sibles. Le mode d'infection, intercellulaire, conduit à la formation de cordons infectieux dans une lignée cellulaire de surface autre que l'épiderme et plus exactement à l'extrémité digitée de cellules corticales externes. Simultanément, un méristème est induit au niveau de cellules corticales internes. L'invasion des cellules méristématiques par les bradyrhizobiums et le gradient de différenciation disto-proximale des cellules envahies observés sur les nodules en développement sont caractéristiques des nodules de type indéterminé. Les cellules méristématiques sont envahies par les bactéries par un mécanisme rappelant l'endocytose. L'augmentation progressive du nombre de symbiosomes renfermant un nombre toujours croissant de bactéroïdes accompagne la différenciation du tissu fixateur. A maturation, les nodules d'*Acacia albida* sont de type déterminé et caractérisé par un tissu central unique entouré de tissus périphériques dans lesquels cheminent les vaisseaux conducteurs.

N. DUPUY, B. DREYFUS : Laboratoire de Microbiologie, ORSTOM - B.P. 1386 - DAKAR (Sénégal).

F. DE BILLY, G. TRUCHET : Laboratoire des Relations Plantes-Microorganismes, INRA-C.N.R.S. - B.P. 27 - 31326 CASTANET-TOLOSAN (France).

Les stades précoces de la nodulation chez *Acacia mangium*

Y. PRIN, P. REDDELL

Le processus d'infection d'*Acacia mangium* par la souche de *Bradyrhizobium sp.* Aust 13c a été étudié en conditions monoxéniques. Le système de culture utilisé consistait en une bande de papier de « Growth Pouch » placée dans un tube à essai 25 × 250 mm avec un milieu de Broughton and Dillworth sans azote.

L'observation des contrôles non inoculés révèle que le système racinaire d'*A. mangium* est extrêmement pauvre en poils absorbants, ceux-ci se présentant sous la forme d'excroissances très courtes, souvent situées sur les racines latérales, au niveau du point d'émergence de ces racines.

La première manifestation visible du processus d'infection consiste en une prolifération des rhizobiums au niveau de la couche mucilagineuse recouvrant la racine. Le prénodule se présente sous la forme d'un renflement faisant éclater les tissus superficiels de la racine, visible cinq jours après inoculation. Les nodules se développent la plupart du temps sur les racines latérales, au niveau du point d'émergence.

L'examen de coupes histologiques de jeunes nodules révèle la présence de cordons d'infection situés dans les poils absorbants, cette présence étant corrélée de manière précoce avec l'apparition de composés de type tannins au niveau des cellules sous-jacentes du cortex racinaire. Lors des stades ultérieurs de développement du nodule, la zone des cellules infectées apparaît délimitée par une ceinture continue et très dense de cellules à tannins qui pourrait jouer, entre autres, un rôle de protection contre d'éventuelles surinfections.

Y. PRIN : Biotechnologie des Symbioses Forestières Tropicales (ORSTOM/CIRAD-Forêt) - 45 bis, avenue de la Belle-Gabrielle - 94736 NOGENT-SUR-MARNE CEDEX (France).

P. REDDELL : CSIRO, Division of Soils, Private Mail Bag - P.O. Aitkenvale - QLD 4814 (Australie).

La symbiose *Acacia mangium-Bradyrhizobium* Interactions entre les provenances et la fertilisation phosphatée à différentes concentrations

V. VADEZ, G. LIM, P. DURAND, H. G. DIEM

Cette étude a été entreprise pour évaluer la croissance, la nodulation et la fixation d'azote ainsi que les teneurs en P dans les plantes et les nodules de quatre provenances d'*Acacia mangium* en réponse à la fertilisation phosphatée.

Les résultats montrent que cette légumineuse ligneuse ne semble pas présenter des exigences très élevées en P. D'après les estimations de la croissance, la nodulation et la fixation d'azote, les réponses des provenances d'*A. mangium* sont significativement différentes suivant que ces provenances sont cultivées en présence de fortes ou de faibles concentrations en P.

L'analyse statistique montre que l'effet du facteur « apport de P » est significatif seulement pour les apports inférieurs à 250 µM de P. Au-dessus de cette concentration, seul l'effet du facteur « provenance » est significatif sur la nodulation et la fixation d'azote. Ces résultats montrent que, pour *A. mangium*, l'étude des provenances de la plante-hôte est une priorité dans la recherche des symbioses efficaces.

Ce travail souligne l'intérêt de combiner l'étude des provenances et de la fertilisation phosphatée à forte et à faible concentrations comme recherche préalable pour sélectionner des provenances performantes et pour identifier les provenances les plus propices à la mycorhization.

