

**Amadou SARR<sup>1</sup>**  
**Aliou FAYE<sup>2</sup>**  
**Abdallah OIHABI<sup>3</sup>**  
**Mouhamed A. J. O. HOUEÏBIB<sup>4</sup>**  
**Marc NEYRA<sup>5</sup>**  
**Didier LESUEUR<sup>2,6</sup>**

<sup>1</sup> Cirad-forêt  
 Programme arbres et plantations  
 Laboratoire commun de microbiologie  
 (Ird-Ucad-Isra), Upr 80  
 Centre de Bel Air  
 BP 1386, Dakar  
 Sénégal  
 Université Cadi Ayyad  
 Faculté des sciences Semlalia  
 BP 520, Marrakech  
 Maroc

<sup>2</sup> Cirad-forêt  
 Programme arbres et plantations  
 Laboratoire commun de microbiologie  
 (Ird-Ucad-Isra), Upr 80  
 Centre de Bel Air  
 BP 1386, Dakar  
 Sénégal

<sup>3</sup> Université Cadi Ayyad  
 Faculté des sciences Semlalia  
 BP 2390, Marrakech  
 Maroc

Adresse actuelle :  
 National Date Research and Development  
 PO Box 4331, 982 Al Hofur  
 Kingdom of Saudi Arabia

<sup>4</sup> Faculté des sciences et techniques  
 BP 5026, Nouakchott  
 Mauritanie

<sup>5</sup> Ird, Ur 040  
 Laboratoire commun de microbiologie  
 (Ird-Ucad-Isra), Upr 80  
 Centre de Bel Air  
 BP 1386, Dakar  
 Sénégal

<sup>6</sup> Adresse actuelle : Cirad-forêt, Upr 80  
 Tropical Soil Biology and Fertility Institute  
 (TSBF) / CIAT  
 C/o World Agroforestry Centre (ICRAF)  
 UN Av., Gigiri  
 PO Box 30677, Nairobi  
 Kenya

# Inoculation en station et au champ d'*Acacia senegal* avec des souches sélectionnées de *Rhizobium*



**En inoculant des gommiers** jeunes ou adultes avec des souches sélectionnées de *Rhizobium*, des résultats encourageants ont été obtenus aussi bien en station que dans les conditions naturelles du Ferlo, au Sénégal. Cette pratique devrait procurer des gains significatifs en termes de croissance des arbres et de production de gomme aux populations locales qui vivent de ces activités.

*Acacia senegal* dans la zone de Rotto (département de Dahra, Sénégal).  
*Acacia senegal in the Rotto area (Dahra département, Senegal).*  
 Photo D. Lesueur.

A. SARR, A. FAYE, A. OIHABI,  
M.A.J.O. HOUEIBIB, M. NEYRA,  
D. LESUEUR

## RÉSUMÉ

### INOCULATION D'ACACIA SENEGAL EN STATION ET AU CHAMP AVEC DES SOUCHES SÉLECTIONNÉES DE RHIZOBIUM

L'article présente des résultats obtenus après inoculation d'*Acacia senegal*, en station et au champ, avec des souches sélectionnées de *Rhizobium*. En station, l'effet de l'inoculation a été évalué sur la croissance de jeunes plants d'*A. senegal* cultivés pendant trois mois en pépinière, puis transplantés dans des conditions hydriques non limitantes. Les résultats obtenus 17 mois après la plantation montrent nettement que l'inoculation avec un mélange de souches améliore significativement la croissance de l'arbre. Une majorité de nodosités était occupée par l'une des souches de *Rhizobium* présentes dans le mélange (Cirad F 301). Ensuite, l'inoculation a été réalisée dans une plantation d'*A. senegal* (région de Louga, département de Dahra, Sénégal) avec ce même mélange de souches de *Rhizobium* au début de la saison des pluies et son impact estimé sur la production de gomme de la campagne suivante. La récolte de gomme sur les arbres inoculés est supérieure à celle obtenue sur les arbres non inoculés. Cependant, l'analyse statistique montre que cette différence n'est pas significative. Au travers des résultats obtenus en station et dans les conditions naturelles du Ferlo, la pratique systématique de l'inoculation des arbres gommiers (jeunes ou adultes) avec des souches sélectionnées de *Rhizobium* devrait permettre des gains de croissance et de production de gomme arabique très significatifs pour les populations locales qui vivent de ce type d'activités.

**Mots-clés :** *Acacia senegal*, inoculation, *Rhizobium*, compétitivité, gomme arabique.

## ABSTRACT

### IN-STATION AND IN-FIELD INOCULATION OF ACACIA SENEGAL WITH SELECTED STRAINS OF RHIZOBIUM

This article describes the results obtained after inoculation of *Acacia senegal*, in station and in the field, with selected strains of *Rhizobium*. In station, the effect of inoculation was assessed from the growth of young *A. senegal* saplings grown in a nursery for 3 months and planted out under non-limiting moisture conditions. The results obtained 17 months after planting clearly show that inoculation with a mixture of strains significantly improves tree growth. Most root nodules contained one of the *Rhizobium* strains present in the mixture (Cirad F 301). Trees were then inoculated with the same mixture of *Rhizobium* strains at the start of the rainy season, in a plantation of *A. senegal* (Louga region, Dahra département, Senegal). The impacts were assessed from the production of gum in the next tapping season. Gum yields from inoculated trees were higher than from non inoculated trees. However, statistical analysis showed that the difference was not significant. Based on the results obtained in-station and under natural conditions in the Ferlo area, systematic inoculation of gum trees (juvenile or adult) with selected strains of *Rhizobium* should significantly improve tree growth and gum arabica yields for local populations whose livelihoods depend on activities of this type.

**Keywords:** *Acacia senegal*, inoculation, *Rhizobium*, competitiveness, gum arabica.

## RESUMEN

### INOCULACIÓN EN ESTACIÓN Y EN CAMPO DE ACACIA SENEGAL CON CEPAS SELECCIONADAS DE RHIZOBIUM

El artículo presenta los resultados obtenidos tras inoculación de *Acacia senegal*, en estación y en campo, con cepas seleccionadas de *Rhizobium*. En estación, el efecto de la inoculación se evaluó en el crecimiento de plantas jóvenes de *A. senegal* cultivadas durante tres meses en vivero y, luego, trasplantadas en condiciones hídricas no limitantes. Los resultados obtenidos 17 meses después de la plantación muestran claramente que la inoculación con una mezcla de cepas mejora significativamente el crecimiento del árbol. La mayoría de los nódulos estaba ocupada por una de las cepas de *Rhizobium* presentes en la mezcla (Cirad F 301). A continuación, se realizó la inoculación en una plantación de *A. senegal* (región de Louga, departamento de Dahra, Senegal) con la misma mezcla de cepas de *Rhizobium*, al inicio de la temporada de lluvias, y se evaluó su impacto en la producción de goma de la campaña siguiente. La cosecha de goma en los árboles inoculados es superior a la obtenida en los árboles no inoculados. Sin embargo, el análisis estadístico muestra que esta diferencia no es significativa. A través de los resultados obtenidos en la estación y en las condiciones naturales del Ferlo, la práctica sistemática de la inoculación de los árboles gomeros (jóvenes o adultos) con cepas seleccionadas de *Rhizobium* debería incrementar considerablemente el crecimiento y la producción de goma arábica beneficiando a las poblaciones locales que viven de este tipo de actividades.

