

Effet de la dose rhizobienne (*Bradyrhizobium ORS*) à apporter au repiquage sur la croissance et la nodulation des plants de *Acacia mangium* cultivés sur de la fibre de coco

Affi Jeanne BONGOUA - DEVISME^{1*}, Koffi Patrice KOUADIO¹, Adjoua Germaine TANO¹, Fatou NDOYE² et Diegane DIOUF²

¹ Département des Sciences du Sol, UFR Sciences de la Terre et des Ressources Minières, Université Felix Houphouët-Boigny, Cocody, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

² Centre de Recherche de Bel Air, Laboratoire Commun de Microbiologie, BP 1386, 18524 Dakar, Sénégal

* Correspondance, courriel : bongoua_jeanne@yahoo.fr

Résumé

Cette étude, menée en conditions semi-contrôlées, vise à évaluer l'effet de la dose rhizobienne (*Bradyrhizobium ORS*) à apporter au semis sur la croissance et la nodulation de plants de *Acacia mangium* cultivé sur de la fibre de coco. Pour ce faire, des plants de *Acacia mangium* ont été cultivés, sur de la fibre de coco préalablement caractérisée, sous quatre traitements ayant reçu 10 mL d'inoculum rhizobien de *Bradyrhizobium* à différentes périodes (D_{OR}: témoin sans apport de *Bradyrhizobium ORS*; D_{1R}: 10 mL de *Bradyrhizobium ORS* au repiquage; D_{2R}: 5 mL de *Bradyrhizobium ORS* au repiquage et 5 mL une semaine après le repiquage ; D_{3R}: 10 mL *Bradyrhizobium ORS* une semaine après le repiquage). Ensuite, la biomasse totale des plants et leur teneur en azote ont été estimées, suivie d'une analyse statistique des paramètres de croissance et de nodulation de *Acacia mangium*. Les résultats montrent dans l'ensemble qu'il n'y a pas d'effet d'inoculation sur les paramètres de croissance de *Acacia mangium* lorsqu'il est cultivé sur de la fibre de coco. Cependant, cette étude indique que l'apport de l'inoculum *Bradyrhizobium ORS* en deux étapes : 5 mL au repiquage puis 5 mL une semaine après le repiquage (D_{2R}) améliore significativement ($p = 0,05$) mieux les paramètres de croissance et de nodulation de *Acacia mangium*. Il ressort de cette étude que la richesse de la fibre de coco en azote inhibe l'effet de l'inoculation des plants de *Acacia mangium* par *Bradyrhizobium*. Cependant, l'apport de l'inoculum en deux étapes (5 mL au repiquage puis 5 mL une semaine après le repiquage (D_{2R})) semble être la meilleure période d'inoculation des plants de *Acacia mangium* lorsqu'il est cultivé sur de la fibre de coco.

Mots-clés : *Acacia mangium*, *Bradyrhizobium*, inoculation, dose rhizobienne, fibre de coco.

Abstract

Effect of Rhizobial Dose (*Bradyrhizobium ORS*) bring to the transplanting on the Growth and the nodulation of *Acacia mangium* plants grown on Coconut fiber

This study, conducted in greenhouse conditions, aims to assess the impact of rhizobial dose (*Bradyrhizobium ORS*) bring at the transplanting on the growth and the nodulation of *Acacia mangium* grown on coconut fiber as substrate. To do this, *Acacia mangium* plants were grown on previously characterized coconut fiber under four treatments which receive 10 mL of *Bradyrhizobium* at different times (D_{OR}: control without *Bradyrhizobium*

ORS; D_{1R} : 10 mL of *Bradyrhizobium ORS* at transplanting; D_{2R} : 5 mL of *Bradyrhizobium ORS* at transplanting and 5 mL after one week of transplanting; D_{3R} : 10 mL *Bradyrhizobium ORS* after one week of transplanting). Then, the total biomass of *Acacia mangium* and their nitrogen content were estimated, followed by a statistical analysis of the growth and nodulation parameters of *Acacia mangium*. Overall, *Acacia mangium* inoculate by *Bradyrhizobium ORS* does not show particular inoculation effect on plant growth and nodulation parameters. Our results indicate that the intake of the inoculum *Bradyrhizobium* in two steps : 5 mL at transplanting and then 5 mL after one week of transplanting (D_{2R}) significantly improves ($p = 0.05$) better the growth and the nodulation parameters of *Acacia mangium*. It emerges from this study that the richness of the coconut fiber in nitrogen inhibits the effect of *Bradyrhizobium* on *Acacia mangium* development. However, two-stage inoculum intake appears to be the best inoculation time for *Acacia mangium* when it's grow on coconut fiber.

Keywords : *Acacia mangium*, *Bradyrhizobium*, inoculation, rhizobial dose, coconut fiber.

