

Marc DUCOUSSO

Trees for development in sub-Saharan Africa.
ICRAF HQ., NAIROBI, KENYA.

INFLUENCE DE LA DOUBLE INOCULATION RHIZOBIUM - GLOMUS MOSSEAE
SUR LA NODULATION ET LA CROISSANCE DE JEUNES ACACIA LAETA R. BR. EX BENTH.

Simon Badji, Marc Ducoussou, Daniel Thoen, et Jean Paul Colonna*
Direction Sylviculture, Reboisement, et Protection des Sols
Ministère Protection de la Nature, Dakar, Sénégal

* Laboratoire de Microbiologie des sols
Centre ORSTOM, BP 1386, Dakar, Sénégal

Résumé: Compte tenu de son intérêt socio-économique comme fournisseur de bois de feu, de bois d'oeuvre, de fourrage aérien et de gomme arabique, ainsi que de sa capacité à fixer l'azote de l'air et à améliorer les sols, l'*Acacia laeta* peut participer à la lutte contre la désertification et au reboisement au Sahel, en parallèle avec d'autres Légumineuses-arborescentes de zone semi-aride tel que l'*Acacia senegal*. Ici, sur sol sableux dégradé pauvre en phosphore assimilable et peu riche en azote, les effets des facteurs "stérilisation du sol" et "fertilisation biologique" ont été examinés. Le premier facteur intervient à deux niveaux: I) sol stérilisé, II) sol non stérilisé. Le second a quatre niveaux: 1. témoin sans aucune inoculation, 2. inoculation rhizobienne seule, 3. inoculation endomycorhizienne seule, 4. double inoculation rhizobienne et endomycorhizienne. Les paramètres rendant compte de la nodulation sont: le nombre de nodosités (N1) et leur masse sèche (N2); les paramètres de la croissance sont soit liés aux dimensions de la plante: diamètre au collet (C1), hauteur (C2), longueur de tiges (C3), nombre de noeuds de la tige (C4), soit liés à la biomasse sèche: masses des feuilles (C5), des tiges (C6), des racines (C7), totale (C8).

La "stérilisation du sol" a globalement un effet légèrement mais significativement dépressif sur tous les paramètres mesurés sauf deux. Ceci n'est pas étonnant puisque l'on élimine au départ tous les éléments biologiques fertilisants de ce sol: toutefois, les résultats correspondant à la double inoculation (4) se rejoignent sur sol stérilisé et sur sol non stérilisé, semblant établir l'intérêt de la souche rhizobienne ORS 1007. Le facteur "fertilisation biologique" présente un effet largement significatif sur tous les paramètres considérés. Le niveau 4 d'intervention de ce facteur (double inoculation) produit des résultats toujours significativement supérieurs à ceux du niveau 1 (témoin sans aucune inoculation); l'élévation des paramètres liés à l'accroissement des dimensions de la plante (C1 à C4) va de 30 à 60%; celle des paramètres liés à la biomasse (C5 à C8) atteint 75 à 130%. Pour la biomasse des nodosités, elle s'établit à 176% et pour leur nombre à 305%. Le niveau 4 donne aussi presque toujours des résultats significativement supérieurs à ceux du niveau 2: l'endomycorhization permet probablement à la symbiose rhizobienne de mieux s'exprimer. Les niveaux 2 et 3 d'intervention de ce facteur montrent des résultats intermédiaires, non significativement différents entre eux. L'inoculation rhizobienne seule d'une part, et l'inoculation endomycorhizienne seule d'autre part entraînent, chacune de leur côté, un mieux dans le développement de la plante: ce mieux est parfois significatif, mais c'est la conjonction du *Rhizobium* et de *Glomus mosseae* qui autorise la meilleure croissance. Les analyses d'azote, de phosphore et des autres éléments minéraux qui compléteront la signification de ce travail sont en cours.