**Palabras clave:** *Acacia senegal*, inoculación, *Rhizobium*, competitividad, goma arábica.



## Introduction

Le genre *Acacia* appartient à la sous-famille des *Mimosoideae* de la famille des *Leguminosae*. Plus de 1 200 espèces composent ce genre. *Acacia senegal* est un arbre typique du Sahel. Il est caractéristique des zones sèches situées au sud du Sahara, depuis les côtes mauritaniennes et sénégalaises jusqu'à la Somalie. En Mauritanie et au Sénégal, le bois lourd d'*A. senegal* est préféré en tant que combustible (bois de feu ou de charbon) au bois d'*A. tortilis* et d'autres espèces ligneuses. Les feuilles et les gousses sont riches en protéines digestibles (10-13 %) et constituent une source importante de fourrage en saison des pluies et au début de la saison sèche (VON MAYDELL, 1983).

On peut aussi utiliser cette espèce pour les projets de revégétalisation et pour la fixation des dunes. Au Soudan, *A. senegal* a été utilisé dans des systèmes agroforestiers, en combinaison avec des cultures maraîchères, des plantes fourragères annuelles et des céréales comme le mil (ANDERSON, SINCLAIR, 1993). Outre ces caractéristiques, *A. senegal* est la principale espèce productrice de gomme. Il fournit plus de 90 % de la gomme arabique mise sur le marché. C'est la seule gomme d'acacia alimentaire, car elle ne contient aucun produit toxique (VON MAYDELL, 1983).

*A. senegal*, comme d'autres légumineuses, est capable de s'associer avec des micro-organismes symbiotiques (rhizobium, champignons endomycorhiziens) pour former une symbiose qui permet un meilleur développement de l'arbre en améliorant sa nutrition minérale (nutrition azotée, essentiellement). Les rhizobiums aptes à s'associer avec *A. senegal* sont actuellement regroupés au sein de quatre genres : *Mesorhizobium*, *Rhizobium*, *Sinorhizobium* et *Bradyrhizobium*. Ce sont les espèces appartenant aux trois premiers genres qu'on retrouve régulièrement associées à *A. senegal*. L'évolution des techniques de biologie moléculaire a permis la description de nouvelles espèces de

*Rhizobium* nodulant *A. senegal* (DE LAJUDIE *et al.*, 1994, 1998 ; NICK *et al.*, 1999). Une étude de taxonomie polyphasique réalisée par DE LAJUDIE *et al.* (1994, 1998) a montré que, dans des sols de plusieurs sites du Sénégal, il y avait naturellement des souches natives de *Rhizobium* capables de noduler *A. senegal*. Ces mêmes auteurs ont montré que ces souches appartenaient à deux groupes de *Rhizobium* à croissance rapide : le genre *Sinorhizobium* (*S. teranga*, *S. sahelii*) et le genre *Mesorhizobium* (*M. plurifarum*). Dans la littérature, il apparaît qu'*A. senegal* est le plus souvent associé au genre *Sinorhizobium*. Ainsi NICK *et al.* (1999) ont montré qu'*A. senegal* était nodulé, au Soudan et au Kenya, par *S. sahelii* et *S. teranga* ainsi que deux nouvelles espèces, *S. arboris* et *S. kostiense*.

Plusieurs auteurs ont mis en évidence que l'inoculation d'*A. senegal* avec des souches efficaces de *Rhizobium* avait un effet stimulateur sur la croissance des plantes en chambre de culture ou en pépinière (BADJI *et al.*, 1988 ; COLONNA *et al.*, 1991 ; RÄSÄNEN *et al.*, 2001). En revanche, CAZET (1989) n'a pu démontrer un effet significatif de l'inoculation sur la croissance des plants d'*A. senegal* en pépinière sur un sol

très sableux. Selon l'auteur, l'absence de réponse à l'inoculation pourrait être due à la présence dans le sol de nombreuses souches natives compétitives mais peu efficaces.

Dans chacune de ces études, il ne s'agissait que d'inoculations de jeunes arbres, mais pas d'arbres d'adultes. Or, il existe de nombreux peuplements naturels ou plantations exploitées pour la production gommère par les populations locales dont les arbres qui les composent n'ont pu bénéficier d'une inoculation avec des symbiotes sélectionnés. Il serait intéressant d'évaluer l'impact que peut avoir, en conditions naturelles, une inoculation d'individus adultes d'*A. senegal* en termes de production de gomme arabique.

C'est pourquoi nous avons évalué au champ l'effet de l'inoculation d'*A. senegal* avec un mélange de souches de *Rhizobium* sélectionnées pour leur efficacité symbiotique, ce qui n'avait pas encore été réalisé. Nous avons également mis en place et suivi en conditions naturelles, dans la région de Louga (département de Dahra), un essai d'inoculation d'arbres adultes d'*A. senegal* en vue d'évaluer l'effet de cette inoculation sur la production de gomme lors de la campagne qui a suivi l'inoculation.



Saigneurs de gomme arabique au sein d'une plantation d'*Acacia senegal*, dans le département de Dahra (Sénégal).  
*Arabic gum tappers in an Acacia senegal plantation in the Dahra département (Senegal).*  
Photo D. Lesueur.

## Inoculation en pépinière, transfert des plants en station et croissance

Dans cette partie, nous expliquerons comment les plants d'*A. senegal* ont été produits, cultivés en pépinière, inoculés avec les souches de *Rhizobium*, puis transférés en station, en détaillant les mesures et calculs retenus afin d'apprécier l'effet de l'inoculation sur la croissance des arbres.

### Souches de *Rhizobium*, matériel végétal utilisé et production de plants

Les souches de *Rhizobium* ont été isolées à partir de nodules d'*A. senegal* récoltés dans différentes régions du Sénégal. Les nodules ont été désinfectés avant d'être écrasés dans de l'eau stérile afin d'en isoler les souches de *Rhizobium* qu'ils contiennent. Pour cela, le broyat a été étalé à la surface d'une boîte de Petri contenant du milieu *Yeast Extract Mannitol Agar* (VINCENT, 1970). Les cultures parfaitement pures ont ensuite été stockées à  $-80^{\circ}\text{C}$  dans un mélange d'eau distillée stérile et de glycérol (20 %). Les souches avec lesquelles nous avons travaillé sont Cirad F300, Cirad F301, Cirad F302 et Cirad F303, qui ont été isolées respectivement de Kebemer, Camberene, Yoff et Bambey. Ces souches ont été analysées par Pcr-Rflp au niveau de l'espace intergénique 16S-23S (igs) et leur profils igs ont été déterminés (figure 1).