1. Introduction

Acacia mangium est une légumineuse à croissance rapide, fixatrice d'azote atmosphérique qui est capable de former des associations symbiotiques avec les rhizobia tels que le *Bradyrhizobium* [1]. La plupart des études d'inoculation de *Acacia mangium* se sont réalisées sous des différents substrats de culture tels que le sol [1], le sable [2] et les tubes de culture [3]. Ces études ont montré que l'inoculation microbienne améliore la croissance des plants d'Acacia. En effet, il a été observé une colonisation des racines par les champignons mycorhiziens à arbuscules et les rhizobia lors de l'inoculation favorisant une augmentation de la croissance des plants [1, 4]. De plus, il a été montré que la répartition des nodules varie en fonction de la date d'inoculation [5]. Toutefois, ces différents constats ont été réalisés essentiellement sur le sol, le sable et les tubes de culture [1 - 3]. De nos jours, aucune culture de *Acacia mangium* n'a été réalisée sur de la fibre de coco. Par ailleurs, les nombreux travaux déjà réalisés avec de la fibre de coco ne concernent que les plantes maraichères et ornementales [6-10] qui ont montré que la fibre de coco possède de nombreuses qualités telles qu'une grande capacité de rétention d'eau et d'aération, une excellente propriété de drainage, ainsi qu'une richesse en éléments nutritifs (N, P, K, Ca, etc.) [6, 11, 12]. De plus, l'utilisation de la fibre de coco comme substrat dans les cultures hors-sol a indiqué des rendements de tomate, de concombre, du piment et de laitue plus élevés et des qualités de récoltes améliorées [10 - 16]. Il paraît donc nécessaire d'étudier les performances de *Acacia mangium* lorsqu'il est cultivé sur de la fibre de coco. C'est dans ce contexte que des récentes études ont été réalisées en conditions contrôlées [17], indiquant que l'utilisation de la fibre de coco seule comme un substrat de culture ne favorise pas une meilleure croissance et une nodulation efficace de *Acacia mangium*, due probablement à sa richesse en azote qui pourrait inhiber la fixation symbiotique et par conséquent la nodulation [17]. Dès lors s'impose la nécessité d'améliorer les paramètres de croissance et de nodulation de *Acacia mangium* en l'inoculant par une souche rhizobienne. L'objectif de cette étude est donc de déterminer la dose optimale de rhizobium à apporter au repiquage pour une meilleure croissance et une nodulation efficace des plants de *Acacia mangium* lorsqu'ils sont cultivés sur de la fibre de coco.

2. Matériel et méthodes

2-1. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé est constitué des graines d'*Acacia mangium* (**Figure 1**) fournies par le Centre National de Recherche Agronomique (CNRA) de Côte d'Ivoire. Les graines d'*Acacia mangium* ont été traitées par de l'acide sulfurique concentrée à 95 % avant la prégermination selon la méthode décrite par certains

auteurs [18]. Ensuite, elles ont été mises à germer dans des boîtes de Pétri, contenant préalablement du milieu gélosé eau-agar à 0,8 % (w/v) stérilisé à l'autoclave à 110°C pendant 30 min, puis conservées à l'étuve à 30°C, à l'obscurité pendant 72 heures après les avoir emballés dans du papier aluminium. La fibre de coco utilisée comme le substrat de culture a été fournie par CocoSol Service localisé à Bonoua (**Figure 1**). Les caractéristiques chimiques de la fibre de coco sont déterminées avant la mise en place de la culture de *Acacia mangium* en serre.

2-2. Matériel biologique

Le matériel biologique utilisé dans cette étude a été fourni par le Laboratoire Commun de Microbiologie (LCM) du Centre de Recherche de Bel Air du Sénégal. Il est constitué de *Bradyrhizobium* ORS 1785 qui a été immobilisé dans les billes d'alginate (**Figure 1**).

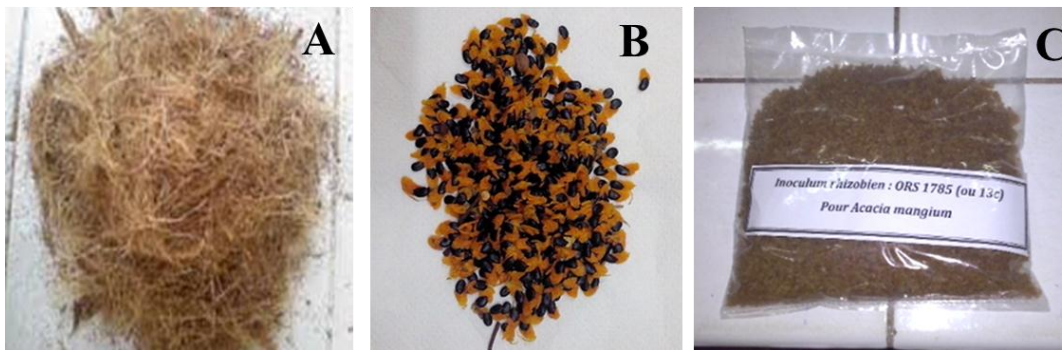


Figure 1 : Matériel végétal (A : Fibre de coco ; B : Graines d'*Acacia mangium*) et C : matériel biologique (*Bradyrhizobium* ORS 1785 immobilisé dans les billes d'alginate)