Abstract: *Acacia laeta* is of socioeconomic importance as a source of firewood, timber, fodder, and gum arabic. It can also fix nitrogen from the air and improve the soil. For these reasons, it can be used in reversing desert encroachment and in the reforestation of the Sahel, together with other legume trees of the semi-arid zone, such as *Acacia senegal*. We worked with a degraded sandy soil, which was poor in both mineral nitrogen and available phosphorus, by applying the following treatments to sterilized and non-sterilized soils: a) controls without inoculation, b) *Rhizobium* inoculation alone, c) *Glomus mosseae* inoculation alone, and d) double inoculation with *Rhizobium* and *Glomus mosseae*. Parameters measured to assess nodulation were: number of nodules (N1) and their dry mass (N2). Growth parameters were either related to plant size, i.e. diameter of the collar (C1), height (C2), stem length (C3), number of nodes per stem (C4), or to dry biomass, i.e. leaf mass (C5), stem mass (C6), root density (C7), total mass (C8).

Soil sterility had, in total, a slight effect, but significantly decreased all but two of the parameters measured. This was not surprising because all the elements contributing to biological fertilization had been removed. Results from double inoculation trials were much the same on sterilized and on non-sterilized soils, which seems to confirm the value of *Rhizobium* strain ORS 1007. "Biological fertilization" has a significant effect on all the parameters studied. Treatment 4, double inoculation, systematically produced significantly better results than Treatment 1, control without inoculation. Improvements in growth parameters (C1 to C4) ranged from 30 to 60%, in biomass parameters (C5 to C8), between 75 and 130%. The biomass of nodules rose by 176%, and the number of nodules rose 305%. Treatment 4 almost always outdid Treatment 2, which means that endomycorrhizal inoculation probably enhances *Rhizobium* symbiosis. Treatments 2 and 3 produced more average effects that were not very different from each other. *Rhizobium* inoculation alone, or endomycorrhizal inoculation alone helped the plant grow better. The improvement in growth was, in some cases, significant but the best growth was obtained by combining *Rhizobium* and *Glomus mosseae*. To complete our study of significance levels, we are now analyzing nitrogen, phosphorus and other mineral elements.

Deux espèces du genre *Acacia* (Miller) fournissent la gomme arabique ou gomme dure (New, 1984). Ce produit végétal est recherché pour ses qualités organoleptiques par diverses industries, alimentaires ou non (C.C.I., 1978). Les aires d'extension naturelles de ces deux plantes s'étendent dans la zone soudano-sahélienne entre les 10ème et 17ème parallèles nord: l'*Acacia senegal* L. de Willd., producteur principal (I.T.C., 1983), est prépondérant dans l'ouest et l'*Acacia laeta* R. Br. ex Benth. se trouve à l'état spontané à l'est de cette zone (Giffard, 1966, 1974).

Si le Soudan maintient ses exportations annuelles de gomme arabique aux alentours de 40 000 tonnes, le Sénégal, après une année 1971 exceptionnelle, les a vues diminuer de 5 000 à environ 1 000 tonnes. Cette diminution est due à la régression de l'*A. senegal* qui a fortement souffert d'une longue période de sécheresse, de modifications climatiques défavorables et d'une surexploitation par l'homme et les animaux. Or, l'intérêt



industriel, commercial et socio-économique de ce produit naturel conduit à la reconstitution au Sénégal des plantations de gommiers.

Cet effort de reforestation, ou plutôt de plantation de vergers, qui présente aussi un intérêt écologique pour la lutte contre la désertification et pour l'amélioration des sols, pourrait ne pas reposer seulement sur l'espèce la mieux connue et la plus répandue, mais s'appuyer aussi sur l'introduction d'*A. laeta*. En effet, cette espèce résiste aux conditions édapho-climatiques du Sahel aussi bien que l'*A. senegal*, sinon mieux (Dione, communication personnelle).

Des études sont en cours pour créer des couples symbiotiques "*Acacia laeta* - *Rhizobium*" plus performants (Badji et al., 1988a, 1988b) et pour optimiser le fonctionnement de cette symbiose fixatrice d'azote (Badji et al., 1988c). C'est dans ce cadre que le présent travail tente de préciser l'influence des inoculations rhizobiennes et endomycorhiziennes comme facteurs de "fertilisation biologique", sur la nodulation et la croissance de jeunes *A. laeta*.