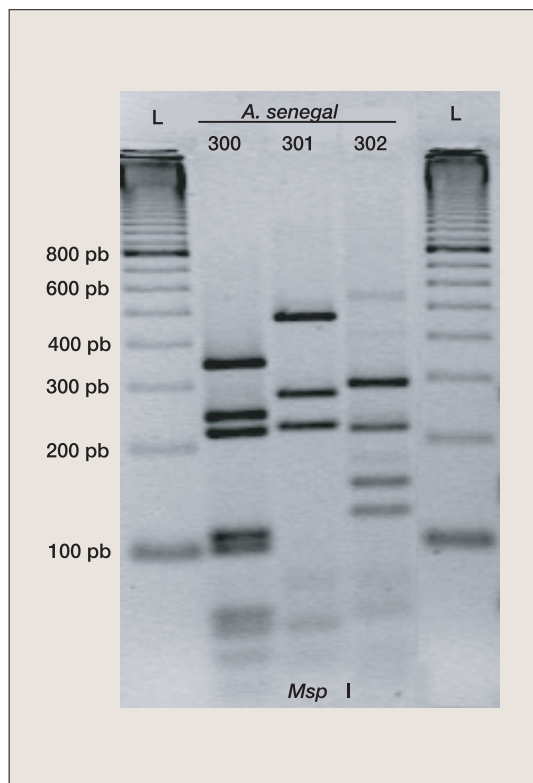
Nous avons testé les provenances suivantes d'*A. senegal* au cours de notre expérimentation : Sinthiou (Isra/Drpf, lot de graines n° 00/0427/D), Velingara (Isra/Drpf, lot de graines n° 99/0378/D), Velingara (Isra/Drpf, lot de graines n° 99/0280/D), Bel Air (Ird, 2000) et Daga Diouf (Isra/Drpf, lot de graines n° 99/0330/D). Les graines ont été scarifiées dans de l'acide sulfurique concentré pendant 14 min, puis elles ont été rincées plusieurs fois avec de l'eau stérile avant d'être mises à germer pendant 48 h dans de l'eau gélifiée stérile à 8 g/l d'Agar. Après germination, les plantules ont été repiquées dans des sachets plastique de pépinière (17 cm x 9,5 cm) contenant environ 500 g de sol non stérilisé de Sangalkam légèrement humidifié. La composition physico-chimique de ce sol est la suivante : argile 3,6 %, limons 1,6 %, limons fins 2,9 %, sable fin 51 %, sable grossier 40,9 %, matière organique 0,43 %, carbone 0,25 %, phosphore total 5,15 g par kg de sol, azote total 0,21 ‰ ; C/N = 11,9 ; pH-H<sub>2</sub>O = 5,7. Une semaine

après le repiquage, les jeunes plantes ont été inoculées avec 5 ml de culture bactérienne contenant les quatre souches qui composent le mélange (Cirad F300, Cirad F301, Cirad F302 et Cirad F303), sachant que la quantité de cellules de chaque souche a été ajustée à une même valeur ( $1 \times 10^9$  cellules de *Rhizobium* par ml).

### Préparation des nodules pour l'amplification de la région igs

L'échantillonnage des nodules récoltés en vue de l'analyse moléculaire est décrit dans le tableau I. Le protocole de mise au point par ROUVIER *et al.* (1996) a été utilisé. Les nodules ont été aseptisés avec de l'éthanol 96° (30 s à 1 min) puis avec l'hypochlorite de calcium saturé (CaCl<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) pendant 4 à 8 min. Les nodules ont été ensuite abondamment rincés dans de l'eau déminéralisée puis échantillonnés individuellement dans des tubes Eppendorf (1,8 ml) et broyés avec des potsers en plastique (Poly Labo, Merck EuroLab) dans 200 µl d'eau distillée stérile ; 50 µl du broyat ont été conservés dans un congélateur à  $-20^{\circ}\text{C}$  pour isoler d'éventuelles souches de rhizobiums natives présentes dans les nodules. Puis 150 µl de tampon d'extraction (0,2 M Tris-HCl [pH 8], 0,04 M Edta [pH 8], 2,8 M NaCl ; 4 % hexadécyl triméthyl ammonium bromide [w : v] ; 2 % polyvinyl pyrrolidone [w : v]) ont été rajoutés au broyat de nodules.

Le mélange de broyat de nodules et de tampon d'extraction a été incubé à  $65^{\circ}\text{C}$  pendant 1 h et centrifugé pendant 10 min à 13 000 rpm. Le surnageant a été récupéré dans un autre tube Eppendorf dans lequel 150 µl de phénol-chloroforme alcool isoamylique (25 : 24 : 1 ; v : v : v) ont été ajoutés. Après de petites inversions, on a procédé à une centrifugation à 15 000 rpm pendant 10 min à température ambiante. Les traces de phénol ont été enlevées par ajout de 150 µl de chloroforme alcool isoamylique (24 : 1 ; v : v), suivi par une cen-



**Figure 1.**

Les profils Rflp des souches utilisées pour l'inoculation d'*A. senegal*. Les fragments Pcr ont été digérés par l'enzyme de restriction *Msp I* (Amersham Live Sciences). L : marqueur de poids moléculaire 100 pb (Pharmacia Biotech) ; 300 : Cirad F 300 ; 301 : Cirad F 301 ; 302 : Cirad F 302. *Rflp profiles for the strains used to inoculate A. senegal. Pcr fragments were digested by the Msp I restricting enzyme (Amersham Live Sciences): molecular weight marker 100 pb (Pharmacia Biotech); 300: Cirad F 300; 301: Cirad F 301; 302: Cirad F 302.*



**Tableau I.**  
Échantillonnage des nodules récoltés sur les arbres des différentes provenances d'*A. senegal*, 17 mois après plantation, dans le centre Ird/Isra de Bel Air, sous irrigation.

Provenance	Arbres inoculés	Arbres non inoculés
Bel Air	20	0
Sinthiou Fissa	8	10
Velingara 0280	20	5
Velingara 0378	20	0
Daga Diouf	7	0
Total	45	15



Exsudation de gomme arabique dans la région du Ferlo (Sénégal).  
*Arabic gum exudates, Ferlo region (Senegal).*  
Photo D. Lesueur.

trifugation à 13 000 rpm pendant 15 min. L'Adn a été précipité avec de l'isopropanol (1 volume) pendant 10 min à  $-20^{\circ}\text{C}$ . Le culot d'Adn a été rincé avec de l'isopropanol (v : v), puis séché à l'aide d'un speedvac. L'Adn a été ensuite resolubilisé dans 25  $\mu\text{l}$  d'eau ultrapure. La pureté et la quantité d'Adn extraite ont été estimées par un spectrophotomètre (Pharmacia Biotech) avec des longueurs d'onde variant de 200 nm à 340 nm. Les échantillons d'Adn ont été conservés à  $-20^{\circ}\text{C}$  pour des analyses ultérieures.

### Analyse de l'Adn par Pcr-Rflp

#### Région intergénétique 16S-23S

La région intergénétique 16S-23S (Igs) est une région très variable de l'Adn. Elle est située entre les gènes codant pour les Arn ribosomaux 16S et 23S qui sont eux très conservés.

#### Amplification de l'Adn

L'espace intergénétique entre l'Adnr 16S et le 23S a été amplifié par Pcr avec les amorces FGPS1490-72 ; 5'-TGCGGCTGGATCCCTCCTT-3' (NORMAND *et al.*, 1996) et FGPS132'-38 ; 5'-CCGGGTTTCCCCATTCGG-3' (PONSONNET, NESME, 1994). La réaction d'amplification se fait dans un volume total de 25  $\mu\text{l}$  contenant, pour chaque réaction, une bille lyophilisée (*Ready-to-go PCR beads*, Pharmacia Biotech) renfermant 1,5 U de Taq polymérase, 10 mM Tris-HCl (pH 9 à la température ambiante), 50 mM KCl, 1,5 mM  $\text{MgCl}_2$ , 200  $\mu\text{M}$  de chaque dNtp, 1 M de chaque amorce et 2  $\mu\text{l}$  d'une suspension bactérienne. Un témoin négatif sans Adn est inclus dans l'expérience. Afin de visualiser les produits de l'amplification, 5  $\mu\text{l}$  du mélange réactionnel, auquel nous avons ajouté 3  $\mu\text{l}$  de bleu de charge, ont été déposés sur un gel d'agarose (Sigma, La Verpillière, France) 1 % (w : v). Après 1 h de migration à 80 V/cm dans une cuve horizontale contenant du Bet (bromure d'éthidium, 1  $\mu\text{g}$  m/l), le gel est photographié sous UV avec le Gel Doc (Bio-Rad).

