

SYLVIA MERCKY

Université Française du Pacifique

NOUMÉA

Nouvelle-Calédonie

RHIZOBACTÉRIES NATIVES DE NOUVELLE-CALÉDONIE PROMOTRICES DE LA CROISSANCE DES PLANTES

Réhabilitation des sites miniers dégradés et maintien de la fertilité des îles coralliennes

L'AUTEUR SYLVIA MERCKY PRÉSENTE ICI
QUELQUES RÉSULTATS
TIRÉS DE SA THÈSE
SOUTENUE, EN JUILLET 1998,
À L'UNIVERSITÉ FRANÇAISE
DU PACIFIQUE, NOUMÉA,
NOUVELLE-CALÉDONIE.

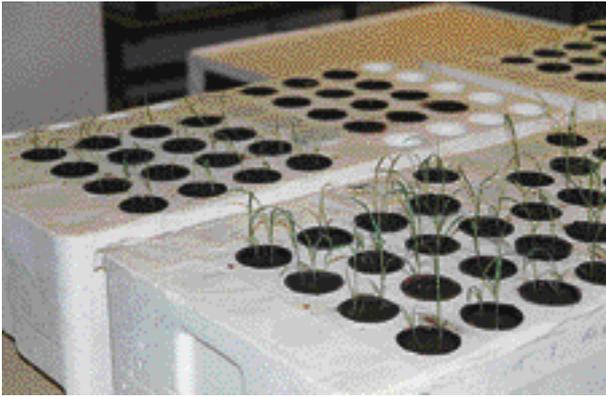
En Nouvelle-Calédonie, deux problèmes environnementaux sont préoccupants : la dégradation des sites miniers et la pollution de la lentille d'eau dans les îles coralliennes, par exemple dans l'île de Maré.

- Le premier problème résulte de l'exploitation à ciel ouvert du nickel et du cobalt, qui a pour effet de laisser dans le paysage calédonien de nombreuses brèches de sol nu soumis à l'érosion.
- Le second problème vient de l'intensification des pratiques agricoles et pastorales dans les îles coralliennes, par l'utilisation excessive d'intrant et par le défrichement. Ces deux pratiques ont pour effet de faciliter l'accumulation des nitrates dans la lentille d'eau douce qui constitue la seule source d'eau pour les habitants de l'île.

RESTAURER DES SOLS DÉGRADÉS

Pour enrayer ces deux processus de dégradation de l'environnement, une solution est proposée : l'association d'une plante herbacée et d'une bactérie diazotrophe libre. Quelles sont les caractéristiques de cette association ? Les bactéries se localisent au niveau des racines de la plante. Le végétal produit des exsudats racinaires, essentiellement azotés et carbonés, qui permettent à la bactérie de survivre et de se développer. En retour, certaines de ces bactéries rhizosphériques ayant la capacité de fixer et de réduire l'azote atmosphérique

Ce travail de thèse est le fruit de la collaboration de quatre organismes : le CIRAD, en particulier les départements d'Élevage et médecine vétérinaire et de Forêt ; l'IRD, avec le Laboratoire de Microbiologie du centre de Nouméa ; l'Université Française du Pacifique, en particulier le Laboratoire de Biologie et de Physiologie Végétales Appliquées ; l'Université de Lyon I, avec le Laboratoire d'Ecologie Microbienne du Sol.



Effet de l'inoculation de la souche CCT1 sur *Chloris gayana* (Poaceae) après quatre semaines en pépinière précédées par une semaine en salle de croissance à 25 °C. Au premier plan, la souche CCT1, et au second plan, le témoin non inoculé.
Effects of inoculating CCT1 strain into Chloris gayana (Poaceae) after four weeks in tree nursery following one week in culture chamber at 25 °C. Foreground : CCT1 strain. Background : non inoculated control subject.

(N₂) en ammoniac (NH₃) vont transférer cet azote à la plante. C'est pourquoi ces bactéries sont qualifiées de diazotrophes. Certaines de ces souches diazotrophes peuvent également produire des hormones de croissance, ou phytohormones, qui vont améliorer la croissance de la plante. Ces bactéries sont dénommées RPCP (rhizobactérie promotrice de la croissance des plantes). Cette association semble donc avantageuse pour les deux protagonistes : la plante et la bactérie.

L'ASSOCIATION PLANTE HERBACÉE-BACTÉRIE RPCP

Le but de notre démarche est de trouver dans les sols calédoniens des bactéries provenant du rhizoplan (surface de la racine) et possédant à la fois ces deux propriétés : fixatrice d'azote et promotrice de croissance (RPCP). Il semblait nécessaire d'établir, dans un premier temps, un inventaire de la microflore bactérienne présente dans les sols calédoniens, ainsi qu'une estimation de l'abondance.

