d'un système racinaire. Recherche de méthodes d'estimation ayant une signification fonctionnelle. In : *Les Mycorhizes : Physiologie et Génétique*, 1er Séminaire Européen sur les Mycorhizes Gianinazzi S., Eds, Dijon, INRA Editions, Paris, pp. 217 - 221.
- Tshinyangu K. A., Mutombo T. J. M., Kayombo M. A., Nkongolo M. M., Yalombe N. G. & Cibanda M. J. (2017). Effet comparé de *Chromolaena odorata* King et *HE Robins*, et *Tithonia diversifolia* A. Gray sur la culture du Maïs (*Zea mays* L) à Mbuimayi (RD. Congo). *Journal of Applied Biosciences*, 112 (1) : 10996-11001.
- Vanlalmuana M. C. F., Chakraborty K. & Lalfakzuala R. (2021). Arbuscular mycorrhizal colonization status in selected alien invasive plants of asteraceae. *Science and Technology Journal*, 9 (2) : 81-84.
- Verma R. K. & Arya I. D. (1998). Effect of arbuscular mycorrhizal fungal isolates and organic manure on growth and mycorrhization of micropropagated *Dendrocalamus asper* plantlets and on spore production in their rhizosphere. *Mycorrhiza*, 8 : 113-116.
- Wahbi S., Sanguin H., Oufdou K., Hafidi M., Galiana A., Domergue O., Baudoin E., Prin Y. & Duponnois R. (2012). Influence des cultures mixtes fève/blé sur le potentiel mycorrhizien des sols et la structure de la microflore mycorrhizosphérique au Maroc. In: 3ème Journées francophones des mycorhizes (JFM), 05-07 septembre, Nancy, France, 84 p.

- Yang W., Siyu G., Ying X., Ayodeji B., Wenpeng S & Xiuhong X. (2018). Compost addition enhanced hyphal growth and sporulation of arbuscular mycorrhizal fungi without affecting their community composition in the Soil. *Frontiers in Microbiology*, 9 (169), 13 p.
- Zoungrana A., ZI Y., Sanou K. A & Savadogo P.W.(2022). Comparaison de l'effet de deux champignons mycorhiziens arbusculaires sur la croissance et la productivité du sésame (*Sesamum indicum* L.) au Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 16(1): 201-212.