### Analyse du polymorphisme des fragments de restriction (Rflp)

La Rflp consiste à couper l'amplifiat par différentes endonucléases de restriction (5'-C/CGG-3' pour *Msp* I et 5'-GG/CC-3' pour *Hae* III). Chaque endonucléase génère un profil de restriction type. L'amplifiat sera donc caractérisé par une combinaison de profils types obtenus pour plusieurs endonucléases. Un groupe Pcr/Rflp comprend des souches dont les fragments amplifiés auront les mêmes combinaisons de profils types. Une aliquote de 8 à 10 µl de chaque produit Pcr amplifié a été digérée avec des endonucléases de restriction (*Msp* I et *Hae* III ; 5 U par réaction) à 37 °C pendant au moins 2 h. Les fragments d'Adn digérés ont été séparés par électrophorèse horizontale sur gel d'agarose 2,5 % (w : v) Metaphor® (FMC Bioproduct, Rockland, Maine) dans un tampon Tbe sous une tension de 2,5 volt/cm pendant 3 h avec Electrophoretic Gel System-Maxicell EC360 M (E-C Apparatus Corporation). Après migration, les gels ont été colorés comme décrit précédemment. L'estimation de la taille des bandes a été réalisée visuellement avec le logiciel GelAnalyse (NEYRA, non publié).

### Dispositif expérimental

Après trois mois de culture en pépinière, les plants ont été transférés dans une parcelle du centre Isra/Ird de Bel Air, dont la composition du sol est la suivante : 5,20 % d'argiles, 1,80 % de limons, 2 % de limons grossiers, 66,5 % de sable fin, 24,5 % de sable grossier, 0,62 % de matière organique, 0,36 % de carbone, 39,55 g de phosphore total par kg de sol, 0,44 ‰ d'azote ; C/N = 8,18 ; pH-H<sub>2</sub>O = 8,20. Le dispositif utilisé comporte deux blocs séparés par 4 m comprenant à chaque fois deux traitements : un lot d'arbres inoculés et un lot d'arbres non inoculés, distants tous les deux de 3 m. Au sein de chaque traitement, 10 plants de chaque provenance ont été distribués de manière randomisée avec un écartement de 2 m entre les arbres. Des paramètres de croissance ont été mesurés au sein de chaque bloc à des intervalles réguliers. Environ 17 mois après la plantation (495 jours exactement), tous les arbres ont été coupés afin d'évaluer leur biomasse totale. L'ensemble de ces résultats a été analysé statistiquement à l'aide du logiciel Super Anova, en effectuant une analyse de variance à trois facteurs (inoculation, provenance et bloc).

## Inoculation d'arbres de dix ans et production gommière

### Description du site

Dans la localité de Rotto (département de Dahra), la parcelle a été mise en place en 1993, sur un financement de l'Union européenne, à partir de semences dont l'origine géographique n'était pas connue. Sa surface est d'environ 1 ha. Elle est totalement clôturée avec du grillage et a été initialement plantée avec trois espèces ligneuses : *Acacia senegal*, *A. tortilis* spp. *raddiana* et *Ziziphus mauritiana*. Pour chaque espèce, la distance entre les arbres était de 5 m. Dix ans plus tard, les arbres de *Z. mauritiana* sont morts, ainsi que la moitié des *A. tortilis* spp. *raddiana*. En revanche, les arbres d'*A. senegal* sont encore très nombreux et n'ont fait l'objet d'aucune exploitation gommière. Au départ de notre étude (avant inoculation), les arbres d'*A. senegal* mesuraient environ 3,27 m de hauteur (± 0,69 m) et avaient une circonférence de tronc de 37,1 cm (± 11,5 cm) dans le bloc où l'inoculation a ensuite été réalisée. Dans le bloc où aucun arbre n'a été inoculé, la hauteur moyenne des arbres était de 3,29 m (± 0,78 m) et la circonférence de leur tronc était de 36,1 cm (± 12,1 cm).

### L'inoculum

L'inoculation a été réalisée à partir de billes d'alginate dans lesquelles les cellules de *Rhizobium* ont été incluses selon le procédé mis au point par DIEM *et al.* (1989). Les souches testées sont celles du mélange utilisé pour l'essai précédent, à savoir Cirad F300, Cirad F301, Cirad F302 et Cirad F303. Chaque gramme de billes sèches d'alginate contient 10<sup>5</sup> cellules de *Rhizobium*. Ces billes sèches ont ensuite été solubilisées dans un litre d'eau en les mélangeant avec du tampon phos-



Parcelle de phénotypes d'*Acacia senegal* gris clair/gris foncé (Ranerou/Diamenar), à la fin de la saison sèche, dans le centre de Bel Air (Dakar, Sénégal).  
A plot of light grey/dark grey *Acacia senegal* phenotypes (Ranerou/Diamenar) at the Bel Air centre (Dakar, Senegal), towards the end of the dry season.  
Photo D. Lesueur.



phate, à raison de 5 g de billes sèches pour 23 g de  $K_2HPO_4$  et 14,6 g de  $KH_2PO_4$ . La solubilisation dure toute la nuit, et le lendemain l'inoculum est utilisable. Un litre d'inoculum liquide a été versé au pied de chacun des arbres inoculés tout de suite après la première pluie.

### Dispositif expérimental

Nous avons identifié un groupe de 40 individus adultes qui ont fait l'objet d'une inoculation en début de saison des pluies (août 2002), et, juste à proximité, un second groupe d'arbres constitué également de 40 individus adultes qui n'ont reçu aucun inoculum. Il est important de spécifier que nous avons identifié, pour chaque groupe, des individus de taille assez proche de manière à pouvoir comparer correctement les productions de gomme obtenues au cours de la campagne qui a suivi l'inoculation. La saignée a été effectuée par un saigneur « peul » au début du mois de novembre 2002 à l'aide de l'outil traditionnel. Cette saignée a été la plus standardisée possible : à savoir la taille des tiges blessées, le nombre de blessures et leur intensité ont été les mêmes quels que soient les arbres, qu'il s'agisse des arbres inoculés ou des arbres non inoculés. Deux à trois semaines après le début de la saignée, les premières exsudations de gomme arabe ont été observées. Des récoltes ont été faites à des intervalles réguliers, arbre par arbre, afin d'obtenir, au terme de la campagne, le total de gomme produit pour chaque individu. Avant chaque pesée, les boules de gomme arabe ont été séchées à l'étuve (40 °C) pendant 2 jours. Les résultats ont été exprimés pour chaque récolte en pourcentages d'arbres inoculés et arbres non inoculés qui ont produit de la gomme, et en biomasse moyenne de gomme arabe produite par individu. Ces valeurs ont fait l'objet d'une analyse statistique (analyse de variance à un facteur, le traitement inoculation) à l'aide du logiciel Super Anova.



Parcelle de phénotypes d'*Acacia senegal* gris clair/gris foncé (Ranerou/Diamenar), à la fin de la saison des pluies, dans le centre de Bel Air (Dakar, Sénégal).

*A plot of light grey/dark grey Acacia senegal phenotypes (Ranerou/Diamenar) at the Bel Air centre (Dakar, Senegal), towards the end of the rainy season.*  
Photo D. Lesueur.



Un dromadaire se nourrit du feuillage d'un *Acacia senegal*, dans le Trarza (Mauritanie).

*A dromedary browsing on Acacia senegal leaves in the Trarza region (Mauritania).*  
Photo D. Lesueur.



*Acacia senegal* situé entre Boghe et Rkiz (région du Gorgol, Mauritanie).  
*Acacia senegal between Boghe and Rkiz (Gorgol region, Mauritania).*  
Photo D. Lesueur.



*Acacia senegal* dans la zone de Bareina (région du Trarza, Mauritanie).  
*Acacia senegal in the Bareina area (Trarza region, Mauritania).*  
Photo D. Lesueur.

