

COMPTE RENDU CONCERNANT LES SEMINAIRES SUR LES ARBRES FIXATEURS
D'AZOTE ET L'AMELIORATION BIOLOGIQUE DE LA FERTILITE
DU SOL , DAKAR , MARS 1986

par Y. DOMMERGUES , CTFT - ORSTOM France .

Dans ce compte rendu, nous traiterons exclusivement des problèmes relatifs aux arbres (fixation d'azote et mycorhization) et aux plantes semi-ligneuses à nodules caulinaires. La première partie est consacrée aux résultats les plus marquants présentés lors des deux séminaires dans les domaines de recherche que nous venons de définir . La deuxième partie est un résumé des recommandations concernant d'une part les thèmes de recherche à privilégier , d'autre part les moyens indispensables à la réalisation des objectifs visés .

PREMIERE PARTIE : RESULTATS LES PLUS MARQUANTS PRESENTES AU COURS
DES SEMINAIRES .

Ces résultats ont été regroupés sous 5 rubriques : les 3 premières concernent les 3 groupes de systèmes fixateurs d'azote , la quatrième les associations mycorhiziennes, et la cinquième l'important problème de la sélection des plantes hôtes et de la multiplication végétative.

1. Les légumineuses sahéliennes et soudanaises

On a longtemps négligé les espèces natives au profit des espèces introduites. Mais depuis quelques années, ce courant a tendance à se renverser. Les principales légumineuses ligneuses qui font actuellement l'objet de recherches approfondies appartiennent essentiellement aux espèces suivantes : Acacia raddiana (= A. tortilis) A. senegal, A. nilobica, A. albida, A. seyal, Albizia ferruginea, Prosopis africana.

On a pu distinguer trois groupes de plantes-hôtes en fonction de leur aptitude à noduler avec les deux grands groupes de Rhizobium tropicaux : les rhizobium à croissance rapide (Rr) et les rhizobium à croissance lente (Rl) :

- groupe 1 comprenant les espèces nodulant exclusivement avec les Rr, par ex. A. senegal ;
- groupe 2, comprenant les espèces nodulant exclusivement avec les Rl, par ex. Acacia albida ;
- groupe 3, comprenant les espèces nodulant indifféremment avec les Rr et les Rl.

Il pourrait être intéressant de mettre à profit la caractéristique du groupe 3 de noduler les Rr et Rl pour aborder l'étude de l'aptitude compétitive des Rhizobium en fonction de leur vitesse de croissance.

Dans le cas du groupe 3, l'effectivité (c'est-à-dire l'aptitude à fixer l'azote) est très variable : chez certaines plantes hôtes, l'effectivité est plus élevée quand elles s'associent avec un Rr ; chez d'autres plantes-hôtes, l'effectivité est, au contraire, plus élevée lorsqu'elles nodulent avec des Rl. En d'autres termes, il apparaît que la spécificité relative à l'effectivité est plus étroite que la spécificité relative à la nodulation.

Ces résultats ont conduit à initier des recherches ayant pour objet l'obtention de souches à large spectre, c'est-à-dire capables de noduler les plantes appartenant aux trois groupes définis ci-dessus. L'obtention de telles souches permettrait de réduire considérablement le nombre de types d'inoculateurs nécessaires actuellement.

On a pu montrer que les plantes du groupe 1 étaient beaucoup plus spécifiques que les autres. C'est en particulier le cas d'Acacia senegal et celui d'une espèce très voisine, A. leta. Etant donné que les Rr sont beaucoup moins ubiquistes que les Rl, il est très généralement nécessaire d'inoculer les Acacia du groupe 1, même lorsque le sol de la pépinière n'a pas été stérilisé.

On ne sait pas grand chose sur le niveau de la fixation d'azote en saison sèche. Toutefois, des observations préliminaires ont montré que certaines espèces (telles qu'Erythrophleuni guineense ou Dalbergia sp.) peuvent continuer à fixer l'azote en saison sèche grâce à leurs nodules pérennes.

Un premier inventaire des légumineuses ligneuses au Kenya a donné les résultats suivants :

Des nodules ont été trouvées chez sept des 11 Mimosaceae étudiées (dont trois Acacia, deux Albizia et Prosopis juliflora) et chez quatre des Papilionaceae examinées (Dalbergia melanoxylon, deux Erythrina et Sesbania sesba). Aucune des six espèces de Caesalpinaceae examinées ne nodule.

On a observé, dans la flore, des légumineuses ligneuses de l'Afrique de l'Ouest, en particulier au Nigéria, une variabilité intraspécifique importante, qui, dans l'avenir, devrait être exploitée pour l'amélioration de ces plantes. Cette observation est à rapprocher de la découverte, au Sénégal, d'une grande variabilité génétique à l'intérieur de l'espèce Acacia senegal ; il serait également souhaitable de tirer parti de cette variabilité, en vue d'améliorer la productivité, le potentiel fixateur d'azote et la rusticité de cet arbre.