V. VADEZ, G. LIM : Dépt. de Botanique, Université nationale de Singapour.
P. DURAND : CIRAD-Forêt, Selegie Complex 14-275, 257 Selegie Road SINGAPORE 0718.
H. G. DIEM : Biotechnologie des Symbioses Forestières Tropicales (ORSTOM/CIRAD-Forêt) - 45 bis, avenue de la Belle-Gabrielle - 94736 NOGENT-SUR-MARNE CEDEX (France).

Détermination des besoins en oligoéléments des légumineuses forestières tropicales Rôle du fer sur la nodulation et la fixation d'azote chez *Acacia mangium* et *Faidherbia albida* (syn. *Acacia albida*)

D. LESUEUR, M. DIANDA, O. LAURENCE, C. LE ROUX, H. G. DIEM

Dans le cadre d'une étude générale sur les relations écophysiologiques entre les symbioses forestières fixatrices d'azote et leur environnement tropical, nous avons identifié les éléments minéraux, et plus particulièrement les oligoéléments, qui sont exigés par la symbiose *Acacia mangium-Bradyrhizobium* pour se former et fonctionner de manière optimale. Nous avons ainsi montré que, parmi les six oligoéléments testés (fer, cuivre, cobalt, bore et molybdène), le fer était celui qui semblait être le plus indispensable pour l'établissement et/ou le fonctionnement de cette symbiose. C'est pourquoi nous nous sommes intéressés à l'étude sur les besoins en fer des plantes inoculées et non inoculées d'*Acacia mangium,* et, à titre de comparaison, de *Faidherbia albida.* Nous avons ainsi montré que les apports croissants de citrate de fer dans le milieu de culture augmentaient significativement la croissance et la nodulation des plantes inoculées. En revanche, la croissance des plantes non inoculées mais bénéficiant d'un apport d'azote combiné (KNO_3) n'a été que très faiblement stimulée par des apports croissants de fer dans le milieu de culture. Il est probable qu'il

y ait, chez ces plantes, une interaction négative entre les nutritions azotées et ferriques.

Au cours de cette étude, la nodulation est apparue comme étant particulièrement sensible à la teneur en citrate de fer dans le milieu de culture puisque aux faibles concentrations (0 et 0,5 µM de citrate de fer), les plantes d'*Acacia mangium* étaient peu ou pas nodulées par *Bradyrhizobium.* Les premiers résultats que nous avons obtenus suggèrent même que le fer serait indispensable dès les premiers stades de l'infection et de l'initiation des nodules. Concernant la nodulation des plantes de *Faidherbia albida,* elle a semblé être moins sensible aux conditions de carence en fer que celles des plantes d'*Acacia mangium.* Cependant, bien que ces deux espèces d'acacia aient des exigences en fer sensiblement différentes, nous avons montré que, comme chez le lupin, une trop faible teneur en fer dans le milieu de culture était surtout préjudiciable pour la nodulation des plantes d'*Acacia mangium* et de *Faidherbia albida.*

L'ensemble de nos résultats démontre bien que l'établissement et le fonctionnement d'une symbiose forestière fixatrice d'azote est étroitement dépendante des facteurs nutritionnels dans le sol. Au vu de nos résultats, la symbiose *Acacia mangium-Bradyrhizobium* est un excellent modèle pour étudier le rôle du fer dans le processus de la fixation symbiotique de l'azote et la physiologie de la croissance de la plante-hôte.

D. LESUEUR, M. DIANDA, O. LAURENCE, C. LE ROUX, H. G. DIEM : Laboratoire de Biotechnologie des Symbioses Forestières Tropicales (CIRAD-Forêt/ORSTOM) - 45 bis, avenue de la Belle-Gabrielle - 94736 NOGENT-SUR-MARNE CEDEX.

M. DIANDA : IRBET/C.N.R.S.T. - OUAGADOUGOU (Burkina Faso).

Estimation de l'azote atmosphérique fixé par *Acacia mangium* en plantation à l'âge de deux ans par la méthode de l'abondance isotopique naturelle en ^{15}N

A. GALIANA, B. MALLET, P. BALLÉ, A. N'GUESSAN KANGA, A.-M. DOMENACH

Une expérimentation au champ a été réalisée à Port-Bouët sur des sols sableux quaternaires littoraux de Côte-d'Ivoire. Cet essai avait pour but de déterminer le pourcentage d'azote atmosphérique fixé au niveau des feuilles d'*Acacia mangium* au sein d'une plantation d'un hectare environ, âgée de deux ans. Deux facteurs ont été testés : le facteur « Souche de rhizobium » et le facteur « Bloc ». Le facteur « Souche de rhizobium » comprend trois traitements différents : un traitement témoin correspondant à des arbres non inoculés ; un traitement avec des arbres inoculés avec la souche de *Bradyrhizobium sp.* CB 756 peu effective vis-à-vis d'*A. mangium* et un traitement avec des arbres inoculés avec la souche de *Bradyrhizobium sp.* Aust13c d'effectivité élevée. Ces trois traitements « Souche de rhizobium » sont représentés dans chacun des trois blocs qui constituent l'essai. Le bloc I était recouvert avant plantation par une friche dense de *Pueraria phaseloides,* Légumineuse herbacée vivace, tandis que les blocs II et III sur des sols moins fertiles étaient recouverts par la graminée *Imperata cylindrica.* Dans cet essai, toutes les parcelles unitaires d'*A. mangium* (30 arbres par placeau) sont séparées les unes des autres par quatre rangées d'*Eucalyptus urophylla* utilisées comme plantes de référence non fixatrices.