INVENTAIRE DES BACTÉRIES DU SOL

Nous avons constaté que l'abondance des micro-organismes bactériens semble liée à la teneur en matière organique des sols, et que les genres bactériens trouvés

sont particulièrement compétitifs. Le genre *Stenotrophomonas* est multi-résistant aux antibiotiques et peut produire des enzymes lytiques affectant les autres micro-organismes. Le genre *Bacillus* a la faculté de produire des spores lorsque les conditions de croissance ne lui sont pas favorables et peut également produire des antibiotiques contre les autres micro-organismes. Enfin, le genre *Enterobacter* a la faculté de carencer le milieu en fer et ainsi de perturber le fonctionnement des autres micro-organismes. Ces genres sont donc potentiellement aptes à coloniser des milieux difficiles ou hostiles.

ISOLEMENT DES RHIZOBACTÉRIES DIAZOTROPES

Après l'inventaire des bactéries, la deuxième étape a consisté à isoler des souches à partir d'échantillons de sol provenant de quatre sites calédoniens sélectionnés : Plum, Ouénarou, Thio et Maré. Ces souches étaient associées à diverses espèces végétales appartenant aux familles des *Cyperaceae*, des *Leguminosae* et des *Poaceae*. Des rhizobactéries diazotrophes ont pu ainsi être isolées. Sur les 302 souches isolées, 78 ont fait l'objet d'une caractérisation microscopique et 38 d'une caractérisation biochimique. Pour la suite des expérimentations, 7 souches ont été sélectionnées parmi ces 38 souches. Nous avons constaté la dominance du genre *Bacillus* dans les souches isolées. En revanche, le genre *Azospirillum* n'a pas pu être mis en évidence dans les sols issus des sites miniers, soit du fait de l'absence réelle de ce genre, soit à cause d'une faible densité de population non détectable par la méthode d'isolement.



Souche du genre *Bacillus*, isolée à partir de racines de *Poaceae*.
Bacillus strain, isolated from Poaceae roots.

EFFET SUR LA CROISSANCE DES PLANTES

Ensuite, nous avons testé l'effet de ces 7 souches sur la croissance de *Chloris gayana*, dans le sol de Maré, dans les conditions du laboratoire et en pépinière, durant 5 semaines. La souche RT1 (provenant de *C. gayana* et issue du sol de Thio) a un effet promoteur – équivalent voire supérieur à l'effet de la souche de référence, *Azospirillum brasilense* (Sp7), sur la croissance de *C. gayana* – quels que soient les paramètres observés (matière racinaire ou foliaire, hauteur et stade de développement de la plantule) et les conditions de croissance. Dans une moindre mesure, deux autres souches ont pu donner des résultats intéressants : les souches MCG3 (provenant du rhizoplan de *C. gayana* et du sol de Maré) et CCT1 (provenant du rhizoplan de *Costularia comosa* et du sol de Thio). En revanche, la souche de référence *Azospirillum brasilense* (Sp7) ne semble pas être efficace en pépinière, alors qu'elle est la plus performante dans les conditions du laboratoire. En outre, certaines des souches testées ont un effet dépresseur sur la croissance de *Chloris gayana*, essentiellement dans les conditions du laboratoire, il s'agit des souches OC1 (provenant du rhizoplan de *Costularia comosa* et du sol de Ouénarou), OB1 (isolée du rhizoplan de *Baumea deplanchei* et du sol de Ouénarou) et MPM2 (issue du rhizoplan de *Panicum maximum* et du sol de Maré). A partir de ces résultats, un certain nombre de conclusions a pu être tiré. D'une part, il semble qu'une compatibilité entre souche et plante soit nécessaire pour qu'un effet RPCP puisse être constaté. De plus, en comparant l'effet des deux souches provenant du rhizoplan de la même espèce végétale, les souches RT1 et MCG3, il semble que la plante exerce une pression de sélection sur les souches ; cette pression pourrait venir de la nature des exsudats racinaires, favorisant la souche qui conviendrait le mieux à la plante.

CARACTÉRISATION GÉNÉTIQUE DES SOUCHES

Les souches les plus performantes (MCG3, RT1 et CCT1) ont fait l'objet d'une caractérisation génétique (séquençage de l'ADNr 16S, réalisé au Laboratoire d'Ecologie Microbienne de Lyon I). Elles ont pu être rapprochées de divers genres et espèces. La souche MCG3 semble très proche du *Bacillus pumilus* ; la souche RT1 est voisine des espèces *Stenotrophomonas maltophilia* et *africae* (ou *africana*) ; la souche CCT1 n'a pu être rapprochée que du genre *Enterobacter*. Les qualités particulières de ces souches (fixation d'azote et effet RPCP) pourraient remettre en cause la taxonomie du genre *Bacillus* et permettre de créer de nouvelles espèces du genre *Stenotrophomonas*.



Costularia comosa (Cyperaceae) sur un terrain minier (G x 500).
Costularia comosa (Cyperaceae) on mining site (G x 500).