2-3. Inoculation

5g d'inoculum rhizobien (*Bradyrhizobium* ORS) immobilisé dans les billes d'alginate a été dissout dans une solution tampon composé de 23g de potassium dihydrogénophosphate (KH_2PO_4) ; 14,6g de KH_2PO_4 de Di-potassium dihydrogénophosphate anhydre et 1l d' eau distillée, qui a été préalablement stérilisée à 120°C pendant 30 min à l'autoclave. Ensuite, la solution de l'inoculum rhizobien (*Bradyrhizobium*) obtenue est laissée au repos toute la nuit pour une dissolution complète de l'inoculum. Après la dissolution de l'inoculum rhizobien, 10ml de la solution d'inoculum a été apportée à différentes périodes autour des racines des plantules :

- D_{1R} : 10 mL de *Bradyrhizobium* ORS au repiquage;
- D_{2R} : 5 mL de *Bradyrhizobium* ORS au repiquage et 5 mL une semaine après le repiquage ;
- D_{3R} : 10 mL *Bradyrhizobium* ORS une semaine après le repiquage. ;
- D_{0R} : témoin sans apport de *Bradyrhizobium* ORS a été choisi pour contrôle.

Les différentes périodes d'inoculation représenteront les traitements (D_{0R} , D_{1R} , D_{2R} and D_{3R}).

2-4. Mise en place de l'expérimentation en pépinière

La mise en place de l'expérimentation s'est faite en condition contrôlée sous un abri de culture localisé dans la forêt secondaire du centre national floristique (CNF) avec une température ambiante variant de 28°C à 39°C et taux d'humidité moyen de 46 %. Les graines pré-germées ont été repiquées dans les sachets de pépinière en polyéthylène (15 x 40 x 150 cm) contenant 450 g de substrat de culture préalablement arrosés avec de l'eau distillée stérilisée, à raison de 3 graines par sachet dans les trois poquets d'environ 0,5 - 1 cm de

profondeur réalisés. Après le repiquage des graines pré germées d'*Acacia mangium* dans les trois poquets, 10 mL de l'inoculum rhizobien préparé ont été injectés autour des racelles des graines à différentes dates. Un mois après le repiquage des graines pré-germées dans les sachets de pépinières, un démariage, pour ne laisser qu'un plant/sachet, a été réalisé. Après trois mois de culture, la hauteur des plants est déterminée à l'aide d'une règle graduée. Le nombre de nodules formés autour des racines est compté grâce à la loupe binoculaire OPTIKA. Le poids frais de la partie aérienne (tige et feuilles) et de la partie racinaire est déterminé avec la balance électronique SARTORIUS puis la biomasse totale des différentes parties séchée à l'étuve à 60°C est estimée pour évaluer leurs poids sec puis broyées pour l'analyse des teneurs en azote (N).

2-5. Analyse en laboratoire

Les analyses des végétaux ont été réalisées au laboratoire des sols et des plantes de l'Institut National Polytechnique Félix Houphouët Boigny (INP-HB) de Yamoussoukro, Côte d'Ivoire. La méthode de Walkley et Black et la méthode de Kjeldahl ont été utilisées pour déterminer respectivement le carbone organique et l'azote total (N-total) du sol. Le phosphore assimilable a été déterminé par la méthode de Olsen-Dabin. Les cations échangeables (Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^{+} et K^{+}) et la capacité d'échange de cations (CEC) du sol ont été déterminés suivant la méthode de Metson [19]. Le dosage de l'azote dans les plantes se fait selon la méthode Kjeldahl, et, celui du phosphore a été extrait par le complexe phopho-vanado-molybdate de couleur jaune au spectrophotomètre d'absorption moléculaire à 400 nm. Les teneurs en potassium (K), calcium (Ca), magnésium (Mg) et le sodium (Na) de la fibre de coco ont été dosées par photométrie à flamme sur l'extrait obtenu après la minéralisation de la matière végétale.

2-6. Analyses statistiques des données

Les données de la hauteur, du nombre de nodules et de biomasses totales sèches produites par *Acacia mangium* sous les différents traitements, ont été soumises à l'analyse de variance (ANOVA) avec le logiciel statistique XLSTAT. La significativité des différents traitements s'est faite selon le test de Student's de Newman-Keuls (SNK) à $p < 0.05$ à l'aide du logiciel XLSTAT 2014. Les moyennes des différents paramètres ont été comparées au seuil de significativité de 5 %.