## Résultats et discussion

### Effet de l'inoculation des plants sur la croissance des arbres

L'effet de l'inoculation de jeunes plants d'*A. senegal* cultivés en pépinière, puis transférés en station, a été apprécié d'après la croissance des arbres.

En termes de diamètre au collet, de hauteur du houppier et de biomasse totale produite par arbre, les résultats présentés dans le tableau II montrent que les valeurs obtenues chez les arbres inoculés sont significativement supérieures à celles des arbres non inoculés. On notera juste que, lors de la dernière mesure, il n'y a pas de différence statistiquement significative pour les deux premiers paramètres mesurés. En termes de provenance, on constate que les mesures de diamètre au collet et hauteur du houppier ne montrent pas de

véritables différences significatives entre les cinq provenances qui ont été testées dans le cadre de cet essai. En revanche, pour les biomasses totales, on constate que les arbres de la provenance Daga Diouf produisent, 495 jours après la plantation, environ 38 % de tiges et de feuilles en plus que les arbres des quatre autres provenances (11,8 kg par arbre contre une valeur moyenne de 8,6 kg par arbre pour les autres). Les résultats montrent que l'inoculation avec le mélange de souches sélectionnées de *Rhizobium* a amélioré de manière significative la croissance d'*A. senegal* cultivé sous irrigation. Il s'agit d'un résultat intéressant car, jusqu'à maintenant, les seuls effets positifs de l'inoculation sur la croissance de cette espèce forestière avaient été observés au stade de la pépinière. Maintenant, il sera intéressant de vérifier ces résultats en conditions naturelles, avec une saison des pluies courte (deux à trois mois maximum) et une longue saison sèche. En effet, ROUPSARD (1997) a montré, au

Burkina Faso, que la nodulation de *Faidherbia albida* était maximale en fin de saison des pluies et que tous les nodules disparaissaient au milieu de la saison sèche. Cette chronologie de la nodulation pose le problème de l'occupation des nodules par les souches de *Rhizobium* qui sont présentes dans la rhizosphère des arbres. En effet, si on peut comprendre que la ou les souches introduites dans le sol de la gaine au moment de l'inoculation en pépinière puissent occuper un pourcentage important de nodules, après la plantation au champ pendant la saison des pluies, les nodules ainsi formés vont progressivement disparaître sous l'effet de la sécheresse, au cours de la saison sèche. À la prochaine saison des pluies, de nouveaux nodules vont être formés et contenir les souches de *Rhizobium* présentes dans la rhizosphère des arbres. Quel sera alors le pourcentage de nodules occupés par les souches introduites, sachant que nous n'avons pas la certitude qu'elles soient capables de

Tableau II.

Croissance d'*A. senegal* inoculés ou non avec *Rhizobium* et sous irrigation dans le centre de Bel Air (juin 2001 à décembre 2002).

	Diamètre au collet (cm)					Hauteur du houppier (cm)					Biomasse totale (kg) 495 Jap
	78 Jap	180 Jap	285 Jap	365 Jap	495 Jap	78 Jap	180 Jap	285 Jap	365 Jap	495 Jap	
Traitement*											
Inoculés	0,94 b	1,85 b	2,66 b	3,11 b	6,20 a	n.d.	61,1 b	84,0 b	132,1 b	185,99 a	9,95 b
Non inoculés	0,85 a	1,66 a	2,37 a	3,59 a	5,34 a	n.d.	54,6 a	75,3 a	118,3 a	176,82 a	8,30 a
Blocs**											
Bloc I	0,836 a	1,70 a	2,56 a	3,55 b	6,14 a	n.d.	57,8 a	82,4 a	133,3 b	189,44 b	9,85 b
Bloc II	0,938 b	1,80 a	2,44 a	3,12 a	5,37 a	n.d.	57,8 a	76,3 a	116,1 a	172,92 a	8,34 a
Provenance***											
Bel Air	0,93 ab	1,79 a	2,36 a	3,18 a	5,23 a	n.d.	55,3 a	77,4 a	121,4 a	172,0 a	7,36 a
Sinthiou Fissa	0,90 ab	1,71 a	2,63 b	3,30 a	6,47 a	n.d.	53,4 a	79,7 a	121,7 a	185,6 a	8,68 a
Daga Diouf	0,97 b	1,80 a	2,57 ab	3,55 a	6,23 a	n.d.	57,7 a	83,3 a	130,1 a	170,2 a	11,77 b
Velingara 280	0,83 a	1,68 a	2,39 ab	3,29 a	5,37 a	n.d.	60,6 a	75,9 a	124,6 a	189,4 a	8,94 a
Velingara 378	0,85 ab	1,82 a	2,61 ab	3,44 a	5,54 a	n.d.	61,9 a	82,6 a	128,6 a	186,6 a	9,26 a

Jap : jours après plantation.

n.d. : non déterminé.

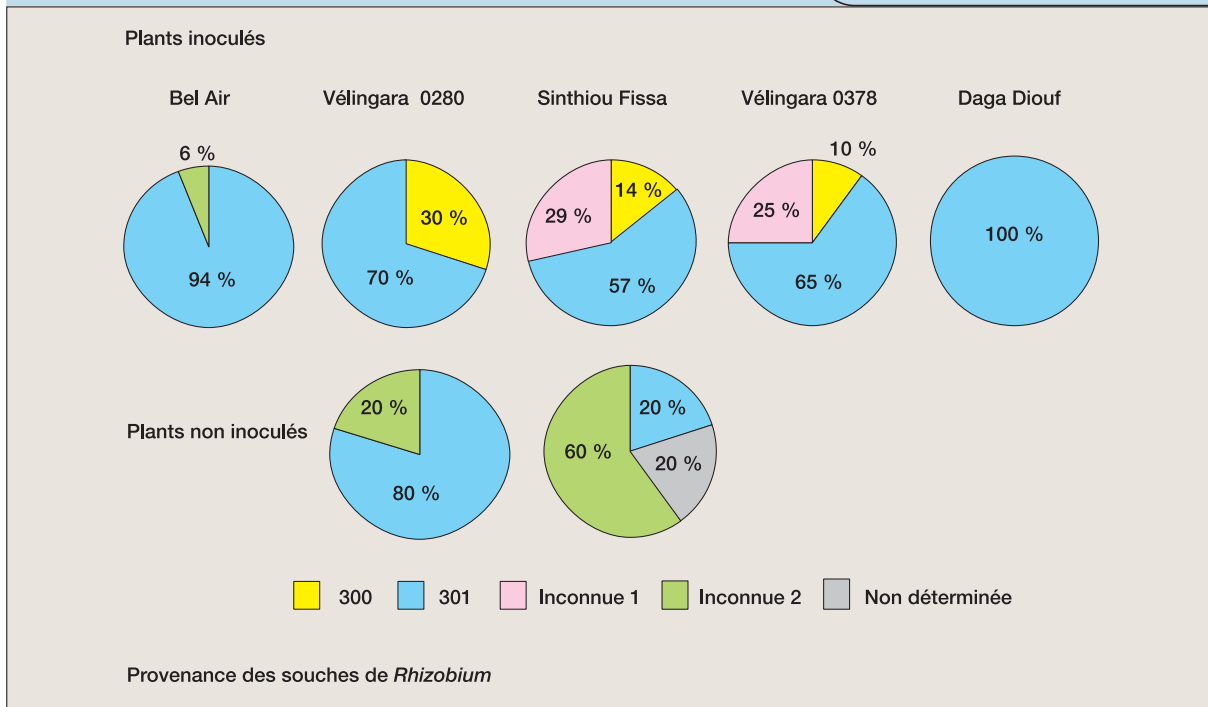
Pour chaque récolte, les valeurs (moyennes de 10 répétitions) suivies par la même lettre ne sont pas significativement différentes d'après le test de Fisher ( $p < 0,05$ ).