Matériels et méthodes

Les graines d'*A. laeta* ont été fournies par la Direction des recherches sur les productions forestières de l'Institut sénégalais de recherches agricoles. Après trempage dans SO_4H_2 concentré durant 14 minutes, elles sont rincées plusieurs fois à H_2O stérile, placées en prégermination sur vermiculite stérile pendant deux jours, puis transplantées sur le sol contenu dans les vases de végétation définitif.

Le sol sableux, dégradé, d'un type courant au Sénégal, a été prélevé dans les dunes proches de la localité de Kébemer. Ses principales caractéristiques sont les suivantes: argile = 3,3%; limon = 2,4%; sable = 94,3%; azote total = 170 ppm; phosphore total = ppm; phosphore assimilable (Olsen) = 11 ppm; pH = 4,2. On utilise, par vase de culture, 1,5 kg du mélange sol - billes de polystyrène (2/3 - 1/3, V/V).

L'expérience factorielle avec randomisation à l'intérieur des blocs comporte trois répétitions et deux facteurs contrôlés. Le premier facteur contrôlé est la "stérilisation du sol" avec deux niveaux: I.) sol stérilisé (autoclavage pendant une heure à 120°C.); II.) sol non stérilisé. Le second facteur contrôlé est la "fertilisation biologique" appliquée avec quatre niveaux: 1. témoin ne comportant aucune inoculation; 2. inoculation rhizobienne seule; 3. endomycorhizienne seule; 4. double inoculation par *Rhizobium* et *G. mosseae*. En fait, la combinaison des deux facteurs contrôlés soumet la plante à huit traitements différents.

L'inoculation rhizobienne intervient le lendemain de la mise en vase de culture; le sol supportant chaque plant reçoit 2 ml d'une culture contenant environ 10^9 *Rhizobium* appartenant à la souche ORS 1007. Cette souche à croissance rapide issue de nodosités fonctionnelles d'*A. laeta* est infective et efficace aussi sur *A. senegal* (Badji et al., 1988a); elle provient de la localité de M'Biddi.

L'inoculation endomycorhizienne, intervenant en même temps que l'inoculation rhizobienne est effectuée par introduction, au niveau et autour de la racine de la jeune plantule, d'un demi-gramme environ de racines finement coupées et fortement infectées par *G. mosseae*.

Chaque parcelle élémentaire comprend quatre plants et chaque résultat individuel correspond donc à la moyenne de quatre mesures. L'expérience a duré vingt-cinq semaines.

Les paramètres mesurés à la récolte pour rendre compte de la nodulation et de la croissance sont:

- N1 le nombre des nodosités formées par plant;
- N2 = la biomasse sèche des nodosités en mg par plant;
- C1 = le diamètre au collet en mm;
- C2 = la hauteur de la tige principale en mm;
- C3 = la longueur totale des tiges en cm;
- C4 = le nombre de noeuds des parties aériennes;
- C5 = la biomasse sèche des feuilles en mg par plant;
- C6 = la biomasse sèche des tiges en mg par plant;
- C7 = la biomasse sèche des racines en mg par plant;
- C8 = la biomasse sèche totale par plant.

L'endomycorhization est appréciée par la méthode semi-quantitative de Giovannetti et Mosse (1980) "slide method". La mesure de la fréquence d'infection a été réalisée sur cinquante brins racinaires à chaque fois.

Résultats et discussion

Le schéma expérimental utilisé permet de mettre en évidence, globalement, les effets des deux facteurs contrôlés (Tableaux 1 et 2), puis de déterminer si une interaction existe entre eux (Tableaux 3 et 4). La combinaison des deux facteurs contrôlés soumet la plante à huit "traitements" différents. L'examen, pour chaque paramètre, de l'écart type et de la plus petite différence significative moyenne (PPDS) donne une idée

de la signification de l'essai (Tableau 3). Les coefficients de variation (Tableau 3) apportent quelques renseignements utiles. Le niveau d'endomycorhization a été contrôlé, et est satisfaisant pour les plants inoculés par *G. mosseae*.