3. Résultats

3-1. Caractérisation chimique de la fibre de coco

La caractérisation de la fibre de coco (**Tableau 1**) indique qu'elle a des teneurs élevées en potassium (9610 mg.kg^{-1} K^{+} MS), en azote (3100 mg.kg^{-1} N MS), en phosphore assimilable (800 mg.kg^{-1} P MS) et en magnésium (3200 mg.kg^{-1} Mg^{2+} MS).

Tableau 1 : Caractéristiques chimiques de la fibre de coco utilisée. MS : matière sèche

Teneurs des éléments (mg.kg^{-1} MS)				
K^{+}	Mg^{2+}	N total	P assimilable	Ca^{2+}
9610	3200	3100	800	3960

3-2. Paramètres de croissance et de nodulation de *Acacia mangium* sous les différents traitements

La culture des plants de *A. mangium* sous les différents traitements (D_{0R} ; D_{1R} ; D_{2R} ; D_{3R}) montre un bon développement végétatif de *A. mangium* sous le traitement D_{2R} (**Figure 2**).



Figure 2 : Effet de la dose rhizobienne apportée au repiquage sur le développement végétatif de *Acacia mangium* cultivé sur de la fibre de coco

La hauteur des plants de *Acacia mangium* sous les différents traitements montre une stimulation significative, selon SNK à 5 %, de la croissance de la plante lorsqu'elle n'est pas inoculée (D_{0R} , 11,2 cm) que inoculée avec 9,1 cm sous D_{1R} ; 10,5 cm sous D_{2R} et 8,2 cm sous D_{3R} (**Tableau 2**). Le nombre de nodules par plant est significativement plus important sous la plante inoculée (12 à 24 nodules/plant) que celle non inoculée (D_{0R} , 9 nodules /plant) (**Tableau 2**). Le plus fort taux de nodulation est observé sous le traitement D_{2R} (24 nodules/plant). De même, le nombre de feuilles par plant est significativement plus important sous le traitement D_{2R} , c'est à dire lorsque la dose rhizobienne est apportée en deux étapes (5mL au repiquage et 5mL une semaine après le repiquage) avec 12 feuilles que sous les traitements D_{0R} , D_{1R} et D_{3R} (**Tableau 2**).

Tableau 2 : Hauteur (cm) des plantes, nombre de feuilles et de nodules / plant sous les différents traitements (D_{0R} ; D_{1R} ; D_{2R} ; D_{3R})

Traitements	Hauteur (cm)	Feuilles	Nodules
D_{0R}	11,2 ^a	9,3 ^b	8,7 ^d
D_{1R}	9,1 ^b	6,7 ^c	12 ^c
D_{2R}	10,5 ^b	12 ^a	24 ^a
D_{3R}	8,2 ^c	6,7 ^c	15 ^b
Pr > F	0.04	0.03	0.04

Dans une colonne, les moyennes suivies par une même lettre ne sont pas significativement différentes selon le test de Newman-Keuls au seuil de probabilité de 5 %.

La biomasse totale produite par les plants de *Acacia mangium* après 3 mois de culture indique une forte production de biomasse lorsque la plante est non inoculée (D_{0R} , avec 175 mg MS/plant) que sous les traitements inoculés (D_{1R} ; D_{2R} ; D_{3R}) avec respectivement 88,3 mg MS/plant, 170 mg MS/plant et 113,3 mg MS/plant (**Tableau 3**). Par contre, la teneur en azote de la biomasse est significativement plus élevée sous les traitements D_{0R} et D_{2R} avec respectivement 3,6 et 4 mg N/plant que sous les traitements D_{1R} et D_{3R} avec respectivement 2,7 et 2,9 mg N/plant.

Tableau 3 : Biomasse totale produite (mg MS/plant) et teneur en azote mobilisée (mg/plant) sous les différents traitements (D_{0R} ; D_{1R} ; D_{2R} ; D_{3R})

Traitements	Biomasse Totale (mg MS/plant)	Teneur en N (mg/plant)
D_{0R}	175 ^a	3,6 ^a
D_{1R}	88,3 ^d	2,7 ^b
D_{2R}	169,9 ^b	4 ^a
D_{3R}	113,3 ^c	2,9 ^b
Pr > F	0,02	0,04

Dans une colonne, les moyennes suivies par une même lettre ne sont pas significativement différentes selon le test de Newman-Keuls au seuil de probabilité de 5 %.

La **Figure 3** montre l'effet de la dose rhizobienne sur la hauteur, le nombre de feuille et de nodule/plant. Dans l'ensemble, nos résultats indiquent une plus forte croissance et un nombre plus élevé de feuille et de nodule sous les traitements D_{2R} (où 5 mL d'inoculum a été apporté au repiquage puis 5 mL une semaine après le repiquage) que sous les traitements D_{1R} et D_{3R} . En effet, la hauteur des plantes sous les traitements D_{2R} est de 10,5 cm alors que celle des plantes sous les traitements D_{1R} et D_{3R} est respectivement 9,1 cm et 8,2 cm (**Figure 3**).