\* Les valeurs ont été calculées pour tous les blocs et les provenances confondus.

\*\* Les valeurs ont été calculées pour tous les traitements et les provenances confondus.

\*\*\* Les valeurs ont été calculées pour tous les traitements et les blocs confondus.



**Figure 2.**

Distribution des souches de *Rhizobium*, contenues dans le mélange inoculé aux arbres, dans les nodules de diverses provenances d'*A. senegal*, 17 mois après leur plantation dans le Centre Ird-Isra de Bel Air, Sénégal.

*Distribution of Rhizobium strains contained in the mixture inoculated into the trees, in root knots from different A. senegal origins, 17 months after planting out in the Ird-Isra Centre at Bel Air.*

survivre en conditions de sécheresse pendant plusieurs mois jusqu'à la prochaine saison des pluies ? Cette étape est une contrainte très importante si on souhaite avoir un effet positif, sur le long terme, de l'inoculation en milieu sahélien. Dans le cadre de notre étude, les résultats présentés dans la figure 2 montrent que, pour les différentes provenances d'*A. senegal* qui ont été inoculées au stade de la pépinière, une majorité de nodules étaient occupés par la souche Cirad F301 du mélange, ce qui suggère que cette souche est compétitive quelle que soit la provenance. Il est intéressant de noter que 100 % des nodules des arbres inoculés de la provenance Daga Diouf sont occupés par la souche Cirad F301. Le bon comportement de cette souche peut s'expliquer aussi par l'apparente pauvreté du sol de Bel Air en souches de *Rhizobium* natives capables de noduler *A. senegal*. Un dénombrement des *Rhizobium* par la technique MPN (*Most Probable Number*) a d'ailleurs montré que le sol de Bel Air ne contenait que peu de souches capables de



Parcelle d'*Acacia senegal* en pleine fructification (centre de Bel Air, Dakar, Sénégal).

*An Acacia senegal plot in fruit (Bel Air centre, Dakar, Senegal).*

Photo D. Lesueur.



Plantation d'*Acacia senegal* en irrigué, âgée de 16 mois, située dans le centre de Bel Air (Dakar, Sénégal).

*A 16 month-old irrigated Acacia senegal plantation, at the Bel Air centre (Dakar, Senegal).*

Photo D. Lesueur.



Plantation d'*Acacia senegal* âgée de dix ans, située à Rotto (département de Dahra, Sénégal).

*A 10 year-old Acacia senegal plantation (Rotto, Dahra, Senegal).*

Photo D. Lesueur.



Plantation d'*Acacia senegal* âgée de 20 ans, à Louys (département de Dahra, Sénégal).

*A 20 year-old Acacia senegal plantation at Louys (Dahra département, Senegal).*

Photo D. Lesueur.

noduler avec cette espèce. Le fait que seuls les arbres non inoculés des provenances Velingara 280 et Sinthiou Fissa avaient des nodules confirme les résultats obtenus au laboratoire. Chez ces mêmes arbres non inoculés, il est intéressant de comparer l'occupation des nodules. Avec Velingara 280, 80 % des nodules sont occupés par la souche Cirad F301. En revanche, avec la provenance Sinthiou Fissa, seuls 20 % des nodules analysés contiennent cette souche Cirad F301, tandis que 60 % sont occupés par une souche locale. Ces résultats, alliés à ceux obtenus avec les arbres inoculés (pourcentages de nodules occupés par la souche Cirad F301 variant de 100 % à 57 % suivant les provenances ; figure 2), suggèrent qu'il existe bien une interaction entre la provenance de la plante hôte et l'occupation des nodules par les souches de *Rhizobium*, même si cela ne se traduit pas par des gains de production de biomasse différents. Nos résultats confirment ceux de SARR *et al.* (sous presse), qui ont montré qu'il existait bien une forte interaction entre les provenances d'*A. senegal* et d'*Acacia nilotica* et l'effet de l'inoculation avec *Rhizobium*. Malgré cela, les résultats obtenus avec la souche Cirad F301 suggèrent qu'elle est capable d'améliorer significativement la croissance d'*A. senegal*, quelle que soit la provenance utilisée.

### Inoculation d'arbres adultes : conséquences sur la production gommère

L'effet de l'inoculation d'arbres d'*A. senegal* âgés de 10 ans, situés dans la localité de Rotto (département de Dahra), sur la production gommère a été analysé.

Le tableau III présente l'ensemble des données qui concernent la production de gomme arabique dans la parcelle de Rotto au cours de la saison 2002-2003. En termes de pourcentage d'arbres produisant de la gomme arabique, on constate que, pour la plupart des récoltes, on a beaucoup plus d'arbres inoculés que d'arbres non inoculés qui ont exsudé de la gomme arabique. D'un point de vue quantitatif, on constate que, au cours des trois premières récoltes, ce sont les arbres inoculés qui produisent le plus de gomme arabique. Cependant, l'analyse statistique indique que ces valeurs ne sont pas significativement différentes selon le test de Fisher ( $p < 0,05$ ). Par la suite, pour les récoltes 4, 5 et 6, on observe le résultat inverse, avec une production par arbre plus importante chez les individus non inoculés, sans pour autant avoir des différences significatives entre les traitements. Enfin, pour les deux dernières récoltes, les plus grosses productions de gomme arabique sont retrouvées chez les arbres inoculés. Lorsqu'on fait le total de la gomme arabique produite par arbre pour les deux traitements, on constate que l'inoculation a permis un gain de

29 g de gomme arabique sèche par arbre. Cette quantité peut paraître minime, mais, si on la ramène à l'échelle d'un hectare (soit environ 450 arbres à une densité d'un arbre tous les 5 m), le gain estimé est d'environ 13 kg de gomme arabique, ce qui est loin d'être négligeable. Maintenant, l'ensemble des arbres présents sur la parcelle n'ont pas tous eu le même comportement en termes de production de gomme arabique. Dans les figures 3A et 3B, nous avons représenté la distribution de l'ensemble des arbres qui ont produit de la gomme arabique, traitement par traitement, ceci afin d'avoir une idée sur leur aptitude à produire ou non d'importantes quantités de gomme arabique. Pour les arbres inoculés, on dénombre quatre catégories de producteurs : des producteurs faibles (environ 95 g par arbre), au nombre de 23 ; des producteurs moyens (environ 250 g par arbre), au nombre de quatre ; d'assez bons producteurs (environ 500 g par arbre), au nombre de quatre ; de bons producteurs (environ 1 100 g par arbre), au nombre de deux (figure 3A). Pour les arbres non inoculés, on compte 18 arbres dits producteurs faibles (environ 65 g par arbre), neuf arbres dits producteurs moyens (environ 245 g par arbre), un arbre assez bon producteur (environ 500 g par arbre) et deux arbres bons producteurs (environ 860 g par arbre) (figure 3B). Des résultats qui traduisent une supériorité de la production de la gomme arabique chez les arbres inoculés.