Il convient de garder présent à l'esprit que l'expérience se déroule en serre, en conditions non stériles; la stérilisation du sol au départ a pour but de tenter de mieux établir l'action du facteur "fertilisation biologique".

Effet du facteur "stérilisation du sol": Le nombre moyen de nodosités par plante (N1) est le même en sol stérilisé ou non. Ce nombre est évidemment le plus faible en sol stérilisé non inoculé (I,1) mais les divers "traitements" appliqués comportant des inoculations amènent une compensation en élevant ce paramètre, en sol stérilisé, un peu plus qu'en sol non stérilisé.

Tous les autres paramètres atteignent en sol non stérilisé (II) des valeurs supérieures (Tableau I) à celles obtenues en sol stérilisé (I). Cette augmentation n'est pas significative pour la biomasse racinaire (C7), bien qu'elle se situe à 19%. Elle est significative pour tous les autres paramètres et va de 10% à 75%. Le test de Newman-Keuls ($P = 0,05$) montre que l'on a pour tous ces paramètres deux groupes homogènes significativement différents. On doit remarquer que la variation est conséquente (+65%) pour la biomasse sèche des nodosités (N2).

Effet du facteur "fertilisation biologique": Si l'on examine globalement l'effet des quatre niveaux de "fertilisation biologique" sur l'ensemble de l'essai, on constate (Tableau 2) que, pour tous les paramètres sauf la biomasse sèche des feuilles (C5), le test de Newman-Keuls ($P = 0,05$) fait apparaître des différences largement significatives entre le témoin ne subissant aucune inoculation (1) et les plantes ayant subi la double inoculation (4).

Les valeurs atteintes dans ce dernier cas, exprimées en pourcentage du témoin, se situent: entre 140 et 160% pour les paramètres liés aux dimensions de la plante (C1, C2, C3 et C4); aux alentours de 200% pour ceux liés à la biomasse (C5, C6, C7 et C8); à 276% pour la biomasse des nodosités (N2) et à 405% pour le nombre de nodosités (N1).

L'inoculation endomycorhizienne seule (3) fournit, en général, des résultats significativement inférieurs à ceux de la double inoculation (4), significativement supérieurs à ceux du témoin sans inoculation (1), et non significativement différents de ceux de l'inoculation rhizobienne seule (2). Pour le nombre de nodosités (N1), il est ici normal d'obtenir un chiffre inférieur à celui de l'inoculation rhizobienne seule. Pour cette dernière (2), les résultats ne sont pas différents de ceux des niveaux 1 et 3 d'intervention du facteur "fertilisation biologique"; par contre, ils sont significativement inférieurs à ceux de la double inoculation (4), sauf pour les biomasses sèches des nodosités (N2) et des feuilles (C5).

En conclusion, on peut dire que l'apport de *Rhizobium* seul amène un accroissement du nombre des nodosités (N1) proportionnellement supérieur à l'accroissement des autres paramètres; tout se passe comme si ces nodosités ne développaient pas suffisamment leur biomasse et n'atteignaient pas un régime de fonctionnement suffisant; l'apport complémentaire d'endomycorhizes permet au couple symbiotique de mieux exprimer ses potentialités.

Interaction "stérilisation du sol X fertilisation biologique": Les résultats correspondant aux huit combinaisons des divers niveaux des deux facteurs contrôlés apparaissent au Tableau 3. La variation due à l'interaction entre ces deux facteurs n'est significative pour aucun des paramètres mesurés. Ceci veut dire que les quatre niveaux considérés de "fertilisation biologique" présentent ici un effet qui va dans le même sens en sol stérilisé (I) et en sol non stérilisé (II).