2. Les légumineuses des régions tropicales humides

Les potentialités de certains arbres fixateurs d'azote pour la production de combustible ont été étudiées dans certains pays tropicaux humides tels que Sri Lanka. Des essais ont été conduits avec et sans inoculation et à différents niveaux de fertilisation avec Leucaena, Sesbania, Albizia, Acacia, ainsi qu'avec des arbres non fixateurs d'azote comme Eucalyptus. La biomasse produite par les arbres non inoculés a été également comparée dans un essai d'adaptation à différentes conditions écologiques. Les inoculum sont un mélange de souches indigènes et de souches de collection. Les souches pour Leucaena ont été sélectionnées pour leur caractère acidophile et leur résistance à la toxicité aluminique. De nombreuses souches indigènes se révèlent alors mal adaptées. L'inoculation de Leucaena et de Sesbania est donc nécessaire pour assurer une nodulation correcte et une bonne croissance des arbres.

Le facteur limitant suivant pour la croissance des 3 espèces est la sécheresse aliée à la température trop élevée, cependant des plants de Sesbania grandiflora atteignent 120 cm après 9 mois avec seulement 270 mm de pluie.

Des attaques de fourmis blanches sur Eucalyptus et de borer de la tige sur Sesbania ont parfois été observées , alors que Leucaena n'est pas touché .

Dans les parcelles sans engrais la biomasse produite par Leucaena peut atteindre 20 tonnes (poids sec) par ha et par an dans les régions bénéficiant d'une pluviométrie correcte.

Un programme d'action pour la préparation du sol, la sélection des arbres et des rhizobium, la détermination de la densité optimale de plantation et de la fertilisation pour un rendement maximum en bois-combustible a été présenté.

A l'IITA une étude approfondie des Rhizobium de Leucaena Leucocephala a abouti à la sélection de deux souches de rhizobium spécifiques , parfaitement adaptés aux sols du Nigeria. Ces souches sont non seulement effectives, mais elles sont également compétitives (étude avec la méthode ELISA 9; en outre elles survivent bien dans le sol.

Des mesures fondées sur les méthodes isotopique et la méthode par différence ont montré que la fixation d'azote par Leucaena Leucocephala, dans les conditions nigérianes, était comprise entre 150 et 250 kg fixé par ha et par an. La méthode d'évaluation par différence donne sensiblement les mêmes résultats que la méthode isotopique.

3. Plantes actinorhiziennes

Ces plantes fixatrices d'azote, arbres et arbustes pour la plupart, sont appelées plantes actinorhiziennes en raison de leur association avec un actinomycète, Frankia, qui forme des nodules sur leurs racines. On connaît actuellement 200 espèces de plantes actinorhiziennes réparties en 8 familles : Casuarinacées, Myricacées, Bétulacées, Elaeagnacées, Rhamnacées, Coriariacées, Rosacées, Datés cacées. Les genres les plus importants sont le tropique appartenant aux familles suivantes : Casuarinacée, Myriacées, Betulacées, Eloeagnacées,

Coriariacées, Datés cacées, Rosacées. Il est probable que l'on découvrira, au cours des prochaines années, de nouvelles espèces et peut-être de nouveaux genres en milieu tropical.

Les Casuarina jouent un rôle essentiel en foresterie ou agroforesterie tropicales, comme producteurs de bois d'oeuvre et surtout bois de feu, et régénérateurs ou protecteurs de sol.

En zone méditerranéenne, les Casuarinacées contribuent très efficacement à la protection des sols. Elles participent à la reconquête des zones désertiques en Egypte où les espèces les plus employées sont Casuarina glauca, C. cunninghamiana, C. equisetifolia et un hybride C. cunninghamiana x C. glauca. Il existe maintenant à Alexandria, une collection vivante de nombreuses provenances de Casuarina : des recherches sont en cours pour améliorer la tolérance au sel et la production de biomasse. L'inoculation des Casuarina est nécessaire dans la plupart des sols.

4. Associations mycorhiziennes

La biotechnologie des mycorhizes commence seulement à se développer car les recherches sont récentes et quelques problèmes majeurs restent à résoudre. Cependant, les connaissances acquises sur le fonctionnement des mycorhizes, surtout au niveau de la nutrition phosphatée, et sur les facteurs édaphiques régissant leur potentiel, permettent déjà des applications. De plus, la possibilité d'analyser et de caractériser les populations de champignons mycorrhizogènes des sols permet de proposer des stratégies d'inoculation.