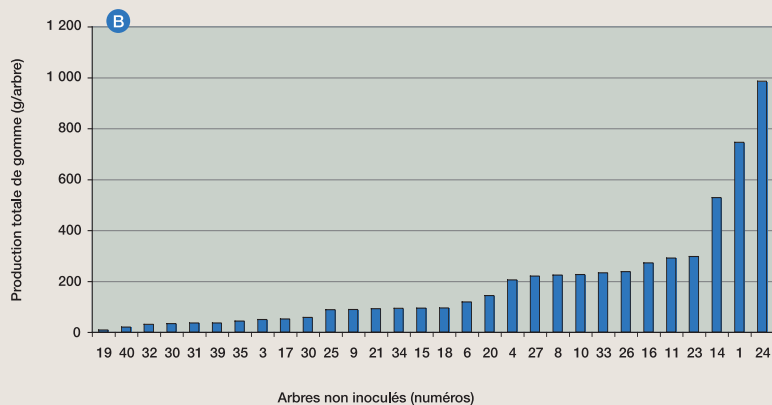
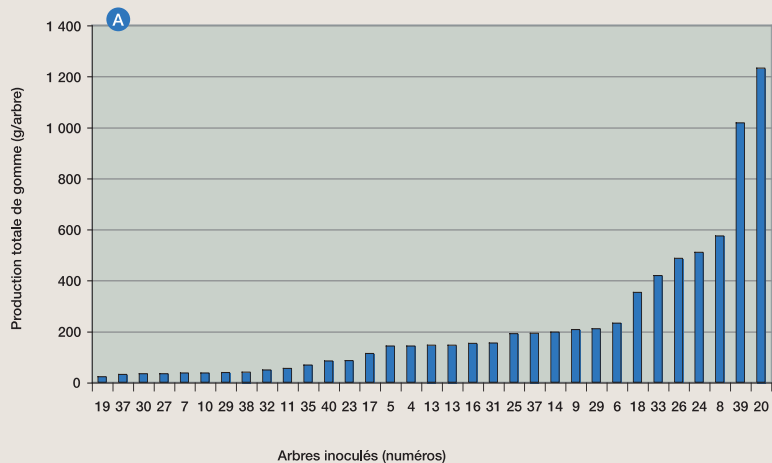
Tableau III.

Production de gomme arabique, entre début novembre 2002 et fin avril 2003, sur la parcelle de Rotto (département de Dahra), chez des arbres d'*A. senegal* âgés de 9 ans, inoculés ou non avec un mélange de souches sélectionnées de *Rhizobium* pendant la saison des pluies 2002.

Paramètre mesuré	Traitement	Première récolte	Deuxième récolte	Troisième récolte	Quatrième récolte	Cinquième récolte	Sixième récolte	Septième récolte	Huitième récolte	Total des récoltes
Nombre d'arbres producteurs par traitement (%)	Non inoculés	35	30	52,5	25	35	37,5	32,5	15	-
	Inoculés	55	37,5	42,5	40	45	57,5	37,5	20	-
Quantité de gomme produite (g de poids sec/arbre)	Non inoculés	46,6 a <sup>1</sup>	38,6a	49,4a	70,3a	59,1a	65,9a	58,8a	43,2a	188,1a
	Inoculés	65,8a	53,8a	71,3a	47,9a	46,7a	46,7a	65,3a	47,6a	217,4a

<sup>1</sup> Pour chaque récolte, les valeurs d'une même colonne suivies par la même lettre ne sont pas significativement différentes selon le test de Fisher à  $p < 0,05$ .





**Figure 3.** Répartition des arbres de la parcelle inoculée (A) et de la parcelle non inoculée (B) en fonction de la quantité de gomme arabique produite après saignée, d'octobre 2002 à avril 2003, sur la plantation de Rotto, Sénégal (département de Louga).  
*Distribution of trees in the inoculated plot (A) and the non-inoculated plot (B) according to the quantity of gum arabica they produced after tapping, from October 2002 to April 2003 (Rotto plantation, Louga departement, Senegal).*



Jeune arbre d'*Acacia senegal* à Rotto (département de Dahra, Sénégal).  
 A one year-old *Acacia senegal*, planted at Rotto (Dahra département, Senegal).  
 Photo D. Lesueur.

## Conclusion et perspectives

Nos travaux ont démontré que l'utilisation d'un mélange de souches sélectionnées de *Rhizobium* permettait une amélioration significative de la croissance d'*A. senegal* (inoculation au stade de la pépinière puis transfert au champ) et un gain de production en gomme arabique (inoculation au champ d'arbres adultes). Si ces résultats sont confirmés au cours d'expériences complémentaires menées sur le terrain, il sera important de sensibiliser les sociétés privées qui travaillent dans ce domaine, car, en pratiquant une inoculation systématique de leurs pépinières forestières et/ou de leurs plantations adultes, elles devraient pouvoir récolter plus de gomme arabique dans leurs plantations et zones d'exploitation. L'apport de l'inoculum devrait jouer également un rôle dans le fonctionnement biologique du sol, en particulier autour du cycle de l'azote. Cette notion de durabilité de la production gommère est très importante et devra faire l'objet d'études ultérieures, afin d'assurer un certain revenu aux populations locales qui vivent de l'exploitation de ce produit.

Ces résultats sont très originaux car aucune étude portant sur l'inoculation avec *Rhizobium* d'arbres adultes d'*A. senegal*, en vue d'améliorer la production de gomme arabique, n'a été publiée jusqu'à maintenant. Cependant, ils doivent être confirmés par des études complémentaires. C'est pourquoi le même dispositif a été conservé sur la parcelle de Rotto, où les arbres ont été réinoculés afin d'y effectuer un nouveau suivi de la production de gomme arabique. Ces données permettront de confirmer ou non l'effet positif de l'inoculation sur la production, sachant que la saison des pluies en 2003 a été beaucoup plus accentuée

(cumul de 415 mm pour 30 jours de pluie) que ne l'avait été celle de 2002 qui avait précédé notre première série de mesures (cumul de 250 mm pour 19 jours de pluie). Cette pluviosité plus importante devrait avoir une influence positive sur l'aptitude des arbres à exsuder de la gomme arabique, car on considère qu'*A. senegal* a besoin de 450 mm d'eau pour connaître un bon développement et assurer une production satisfaisante en gomme arabique (DOMMERMUES *et al.*, 1999). Il sera intéressant d'observer comment vont interagir l'inoculation et la production de gomme arabique dans ces conditions plus favorables.

## Références bibliographiques

ANDERSON L. S., SINCLAIR F. L., 1993. Ecological interactions in agroforestry systems. *Agrofor. Abst.*, 6 : 57-91.

BADJI S., DUCOUSSO M., GUEYE M., COLONNA J. P., 1988. Nitrogen fixation and cross inoculation with *Rhizobium* from two acacias species producing arabic gum : *Acacia senegal* L. Willd and *Acacia laeta* R. Br. ex Benth. C. R. Acad. Sci. Paris, 307 (série III) : 663-668.

CAZET M., 1989. Les plantations linéaires denses sur les sols sableux dégradés de la zone centre-nord du Sénégal. Dakar, Sénégal, Isra.

COLONNA J. P., THOEN D., DUCOUSSO M., BADJI S., 1991. Comparative effects of *Glomus mossae* and P fertiliser on foliar mineral composition of *Acacia senegal* seedling inoculated with *Rhizobium*. *Mycorrhiza*, 1 : 35-38.

DE LAJUDIE P., WILLEMS A., POT B., DEWETTINCK M. D., DREYFUS B., KERSTERS K., GILLIS M., 1994. Polyploidy taxonomy of rhizobia : emendation of the genus *Sinorhizobium* and description of *Sinorhizobium meliloti* comb. nov., *Sinorhizobium saheli* sp. nov., and *Sinorhizobium teranga* sp. nov. *Int. J. Syst. Bacteriol.*, 44 : 715.