Il paraît toutefois nécessaire de souligner que, pour chaque paramètre, les accroissements obtenus en sol non stérilisé (II), exprimés en pourcentage des valeurs atteintes en sol stérilisé, diminuent en fonction de l'efficacité des divers niveaux d'intervention du facteur "fertilisation biologique". Un exemple explicitera cette remarque: pour le niveau 1 de "fertilisation biologique" (aucune inoculation), la longueur totale des tiges (C3) subit en sol non stérilisé une augmentation de 80% (Tableau 4, d'après Tableau 3) par rapport à ce qu'elle est en sol stérilisé; pour le niveau 2 (inoculation rhizobienne seule), cette augmentation n'est que de 54%; elle descend à 6% pour le niveau 3 (inoculation endomycorhizienne seule); elle est nulle pour le niveau 4 (double inoculation).

Ce schéma se répète pour chaque paramètre (Tableau 4); la variation, généralement positive, devient faible pour le niveau 4 (double inoculation) et peut même devenir négative, sans que cela soit significatif: pour ce niveau, le nombre des nodosités (N1) ou la biomasse des racines (C7) sont moins importants en sol non stérilisé (II) qu'en sol stérilisé (I).

En absence d'apport nouveau de micro-organismes (1): en sol stérilisé (I), les micro-organismes présents dans le sol au départ ont été détruits; la plante croît alors avec les seules ressources qu'elle peut tirer du sol par ses propres moyens; en sol non stérilisé, elle bénéficie des *Rhizobium* et des *endomycorhizes*

autochtones présents dans ce sol; la croissance stimulée par l'azote fixé et par les éléments minéraux prélevés par les filaments endomycorhiziens sera plus importante.

En présence d'un apport nouveau de micro-organismes (niveaux 2, 3 et 4), la population rhizobienne et endomycorhizienne du sol est accrue en sol non stérilisé (II) et se trouve reconstituée à des degrés croissants en sol stérilisé (I); elle arrive alors, dans ce dernier cas, à remplacer les populations d'origine; la plante croît alors aussi bien qu'en sol non stérilisé: l'écart de croissance entre les deux niveaux du facteur "stérilisation du sol" diminue.

Effet des huit combinaisons des deux facteurs contrôlés: Si l'on considère les effets des huit combinaisons des deux facteurs contrôlés, que l'on appellera "traitements" par simplification, les plus petites différences significatives donnent, pour chaque paramètre, une idée de leur signification (Tableau 3).

Par rapport au témoin, sans inoculation sur sol stérilisé (traitement I,1): les deux traitements avec double inoculation (I,4 et II,4) montrent des résultats largement supérieurs pour tous les paramètres; les deux traitements relatifs à l'inoculation endomycorhizienne seule (I,3 et II,3) fournissent des résultats du même ordre, avec une amplitude moins grande mais toujours significative, sauf pour les deux paramètres de la nodulation, ce qui est normal. Ceci établit l'intérêt des endomycorhizes qui, même à partir d'une nodulation moins importante permettent d'aboutir à une meilleure croissance, grâce vraisemblablement à leur rôle très probable sur l'alimentation minérale du couple symbiotique (Cornet et al., 1982); ce dernier point est en cours de vérification par ailleurs. Les deux traitements se rapportant à l'inoculation rhizobienne seule (I,2 et II,2) donnent, pour la croissance des résultats intermédiaires, supérieurs mais pas toujours significativement à ceux du témoin; le nombre de nodosités est plus élevé que pour les traitements 3, mais non leur masse; l'absence d'un apport endomycorhizien empêche la manifestation complète de l'action potentielle des *Rhizobium*. Enfin, sans inoculation sur sol non stérilisé (traitement II,1), le contenu microbiologique autochtone du sol permet un accroissement plus faible que pour les autres traitements, mais significatif, des paramètres de la croissance et aussi de la nodulation, sauf toutefois pour le nombre de nodosités.