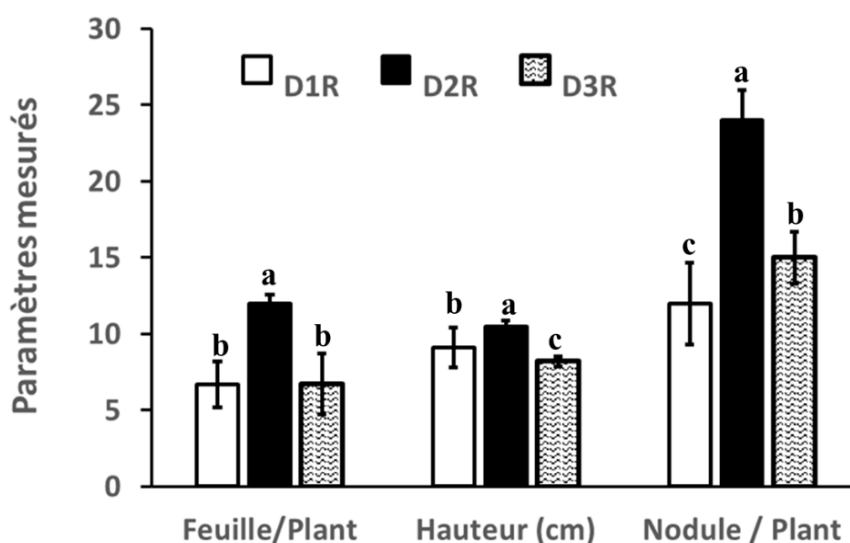


Figure 3 : Effet de la dose rhizobienne apportée au repiquage sur les paramètres de croissance et de nodulation après 3 mois de culture

Le test de Student de Newman-Keuls (SNK) réalisé sur les paramètres de croissance (hauteur, feuille, biomasse et teneur en azote) et de nodulation à $P < 0,05$ indique que les paramètres de croissance de *Acacia mangium* sont significativement plus élevés sous le traitement D_{2R} (10,5 cm, 12 feuilles/plant, 170 mg MS/plant, 4 mg N/plant et 24 nodules/plant) que sous les traitements D_{1R} et D_{3R} avec 8 à 9 cm pour la hauteur, 7 feuilles/plant ; 12 à 15 nodules/plant ; 88 à 113 mg MS/plant et 2,7 à 2,9 mg N/plant) (**Tableau 2 et 3**). La comparaison des différents traitements quel que soit les paramètres étudiés (hauteur, feuille et nodule) montre que la dose D_{2R} (avec 15,2 comme moyenne estimée à $p = 0,02$) est le meilleur traitement suivi du traitement D_{3R} et D_{1R} . Nos résultats indiquent qu'il n'y a pas de différence significative entre les traitements D_{3R} et D_{1R} (**Tableau 4**).

Tableau 4 : Moyenne estimée des différents traitements quel que soit les paramètres étudiés

Doses	Moyenne estimée	Pr > F avec F = 4,17
D _{2R}	15,16 ^a	0,02
D _{3R}	9,94 ^b	
D _{1R}	9,24 ^b	

Dans une colonne, les moyennes suivies par une même lettre ne sont pas significativement différentes selon le test de Newman-Keuls au seuil de probabilité de 5 %.

4. Discussion

La symbiose rhizobienne est répandue dans le végétal, car elle est bénéfique à la plante sur plusieurs aspects : les rhizobia transfèrent l'azote sous forme assimilable à la plante, ce qui augmente la croissance des plantes, le rendement et la nutrition azotée [20]. Toutefois, l'efficacité de l'association symbiotique légumineuse-rhizobium est très souvent dépendante des conditions du milieu, de la qualité de la souche de rhizobium [21] et aussi de la période d'apport de l'inoculum [5].

4-1. Effet de l'inoculation sur la croissance et la nodulation de *Acacia mangium* cultivé sur de la fibre de coco