DE LAJUDIE P., WILLEMS A., NICK G. *et al.*, 1998. Characterization of tropical tree rhizobia and description of *Mesorhizobium plurifarum* sp. nov. *Int. J. Syst. Bacteriol.*, 48 : 369-382.

DIEM H. G., BEN KHALIFA K., NEYRA M., DOMMERGUES Y. R., 1989. Recent advances in the inoculant technology with special emphasis on plant symbiotic microorganisms. *In* : Advances Technologies for Increased Agricultural Reproduction. Leone U., Rialdi G., Vanore R. (éd.). Rome, Italie, Cnr-Usg, p. 196-209.

DOMMERGUES Y. R., DUHOUX E., DIEM H. G., 1999. 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, lrd, 500 p.

NICK G., DE LAJUDIE P., EARDLY B. D., SUOMALAINEN S., PAULIN L., ZHANG X., GILLIS M., LINDSTRÖM K., 1999. *Sinorhizobium arboris* sp. nov. and *Sinorhizobium kostiense* sp. nov., isolated from leguminous trees in Sudan and Kenya. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 49 : 1359-1368.

NORMAND P., PONSONNET C., NESME X., NEYRA M., SIMONET P., 1996. ITS analysis of procaryotes. *Molec. Microbial. Ecol. Man.*, 3 : 5-12.

RÄSÄNEN L. A., SPRENT J. I., LINDSTRÖM K., 2001. Symbiotic properties of sinorhizobia isolated from *Acacia* and *Prosopis* nodules in Sudan and Senegal. *Plant Soil.*, 235 : 193-210.

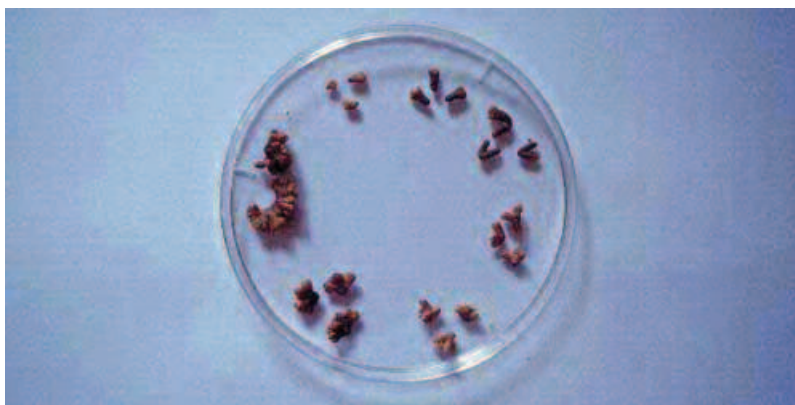
ROUPSARD O., 1997. Écophysiologie et diversité génétique de *Faidherbia albida* (Del.) A. Chev. (syn. *Acacia albida* Del.), un arbre à usages multiples d'Afrique semi-aride. Thèse de doctorat, université Henri Poincaré de Nancy I, France, 207 p.

ROUVIER C., PRIN Y., REDDEL P., NORMAND P., SIMONET P., 1996. Genetic diversity among Frankia strains nodulating members of the family *Casuarinaceae* in Australia revealed by PCR and RFLP analysis with crushed root nodules. *Appl. Environ. Microbiol.*, 62 : 979-985.

SARR A., DIOP B., PELTIER R., NEYRA M., LESUEUR D., *sous presse*. Effect of rhizobial inoculation methods and host plant provenances on nodulation and growth of *Acacia senegal* and *Acacia nilotica*. *New Forest*.

VINCENT J. M., 1970. A manual for the practical study of root-nodule bacteria. International Biological Programme. Oxford, Royaume-Uni, Blackwell, Handbook n° 15.

VON MAYDELL H. J., 1983. Arbres et arbustes du Sahel : leurs caractéristiques et leurs utilisations. Eschborn, Allemagne, Gtz, 538 p.



Nodosités d'*Acacia senegal* prélevées au champ sur des individus qui ont été inoculés en pépinière avec des souches sélectionnées de *Rhizobium*.  
*Acacia senegal* root nodules collected in the field from individual trees inoculated in the nursery with selected *Rhizobium* strains.  
Photo D. Lesueur.



Saignée pratiquée sur l'arbre à l'aide de l'outil traditionnellement utilisé au Sénégal.  
*Tapping a tree with the tool traditionally used in Senegal.*  
Photo D. Lesueur.



## Synopsis

### IN-STATION AND IN-FIELD INOCULATION OF *ACACIA SENEGAL* WITH SELECTED STRAINS OF *RHIZOBIUM*

A. SARR, A. FAYE, A. OIHABI,  
M.A.J.O. HOUEIBIB, M. NEYRA,  
D. LESUEUR

#### Introduction

*Acacia senegal* is a species of major importance for reforestation in arid and semi-arid zones. The tree has many uses and is much valued by rural populations as a source of fodder and timber, and especially for the gum arabica it produces – the only true food-grade gum as it contains no toxins. Deforestation in the Sahel is a threat to the existence of the species. *A. senegal* is a woody legume which is capable of symbiotic association with micro-organisms found in the soil (endo-mycorrhizal fungi and *Rhizobium*). However, very few studies have been made on *A. senegal*-*Rhizobium* symbiosis under natural conditions and there are none on possible links between inoculation with *Rhizobium* and yields of gum arabica.

#### Inoculation of *A. senegal*

*A. senegal* responds well to inoculation with *Rhizobium* under laboratory conditions. However, no studies of this type have been made in stations. In regions characterised by a marked dry season, nitrogen fixing is often very poor or even nil during the time when the soil's water potential is at its lowest. In order to show that in the absence of water stress, *A. senegal* growth in fields could be improved on a long-term basis by inoculating the trees with selected strains of *Rhizobium*, we conducted in-station inoculation trials under irrigated conditions. The results obtained 17 months after planting out show that, under these conditions, inoculation with selected strains of *Rhizobium* significantly improves growth and biomass in *A. senegal* in stations, with the trees reaching an average height of 198 cm and average above-ground biomass of 9.6 kg per tree 17 months after planting out.

We also considered the distribution of strains in the root knots in order to assess the effects of our inoculum over time. Root knots were collected 17 months after planting out from *A. senegal* saplings inoculated with a mixture of *Rhizobium* strains with known molecular profiles. These root knots were analysed using the PCR-RFLP techniques, and the molecular profiles obtained were compared with the profiles for *Rhizobium* strains that were present in the inoculum. We were thus able to determine the percentage of occupation of the root knots by different *Rhizobium* strains. We noted that a high percentage of the root knots analysed contained the CIRAD F301 strain, which suggests that this strain may be more competitive than the others that were present in the inoculum, given that native *Rhizobium* strains that are capable of infecting *A. senegal* are not well represented in the soil in Bel Air.

#### Gum yields

Gum arabica is greatly valued among rural populations in the Sahel. It is highly sought after by various industries, especially the food and pharmaceutical sectors. In order to show possible interactions between the inoculation of adult trees and the production of gum arabica, a plantation of *A. senegal* (Dahra site) was inoculated with the same mixture of *Rhizobium* strains as that used in station trials. The results obtained show that inoculating adult gum trees during the rainy season has a positive influence on gum yields during the next tapping season. In the course of our study, we were able to show that, among all trees tapped, those which had been inoculated produced 29 g more gum arabica than non-inoculated trees. Moreover, the percentage of fairly productive and highly productive trees was higher among inoculated trees than among the others. These results need to be confirmed by further studies. One study is currently under way in the same plantation at Rotto. Our first results point to possibilities that are likely to be of interest to industries owning their plantations, which may be able to increase gum arabica production thanks to inoculation.