Coefficients de variation: Les paramètres de la nodulation (N1 et N2) et la biomasse sèche des feuilles (C5) présentent les plus forts coefficients de variation; la signification des différences entre traitements sera plus difficile à établir pour eux. Pour la nodulation, ce fait doit être rapproché de la complexité plus grande des processus en jeu: pénétration des *Rhizobium*, établissement de la symbiose, formation des nodosités, modalités de leur croissance.

Pour ce paramètre C5, il faut considérer qu'il ne s'agit pas de toute la biomasse foliaire produite, mais seulement de celle qui est présente au moment de la récolte; les facteurs régissant la durée de vie des feuilles et entraînant leur chute sont complexes et provoquent une plus grande variabilité. Il est remarquable, par ailleurs, de constater que les trois autres paramètres liés à la biomasse présentent des variabilités identiques avec des coefficients de variation égaux à 22%. Ceci prouve, entre autres, qu'il n'y a eu que peu de pertes de racines à la récolte.

La même remarque peut-être faite pour les paramètres liés aux mesures de longueur (C2, C3 et C4) qui ont tous les trois des coefficients de variation de 16%. Enfin, c'est le diamètre au collet qui représente probablement la mesure la plus fiable, celle où la variabilité naturelle est la plus faible par rapport à la variation due aux "traitements" et aux facteurs contrôlés.

Conclusions

Huit traitements, correspondant aux combinaisons de deux facteurs contrôlés, ont été appliqués à de jeunes *A. laeta*, en sol sableux, dégradé, pauvre en éléments minéraux et particulièrement en phosphore assimilable.

Le premier facteur contrôlé est la "stérilisation du sol" avec deux niveaux: I. Sol stérilisé, II. Sol non stérilisé. Le second facteur contrôlé est la "fertilisation biologique" avec quatre niveaux: 1. aucune inoculation, 2. inoculation rhizobienne seule, 3. inoculation endomycorhizienne seule, 4. double inoculation rhizobienne et endomycorhizienne. Le niveau 1 sert de témoin. L'effet du facteur "stérilisation du sol" se traduit globalement par un accroissement significatif des paramètres mesurant la nodulation et la croissance en sol non stérilisé (II) par rapport au sol stérilisé, sauf pour le nombre de nodosités.

Cet accroissement est important pour le niveau 1 (aucune inoculation) du facteur "fertilisation biologique"; il diminue en fonction de l'efficacité des niveaux d'intervention de ce facteur, pour devenir à peu près nul avec le niveau 4 (double inoculation). Le niveau 4 du facteur "fertilisation biologique", soit la double inoculation, donne des résultats significativement supérieurs aux résultats du niveau 1 (aucune inoculation) pour tous les paramètres de la nodulation et de la croissance, sauf pour la biomasse sèche des feuilles.

Ces accroissements sont de l'ordre de:

- 150% pour les paramètres liés aux dimensions de la plante;
- 200 à 300% pour ceux liés à la biomasse;
- 400% pour le nombre de nodosités formées.

Les niveaux 2 (inoculation rhizobienne seule) et 3 (inoculation endomycorhizienne seule) fournissent des résultats intermédiaires, mais généralement supérieurs dans ce dernier cas. Il n'y a pas d'interaction significative entre les deux facteurs. Sur ce sol sableux, dégradé, pauvre en éléments minéraux, l'apport d'endomycorhizes permet donc au jeune couple symbiotique "*Acacia laeta* - *Rhizobium*" de mieux exprimer ses potentialités; ceci, probablement, en levant partiellement une déficience minérale comme celle du phosphore. On sait, en effet, que l'endomycorhization améliore l'alimentation en cet élément. Nos travaux se poursuivent sur ce point.

A la suite de ces résultats, il convient d'attirer l'attention sur le fait qu'il ne suffit pas de créer des couples symbiotiques performants en améliorant les deux partenaires mais qu'il faut aussi optimiser leur fonctionnement en éliminant, dans la mesure du possible, les facteurs limitants éventuels. C'est à ce prix que les résultats obtenus en laboratoire seront transposables en vraie grandeur, aux champs.