RÉSISTANCE DES SOUCHES AU NICKEL DYNAMIQUE DE CROISSANCE

Enfin, les recherches ont porté sur la résistance des souches au nickel, puis sur la dynamique des populations bactériennes en fonction des caractéristiques chimiques des sols. Parmi les souches testées, la plus résistante au nickel est la souche CCT1, jusqu'à 8 g/l de NiCl₂, et la moins résistante est la souche de référence *Azospirillum brasilense* (Sp7) qui ne parvient pas à croître sur un milieu contenant 0,25 g/l de NiCl₂. Etant donné ses propriétés, la souche CCT1 pourrait posséder un plasmide de résistance au nickel. L'étude de la dynamique des souches dans le sol a montré que le manque de matière organique pourrait être l'un des principaux facteurs limitants de la croissance des micro-organismes bactériens.

DES SOUCHES POUR RÉHABILITER DES SOLS

Cette étude a permis de mettre en évidence un certain nombre de souches intéressantes, susceptibles d'être utilisées aussi bien pour la réhabilitation des sites miniers que pour le maintien de la fertilité des sols des îles coralliennes. Il semble qu'une meilleure connaissance des micro-organismes natifs permette un nouveau regard sur les potentialités des sols calédoniens et sur la mise en valeur de terres marginales par des associations d'une plante herbacée et d'une rhizobactérie promotrice de la croissance des plantes.

En prenant en compte la complexité des relations sol-plante-bactérie, cette recherche a pu démontrer qu'en



partant d'un milieu microbiologiquement mal connu et avec des caractéristiques édaphiques tout à fait particulières, il semblait plus judicieux, pour connaître les potentialités naturelles des sols, d'en étudier la microflore bactérienne native plutôt que d'introduire des espèces bactériennes exogènes non adaptées aux conditions environnementales et qui risquent, de surcroît, de perturber l'équilibre écologique de ces milieux fragiles.

LES PERSPECTIVES

Les perspectives de ce travail sont de deux ordres : fondamentales et appliquées.

SUR LE PLAN FONDAMENTAL

Il serait intéressant de faire des hybridations ADN/ADN pour savoir si certaines souches calédoniennes seraient des espèces nouvelles. En outre, l'étude qualitative et quantitative des exsudats racinaires et des phytohormones, provenant de l'association plante herbacée-bactérie issue d'un sol dépourvu de matière organique, ou plus généralement de carbone, permettrait de mieux connaître l'interaction existant entre la plante et la bactérie. De plus, si la résistance au nickel était portée par un plasmide, elle pourrait alors être transmissible à d'autres micro-organismes. Enfin, il serait intéressant de chercher d'autres micro-organismes – associés aux es-

pèces herbacées, arbustives ou arborescentes – susceptibles d'être utilisés dans ce contexte écologique, comme par exemple les mycorhizes sur lesquels les recherches ont commencé.

SUR LE PLAN DE L'APPLICATION

Faire des expérimentations *in situ* permettrait de confirmer les résultats obtenus en pépinière pour les différentes souches testées.

De plus, expérimenter d'autres associations avec des espèces végétales diverses renseignerait mieux sur les solutions à proposer pour les différents sites écologiques.

Enfin, la méthodologie utilisée dans cette recherche pourrait inspirer d'autres études sur les bactéries natives qui pourraient être appliquées à d'autres milieux dégradés et également à d'autres espèces végétales, aussi bien herbacées qu'arbustives (ou arborescentes).

Cette étude étant la première du genre sur ce territoire, elle a permis de donner une estimation des micro-organismes que l'on peut trouver dans les sols calédoniens. Cependant, un travail important reste encore à faire dans ce domaine.

► Sylvia MERCKY
5, rue JB. Morault
Anse Vata
98800 NOUMEA
Nouvelle-Calédonie

LES INSTRUMENTS ÉCONOMIQUES DE LA FORÊT TROPICALE. LE CAS DE L'AFRIQUE CENTRALE.

COLL. ÉCONOMIE ET DÉVELOPPEMENT. CIRAD, MAISONNEUVE ET LAROSE, 128 P.

KARSENTY A., 1999.



Taxes, redevances, quotas, enchères, marchés de droits, subventions, primes de performance, certification des bois, interdiction d'exportation des grumes, marchés de carbone..., autant d'instruments économiques au centre des nouveaux débats sur la « gestion durable » des forêts tropicales, particulièrement de l'une de ses dimensions les plus controversées : l'exploitation forestière.

En utilisant la théorie économique et des exemples concrets en Afrique centrale mais aussi en Asie du Sud-Est, ce livre offre une vision pragmatique et stimulante des enjeux de politique forestière attachés à ces nouvelles dimensions de la gestion des forêts tropicales où se croisent économie et écologie.

ISBN Maisonneuve et Larose :
2-7068-1425-X

ISBN Cirad : 2-87614-363-1

Prix : 90 F

Maisonneuve et Larose
15, rue Victor Cousin
75005 Paris

La librairie du Cirad
Avenue Agropolis
Bâtiment 4
BP 5035
34032 Montpellier Cedex 1