L'étude de l'inoculation de *Acacia mangium* par *Bradyrhizobium* ORS cultivé sur de la fibre de coco ne montre notamment pas d'effet d'inoculation sur la croissance des plants de *Acacia mangium*. Nos résultats ont indiqué une hauteur moyenne de 11,2 cm sous le traitement non inoculé (D_{0R}) significativement différente de celle des plantes inoculées (8 à 10,5 cm). Cette augmentation de la croissance sous le traitement non inoculé pourrait être liée à la richesse en azote ($N > 2000 \text{ mgkg}^{-1}$), en potassium ($K > 39 \text{ mgkg}^{-1}$) et en phosphore ($P > 800 \text{ mgkg}^{-1}$) de la fibre de coco. Cette relative richesse en azote et en phosphore de la fibre de coco pourrait inhiber la symbiose *Bradyrhizobium* / *Acacia mangium* comme l'ont démontré des travaux antérieurs [18, 22] et par conséquent affecter la croissance des plants inoculés. En effet, selon ces auteurs, lorsque le milieu est riche en azote, la fixation de l'azote atmosphérique est ralentie et c'est l'assimilation minérale qui a lieu. La fixation symbiotique de l'azote atmosphérique ne s'établit que lorsque la teneur en azote dans le milieu se raréfie [22]. La plus forte production de biomasse constatée sous le traitement non inoculé (D_{0R}) que les traitements inoculés (D_{1R} ; D_{2R} et D_{3R}) serait facilitée par la richesse en azote ($N > 2000 \text{ mgkg}^{-1}$) ; en $K > 39 \text{ mgkg}^{-1}$ et en phosphore ($P > 800 \text{ mgkg}^{-1}$) de la fibre de coco qui sont des nutriments limitant la production végétale [23]. Par ailleurs, des observations similaires ont été faites au champ où une faible croissance de *Acacia mangium* inoculé par *Bradyrhizobium* a été constaté, dû à la forte teneur en azote des sols [24]. Toutefois, certains travaux réalisés sur le sol ont révélé que l'inoculation de l'*Acacia mangium* par *Bradyrhizobium* améliorait la croissance et la biomasse produite de la plante [1, 25]. Ces différents résultats contradictoires observés avec le sol comme substrat de culture [1, 24, 25] et également avec de la fibre de coco semble provenir de sa richesse en éléments nutritifs (N, P, K). Il apparaît donc que l'effet bénéfique de l'inoculation dépend surtout des conditions du milieu qui dans le cas de cette étude est la teneur en azote du substrat de culture (la fibre de coco), puisque cette richesse en azote semble inhiber l'efficacité de symbiose rhizobienne/Légumineuse. L'amélioration de la nutrition azotée et de la croissance de la plante en absence d'inoculation lorsque *A. mangium* est cultivé sur de la fibre de coco stipule qu'il n'est pas nécessaire d'inoculer les légumineuses particulièrement de *A. mangium* par des souches rhizobiennes lorsque le substrat de culture est riche en éléments nutritifs comme l'azote, comme c'est le cas de la fibre de coco. Ces résultats sont conformes à des récents travaux qui ont indiqué un ralentissement de la croissance de *Acacia mangium* inoculé

avec soit *Glomus intraradices* soit *Bradyrhizobium ORS* soit avec deux à la fois *Glomus intraradices* / *Bradyrhizobium ORS* lorsqu'il est cultivé sur de la fibre de coco [17], traduisant une inhibition de la symbiose rhizobienne mycorhizienne / Légumineuse probablement due à la nature du substrat (la fibre de coco), puisque l'établissement de la symbiose rhizobienne est très sensible aux conditions du milieu. Par ailleurs, la présence de nodules sous les traitements inoculés (D_{1R} ; D_{2R} et D_{3R}) avec 12 à 24 nodules/plant et sous le traitement non inoculé (D_{0R}) avec 9 nodules/plant laisse suggérer la présence de bactéries symbiotiques dans le substrat de culture qui favoriseraient la formation de nodosité racinaire. Nos travaux révèlent qu'il est nécessaire de stériliser la fibre de coco avant toute étude d'inoculation car elle pourrait contenir des souches autochtones capables de former des nodules autour des racines et également d'inhiber l'action de la souche exogène apportée, puisque l'établissement de la symbiose rhizobienne est très sensible aux effets de compétition bactériennes [22, 26]. Ces résultats sont similaires à ceux de certains auteurs qui ont constaté des nodules au niveau des traitements témoins non inoculés due probablement à des contaminations microbiennes au moment de l'expérience [1]. Cette étude a révélé une forte production de biomasse et une faible nodulation sous la plante non inoculée. La forte production de biomasse végétale constatée semble ne pas corrélérer avec la formation des nodules. D'autres recherches soupçonnent la présence de champignons mycorhiziens dans la fibre de coco qui pourrait être à l'origine de la forte production de biomasse [27, 28], car les nodules contribuent peu la production de la biomasse [29].