FACTEUR "STERILISATION DU SOL"	PARAMETRES MESURES									
	Nodulation		Croissance							
	N1	N2	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
I SOL STERILISE	12,5	168B	5,1B	31B	45B	26B	1254B	5564B	4946	11932B
II SOL NON STERILISE	12,8	277A	5,6A	36A	56A	34A	2199A	6839A	5907	15221A
A (II -I) x 100/I	+02	+65	+10	+16	+24	+31	+75	+23	+19	+28

Tableau 1. Effet du facteur "Stérilisation du sol" sur la nodulation et la croissance de jeunes *Acacia laeta*. N1 = nombre de nodosités; N2 = Biomasse sèche des nodosités; C1 = diamètre au collet en mm; C2 = Hauteur de la tige principale en cm; C3 = Longueur totale des tiges en cm; C4 = Nombre de noeuds des parties aériennes; C5 = Biomasse sèche des feuilles en mg; C6 = Biomasse sèche des tiges en mg; C7 = Biomasse sèche des racines en mg; (le tout pour un plant). Dans chaque colonne, les données suivies de la même lettre ou d'aucune lettre ne sont pas significativement différentes entre elles.

FACTEUR "FERTILISATION BIOLOGIQUE"	PARAMETRES MESURES										
	Nodulation		Croissance								
	N1	N2	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	
1 Aucune inoculation (témoin)	α	5,5c	118B	4,5c	30B	40B	23c	1310-	3917c	3609B	8954c
	B	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2 Inoculation rhizobienne	α	13,5B	195AB	5,2B	29B	47BC	28BC	1580-	5389BC	5012B	12176BC
	B	245	165	116	103	118	122	121	138	139	136
3 Inoculation endomycorhizienne	α	9,2BC	252AB	5,6B	35AB	52AB	31B	1729-	6439B	5370B	13789B
	B	167	214	124	117	130	135	132	164	149	154
4 Double inoculation	α	22,3A	326A	6,2A	40A	62A	37A	2286-	9061A	7715A	19388A
	B	405	276	138	13	155	161	175	231	214	217

Tableau 2. Effet du facteur "fertilisation biologique" sur la nodulation et la croissance de jeunes *Acacia laeta*. Paramètres mesurés = comme au tableau 1; dans chaque colonne les données suivies de la même lettre ou d'aucune lettre ne sont pas significativement différentes entre elles; α = valeurs mesurées; B = valeurs précédentes exprimées en pourcentage du témoin.

TRAITEMENTS	PARAMETRES MESURES**											
	(F1*)	(F2*)	Nodulation		Croissance							
			N1	N2	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
Aucune inoculation sol stérilisé (témoin)	I	1	3,7	34	4,2	25	29	17	711	2675	2236	567
Aucune inoculation sol non stérilisé	II	1	7,3	201	4,9	35	51	30	1911	5158	4982	12251
Inoculation rhizobienne seule, sol stérilisé	I	2	12,3	128	4,8	28	37	21	915	4440	4402	985
Inoculation rhizobienne seule, sol non stérilisé	II	2	14,7	263	5,5	31	58	36	2245	6338	5621	14468
Inoculation endomycorhizienne seule, sol stérilisé	I	3	10,0	1,93	5,3	32	51	30	1371	5994	5176	1273
Inoculation endomycorhizienne seule, sol non stérilisé	II	3	8,3	311	5,8	37	54	31	2087	6883	5564	14845
Double inoculation, sol stérilisé	I	4	24,0	319	6,0	38	62	35	2018	9147	7971	19455
Double inoculation sol non stérilisé	II	4	20,7	332	6,4	41	62	39	2555	8975	7459	19321
<i>Ecarts types</i>			3,9	93	0,4	5,3	7,9	4,7	639	1370	1225	2983
<i>Plus petites différences significatives</i>			6,9	163	0,7	9,3	13,8	8,3	1116	2316	2139	5092
<i>Coefficients de variation (%)</i>			31	42	7	16	16	16	37	22	22	22