Après 21 mois de croissance, on observe un effet positif significatif de l'inoculation des plants avec la souche Aust13c sur leur croissance avec un gain en hauteur de 13 % et en surface terrière de 20 % par rapport aux plants témoins non inoculés. Les arbres inoculés avec la souche CB756 ont une hauteur et une surface terrière moyennes non significativement différentes de celles des arbres témoins non inoculés. Les arbres des blocs I et II ont une croissance significativement supérieure à celle des arbres du bloc III, respectivement de 8 % et 18 % en hauteur et de 34 % et 18 % en surface terrière, tous traitements « Souches de rhizobium » confondus.

L'abondance isotopique naturelle en ^{15}N a été mesurée dans les feuilles à partir d'échantillons représentatifs prélevés sur 8 *A. mangium* et 8 *E. urophylla* adjacents par parcelle unitaire, soit 72 *A. mangium* et 72 *E. urophylla* au total répartis sur l'ensemble de la parcelle. Avec un coefficient d'enrichissement isotopique ϵ_{fix} moyen égal à $-0,4$, qui a été mesuré à partir d'*A. mangium* inoculés avec la souche Aust13c et cultivés sur un milieu minéral sans azote, le pourcentage d'azote fixé contenu dans les feuilles des *A. mangium,* âgés de 21 mois, varie de 19,1 à 87,9 % selon les blocs et le traitement « Souche de rhizobium » considérés. Les feuilles des *A. mangium* inoculés avec la souche Aust13c ont une teneur en azote significativement plus élevée (60,2 %) que les feuilles des arbres inoculés avec la souche CB 756 (53,5 %) ou celles des arbres témoins non inoculés (40,4 %), tous traitements « Blocs » confondus. La quantité d'azote fixé par les arbres est fortement accrue sur les blocs reposant sur des sols pauvres en azote. En effet, les feuilles des *A. mangium* des blocs II et III, où le sol était recouvert d'*Imperata* à l'origine, ont une teneur en azote fixé 2,4 fois plus élevée que celle des arbres du bloc I, au sol plus fertile et recouvert initialement de *Pueraria*, tous traitements « Souches de rhizobium » confondus (63 % et 64 % contre 26,7 % respectivement).

A. GALIANA : Laboratoire de Biotechnologie des Symbioses Forestières Tropicales - CIRAD-Forêt/ORSTOM - 45 bis, avenue de la Belle-Gabrielle-94736 NOGENT-SUR-MARNE CEDEX (France).

B. MALLET : CEE, DG XI-B 1/71, 174, Bd. du Triomphe - B 1019, BRUXELLES (Belgique).

P. BALLÉ, A. N'GUESSAN KANGA : IDEFOR/Département de la Foresterie - 08BP33 - ABIDJAN 08 (Côte-d'Ivoire).

A.-M. DOMENACH : Université de Lyon I, 43, Bd. du 11 novembre 1918 - Bât. 741 - 69622 VILLEURBANNE CEDEX (France).

Comparaison de la fixation d'azote chez plusieurs provenances d'*Acacia albida*

M. DIANDA, A. BÂ, N. DUPUY, B. DREYFUS

Les Légumineuses et leurs partenaires bactériens présentent une variabilité naturelle qui peut être exploitée pour améliorer l'efficacité de la fixation symbiotique de l'azote atmosphérique. Un dispositif hydroponique sans azote a été utilisé pour analyser de façon précoce l'influence de deux facteurs (provenances des semences et isolats bactériens) sur la fixation d'azote et la croissance de l'*Acacia albida.* L'analyse statistique des paramètres de croissance (longueur et poids sec des parties aériennes et racinaires) et de la fixation d'azote (nombre et poids sec des nodules, quantité d'azote dans les plants) montre un effet hautement significatif des isolats bactériens et de l'origine géographique des semences. L'interaction provenances d'*Acacia albida* et isolats de *Bradyrhizobium* est significative pour le poids sec des tiges et des nodules, et hautement significative pour la quantité d'azote. Ce résultat préliminaire suggère que les provenances d'*Acacia albida* et les isolats de *Bradyrhizobium* doivent être sélectionnés simultanément. L'intérêt du test précoce de la variabilité de la fixation d'azote *in vitro* est discuté à la lumière des résultats obtenus