Le problème majeur limitant la meilleure utilisation des mycorhizes dans les pratiques culturales reste la production en grande échelle de l'inoculum. On assiste à un début de commercialisation pour les champignons des ectomycorrhizes d'arbres forestiers qu'on peut multiplier en culture pure. Pour les endomycorrhizes VA, dont on ne peut pas cultiver les champignons en absence de la plante-hôte et qui concernent la plupart des plantes agricoles fruitières, horticoles, forestières, la production d'inoculum reste artisanale, ce qui m'empêche

pas leur utilisation sur les surfaces restreintes telles que les pépinières. Une étude préliminaire en Côte-d'Ivoire a montré que la recherche et la mise en valeur des sols renfermant des populations mycorrhiziennes très performants pourrait être une voie alternative à explorer.

Une étude de l'effet de l'endomycorhization sur la croissance et la fixation d'azote par Acacia cyanophylla illustre bien la possibilité d'améliorer la fertilité du sol pour cette plante par la double inoculation Rizobium-endomycorhize. Des apports de phosphate soluble à ces plantes doublement inoculées ont augmenté la croissance et la fixation d'azote, mais une apparente toxicité était apparue en présence des apports les plus élevés. La cause de cette toxicité reste à déterminer.

Les premières recherches sur les ectomycorhizes d'Afzelia africana et d'Uapaca guinaensis viennent de commencer au Sénégal. L'isolement et la culture de ces champignons permettraient d'envisager l'inoculation d'A. africana en pépinière afin d'améliorer sa production.

Les observations préliminaires sur les ectomycorhizes de Quercus suber de la forêt de la Mamora au Maroc ont été présentées. On a commencé l'isolement des champignons mycorrhiziens qui prédominent dans cet écosystème. Un d'entre eux, Cenococun graniforme sera utilisé dans les essais d'implantation des chênes en zone sèche, car il est réputé améliorer la résistance des arbres aux stress hydriques.

Au Malawi, il est envisagé de remplacer les techniques d'inoculation traditionnelle du Pin (qui utilisent du sol provenant des anciennes plantations), par l'utilisation d'inoculum fongique pur. L'inoculation de Pisolithus tinctorius, choisi pour sa rapide fructification, s'avère prometteuse.

5. Sélection des plantes hôtes et multiplication végétative in vitro

Les techniques de culture in vitro constituent une méthode d'amélioration de la fixation de l'azote atmosphérique chez les arbres. Après

avoir rappelé les principes de la micropropagation des arbres, il est montré, à partir de récents travaux, que les plantes hôtes sélectionnées pour leur aptitude à fixer l'azote peuvent être multipliées en masse, puis inoculées avec la souche de microorganisme spécifique avant leur transfert au champ. Deux exemples viennent ensuite illustrer les premières étapes de cette nouvelle biotechnologie. Chez Acacia albida, on a mis au point une technique de micropropagation d'arbre adulte. Les explants placés en culture sont constitués par des noeuds qui proviennent, soit de drageons, soit de rejets. Selon leur origine, les bourgeons présentent un développement différent qui est analysé. Chez Casuarina equisetifolia, on a développé une technique originale de micropropagation à partir d'inflorescences femelles immatures. Par ailleurs, une organogénèse de C. obesa a été réussie à partir de cals d'hypocotyles. Les cals ont régénéré des bourgeons et des racines sans changement de milieu.

DEUXIEME PARTIE : RECOMMANDATIONS .

1. Les thèmes de recherche à privilégier

Ils peuvent être répartis en 3 catégories :

- a) recherches concernant les plantes . Sont à promouvoir en particulier la recherche de plantes aptes à noduler et à mycorhizer, la mise au point de méthodes de multiplication végétative de ces plantes .
- b) recherches concernant les microorganismes . Une question préalable à laquelle il est nécessaire de répondre avant toute étude est de savoir s'il est nécessaire d'inoculer . Pour les rhizobium , il convient de rechercher les souches les plus ubiquistes.
- c) recherches concernant les mécanismes. Il s'agit surtout de pouvoir quantifier les processus : la recherche méthodologique est nécessaire dans ce domaine .

2. Les travaux d'application

Des études appliquées , liées aux précédentes, sont indispensables pour.

- a) mettre au point des formules d'engrais favorisant la fixation biologique de l'azote
- b) adapter les résultats des recherches en station aux conditions locales de sol, climat , etc...
- c) transférer les techniques en milieu rural.

3. Moyens indispensables pour la réalisation de ces objectifs

La recherche doit être menée grâce aux moyens propres de chaque institution, ces moyens doivent être suffisants : Cependant il convient aussi d'établir des liens entre programmes nationaux et ceux des instituts internationaux . La coordination des programmes est nécessaire pour éviter la duplication.

La Fondation Internationale pour la Science doit davantage lier son action avec celle des instituts internationaux.

La publication des travaux est un moyen privilégié pour renforcer la collaboration, le Centre Technique de Coopération Agricole et Rurale peut jouer un grand rôle .