4-2. Effet de la période d'apport de la dose rhizobienne

Il s'agissait de déterminer la meilleure période (date) d'application de l'inoculum rhizobienne lorsque *Acacia mangium* est cultivé sur de la fibre de coco. Nos résultats ont indiqué que la dose de 10 mL de la souche rhizobienne *Bradyrhizobium* est apportée en deux étapes (5mL au repiquage puis 5mL une semaine après le repiquage, D_{2R}), améliore significativement ($p = 0,05$) les paramètres de croissance et de nodulation de *Acacia mangium*. Les faibles améliorations des paramètres de croissance (production de biomasse, quantité d'azote fixée) et de nodulation ont été constatées lorsque l'inoculum rhizobien est apporté en une seule fois (soit au moment du repiquage soit une semaine après le repiquage). Ceci pourrait être lié à la diminution de la croissance et de la survie des rhizobia apportés avant l'établissement de la symbiose légumineuse-souche apportée (cas du traitement D_{1R}) et pourrait également provenir de la compétition entre les souches autochtones du substrat de culture et la souche apportée affectant la symbiose (cas du traitement D_{3R}) ; puisque l'établissement de la symbiose rhizobienne est très sensible aux populations bactériennes compétitives [22]. Ce même constat a été fait dans des travaux antérieurs réalisés sur du sol comme le substrat de culture où les meilleurs paramètres de croissance et de nodulation ont été obtenus lorsque l'inoculation de *Acacia mangium* par *Bradyrhizobium japonicum* a été faite en deux étapes [28]. Il ressort de cette étude que l'apport en deux étapes de la souche rhizobienne semble être la meilleure technique d'inoculation de *Acacia mangium* lorsqu'il est cultivé sur de la fibre de coco.

5. Conclusion

La présente étude révèle que la richesse en éléments nutritifs en particulier en azote de la fibre de coco ralentit la croissance de *Acacia mangium* surtout lorsqu'il est inoculé par *Bradyrhizobium ORS*. L'amélioration de la nutrition azotée et de la croissance de la plante en absence d'inoculation lorsque *A. mangium* est cultivé sur de la fibre de coco stipule qu'il n'est pas nécessaire d'inoculer les légumineuses particulièrement de *A. mangium* par des souches rhizobiennes quand le substrat de culture est riche en éléments nutritifs comme l'azote. De plus, la présence de nodules observés sous les plants non inoculés a permis de soupçonner la présence des souches autochtones bactériennes et / ou fongiques dans la fibre de coco. La stérilisation de la fibre de coco avant son utilisation s'avère donc nécessaire dans les études de microbiologie. Par ailleurs, l'apport de la souche rhizobienne *Bradyrhizobium ORS* en deux étapes semble être la meilleure période d'inoculation de *Acacia mangium* lorsqu'il est cultivé sur de la fibre de coco.

Remerciements

Ce projet a été réalisé avec le soutien du MESRS de Côte d'Ivoire dans le cadre de la mise en œuvre du C2D par l'IRD. Cette étude, accomplie au Centre National Floristique (CNF), n'a été réalisable que grâce au CNF qui a mis à notre disposition un abri de culture pour la mise en place des expérimentations.

Références

- [1] - D. DIOUF, D. FALL, A. KANE, N. BAKHOUM, A. T. BA, A. M. Ba et R. DUPONNOIS, in : Duponnois Robin (ed.), Hafidi M. (ed.), Ndoeye I. (ed.), Ramanankierana H. (ed.), Bâ A.M. (ed.) " Des champignons symbiotiques contre la désertification : écosystèmes méditerranéens, tropicaux et insulaires", Marseille, IRD, (2013) 235 - 261 p.
- [2] - V DHAWAN and S. S. BHOJWANI, *Plant Soil*, Vol. 103, (1987) 274 - 276 p.
- [3] - A. GALIANA, K. A. N'GUESSAN, G. M. GNAHOUA, P. BALLE, B. DUPUY, A. M. DOMENACH et B. MALLET, *Bois et Forêts des Tropiques*, Vol. 249, (1996) 51 - 62 p.
- [4] - F. B. KAWTAR, B. HALIMA, E. G. NAIMA and I MOHAMED, *International Journal of Innovation and Applied Studies*, Vol. 8, Issue 1 (2014) 46 - 58 p.
- [5] - D. LESUEUR, Y. TRAORE, A. GALIANA et B. MALLET, *Bois et forêts des tropiques*, N°241-3e trimestre, (1994) 10 p.
- [6] - A. W. MEEROW, *HortScience*, Vol. 29, (1994) 1484 - 1486 p.
- [7] - G. COLLA, Y. ROUPHAEL, G. POSSANZINI, M. CARDARELLI, O. TEMPERINI and F. SACCARDO, *Acta horticulturae*, Vol. 747, (2007) 293 - 296 p.
- [8] - A. W. CRESSWELL, *Hortscience*, Vol. 29, Issue 12 (1992) 1484 - 1486 p.
- [9] - P. H. MOREL, L. PONCET et L. M. RIVIERE, Les supports de culture horticole. *INRA Editions*, (2000) 87 p.
- [10] - P. KENNEDY et P. J. VAN GEEL, *Transport in Porous Media*, Vol. 41, Issue 1 (2000) 47 - 60 p.
- [11] - DUGGAN-JONES, *The effect of coir particle size on yield of greenhouse tomatoes (Lycopersicon esculentum Mill.)*. Thesis of Horticultural Science at Massey University, Turitea, New Zealand, (2012) 138 p.
- [12] - M. ARENAS, C. S. VAVRINA, J. A. CORNELL, E. A. HALON and G. J. HOCHMUTH, *Hortscience*, Vol. 37, Issue 2 (2002) 309 - 312 p.
- [13] - S. MOKHTARI, M. R. ISMAIL, H. KAUSAR, M. H. MUSA, P. E. M. WAHAB, Z. BERAHIM, M. H. OMAR and S. H. HABIB, *Compost Science & Utilization*, Vol. 21, Issue 1 (2013) 16 - 21 p.
- [14] - H. A. EL-MARZOKY and M. A. ABDEL-SATTAR, *Arab Universities Journal of Agricultural Science*, Vol. 16, Issue 2 (2008) 481 - 492 p.
- [15] - E. HALLMAN and J. KOBRYN, *Acta Horticulturae*, Vol. 614, (2003) 693 - 697 p.
- [16] - M. H. JENSEN, P. A. RORABAUGH and A. M. GARCIA, *Procedure of American Society Plasticulture*, Vol. 27, (1998) 31 - 34 p.
- [17] - K. E-G. GNIMASSOUN, *Impact de la dose de fibre de coco et de l'inoculation avec les microorganismes symbiotiques (champignons mycorhiziens à arbuscules et rhizobium) sur la croissance des plants d'Acacia mangium*, Mémoire de Master 2 en Science du Sol, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte Ivoire, (2016) 45 p.
- [18] - D. DIOUF, R. DUPONNOIS, A. T. BA, M. NEYRA and D. LESUEUR, *Functional Plant Biology*, Vol. 32, Issue 12 (2005) 1143 - 1152 p.
- [19] - A. J. METSON, Methods of chemical analysis for soil survey samples. New Zealand D.S.I.R. *Soil Bureau, Bullentin*, N°12 (1956) 208 p.
- [20] - E. GIRAUD, Symbiose rhizobium/légumineuse: un nouveau sésame, *Medecine/Sciences*, Vol. 23, (2007) 663 - 664 p.