Tableau 3. Valeurs des différents paramètres pour chacun des huit "traitements": *F1 = Facteur 1; *F2 = Facteur 2; ** N1 = Nombre de nodosités par plant; N2 = Biomasse sèche des nodosités par plant; C1 = Diamètre au collet en mm; C2 = Hauteur en cm; C3 = Longueur totale des tiges en cm; C4 = Nombre de nœuds des tiges; C5 = Biomasse sèche des feuilles en mg; C6 = Biomasse sèche des tiges en mg; C7 = Biomasse sèche des racines en mg; C8 = Biomasse sèche totale par plant en mg.

FACTEUR "FERTILISATION BIOLOGIQUE"	PARAMETRES MESURES									
	Nodulation		Croissance							
	N1	N2	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
1 Aucune inoculation (témoin)	97	491	17	40	76	76	169	93	123	117
2 Inoculation rhizobienne	20	105	15	11	57	71	145	43	28	46
3 Inoculation endomycorhizienne	-17	61	9	16	6	0	52	15	7	17
4 Double inoculation	-14	4	7	8	0	11	27	-2	-6	-1

Tableau 4. Ecart entre les valeurs correspondant au niveau I (sol stérilisé) et au niveau II (sol non stérilisé) du facteur "stérilisation du sol", pour chaque niveau du facteur "fertilisation du sol" et pour chaque paramètre (Calculs faits à partir du Tableau 3; exemple pour le paramètre N1, niveau I: $(7,3-3,7) \times 100/3,7 = 97$).

Références bibliographiques

- Badji, S., Ducouso, M., Gueye, M., et Colonna, J.P. (1983a). Fixation biologique de l'azote et possibilité de nodulation croisée chez les deux espèces d'*Acacias* producteurs de gomme dure: *Acacia senegal* L. Willd. et *Acacia laeta* R. Br. ex Benth. *C.R. Acad. Sci., Sér. III*, 307. pp. 663-668.
- Badji, S., Ducouso M., Gueye M. et Colonna, J.P. (1983b). Effets de l'inoculation par diverses souches de *Rhizobium* du Sénégal sur les deux principaux acacias gommiers, en culture semi-aseptique. In "IIIème Symposium sur le Gommier et la Gomme arabique (SYGGA III)", 25-28 Oct. 1988, Saint Louis du Sénégal, sous presse.
- Badji, S., Thoen, D., Ducouso, M., et Colonna, J.P. (1983c). Effect of the addition of phosphorus with *Rhizobium* inoculation on the nodulation and growth of two species of gum arabic trees. "IIIème Conférence de l'Association Africaine pour la Fixation Biologique de l'Azote (AABNF)". 7-12 Nov. 1988, Dakar, sous presse.
- Centre du Commerce International, CNUCED-GATT (1978). *Le Marché de la Gomme Arabique*. CNUCED Ed. Genève. 181 pp.
- Cornet, F. et Diem, H.G. (1982). Etude comparative de l'efficacité des souches de *Rhizobium* d'*Acacia* isolées de sols du Sénégal et effet de la double symbiose *Rhizobium-Glomus mosseae* sur la croissance d'*Acacia holosericea* et d'*Acacia raddiana*. *Bois et Forêts des Tropiques*. 198, 3-15.
- Giffard, P.L. (1966). Les Gommiers: *Acacia senegal* Willd., *Acacia laeta* R. Br. *Bois et Forêts des Tropiques*. 105, 21-32.
- Giffard, P.L. (1974). L'arbre dans le paysage sénégalais. *Sylviculture en zone tropicale sèche*. C.T.F.T., Ed., Dakar. 432 pp.
- Giovannetti M. et Mosse, B. (1980). An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytol.*, 84, 489-500.
- International Trade Center, UNCTAD-GATT, (1983). *The Gum Arabic market and the development of production*. UNCTAD-ITC, Geneva, New York, 170 pp.
- New, T.R., (1984). *A biology of Acacia*. Oxford University Press, Melbourne. 153 pp.