- [21] - F. BRUNCK, J-P. COLONNA, Y. R. DOMMERGUES, M. DUCOUSSO, A. GALIANA, Y. PRIN, Y. ROEDERER and B. SOUGOUFARA, *Bois et Forêts des Tropiques*, Vol. 223, (1996) 24 - 42 p.
- [22] - A. MOUAFEK, *La symbiose à rhizobia chez la fève (Vicia faba L.) et la luzerne (Medicago sativa L.) dans la région de Biskra*, Mémoire de Masters, Université Mohamed Khider Biskra, (2010) 59 p.
- [23] - F. NDOYE, A. KONE, N. BAKHOUMY, A. SANON, D. FALL, D. DIOUF, S.N. SYLLA, A. M. BÂ, M. O. SY and K. NOBA, *Agroforest System*, Vol. 87, (2013) 941 - 952 p.
- [24] - Y. R. DOMMERGUES, E. DUHOUX and H. G. DIEM, *Les arbres fixateurs d'azote: caractéristiques fondamentales et rôle dans l'aménagement des écosystèmes méditerranéens et tropicaux*, Montpellier, France, Rome, Italie, Paris, France, Cirad, *Éditions Espaces, Fao, IRD*, (1999) 500 p.
- [25] - T. GUISSOU et E. S. DA, Amélioration de la croissance et de la fixation: Étude de deux acacias australiens, *Acacia Holocercea* A. Cunn ex G. Don. et *Acacia mangium* Willd, In : Hamon Serge (ed.). *Des modèles biologiques à l'amélioration des plantes*. Paris (FRA); Montréal : IRD ; AUF, 409-424. (Colloques et Séminaires). Journées Scientifiques du Réseau AUF : Biotechnologies Végétales : Amélioration des Plantes et Sécurité Alimentaire, Montpellier (FRA), 7 (2001), www.documentation.ird.fr/hor/fdi:010028509, consulté en octobre 2018
- [26] - D. E. MARCO, J. P. CARBAJAL, S. CANNAS, R. PEREZ-ARNEDO, A. HIDALGO-PEREA, J. OLIVARES, J. E. RUIZ-SAINZ and J. SANJUAN, *Journal of Theoretical Biology*, Vol. 259 (2009) 423 - 433 p.
- [27] - DE VARENNES et GOSS, *Soil Biology Biochemistry*, Vol. 39, (2007) 2603 - 2607 p.
- [28] - G. KASCHUK, P. A. LEFFELAAR, K. E. GILLER, O. ALBERTON, M. HUNGRIA, T. W. KUYPER, *Soil Biology Biochemistry*, Vol. 42, (2010) 125 - 127 p.
- [29] - F. KARABONEYE, *Caractérisation de l'efficacité symbiotique de lignées africaines de soya à haute promiscuité*, Mémoire de Master en biologie végétale, Université Laval du Québec, Canada, (2013) 73 p.