Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss foresty journal = Journal forestier suisse

Herausgeber: Schweizerischer Forstverein

Band: 136 (1985)

Heft: 10

Artikel: Les symbioses fixatrices d'azote atmosphérique chez quelques arbres du Rwanda (Afrique équatoriale)

Autor: Froidevaux, Lucien

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-764509

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 09.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Les symbioses fixatrices d'azote atmosphérique chez quelques arbres du Rwanda (Afrique équatoriale)

Par *Lucien Froidevaux*
Intercoopération, CH-3001 Berne

Oxf.: 181.351:114.67:(675.98)

1. Introduction

L'appauvrissement du sol par la pratique de l'agriculture intensive, l'érosion des terrains dénudés en pente par les pluies violentes et le manque de bois comptent parmi les problèmes les plus préoccupants du Rwanda.

Afin d'y remédier, on préconise entre autres d'utiliser des engrais verts et d'intégrer des arbres aux cultures. *Pietrowicz* (1983) à montré que sur des sols pauvres rwandais, les engrais verts améliorent le rendement des récoltes de maïs de 2 à 4 fois, équivalant à une application d'une fumure complète de 120 kg $ha^{-1}N$, 100 kg ha^{-1} P_2O_5 et 100 kg ha^{-1} K_2O. L'effet des engrais verts, constitués de Légumineuses, fut surtout attribué à un enrichissement du sol en azote. En effet, l'application de 100 kg ha^{-1} P_2O_5 et 100 kg ha^{-1} K_2O seulement, n'eut pas d'influence sur les rendements.

En outre, l'intégration de certains arbres aux cultures permet de tirer profit en permanence des symbioses fixatrices d'azote atmosphérique. Il est généralement admis que les arbres appartenant aux Légumineuses peuvent fixer l'azote atmosphérique grâce aux bactéries contenues dans les nodosités situées sur la tige ou sur les racines. Pourtant, les Légumineuses autochtones ou introduites ne possèdent pas toutes cette propriété; alors que des arbres n'appartenant pas aux Légumineuses peuvent aussi fixer l'azote de l'air. Si les bactéries symbiotiques des Légumineuses autochtones fixatrices sont répandues dans les sols, il n'en est pas de même pour certaines plantes fixatrices récemment introduites.

Traditionnellement les paysans pratiquent des associations de cultures en utilisant surtout des haricots qui fixent l'azote. Aujourd'hui des projets de développement s'efforcent de propager le soja. Or une enquête a révélé que les cultivateurs estiment que le soja épuise le sol en azote (Tranchant, FAO, communication personnelle). Effectivement, le soja ne forme pas de nodosités au Rwanda, car la bactérie symbiotique, *Rhizobium japonicum,* ne s'y trouve

pas à l'état spontané. 80 % de l'azote utilisé par le soja peut être dérivé de l'air s'il y a fixation; dans le cas contraire, l'azote sera prélevé du sol que le soja appauvrira (Montange, IRAT, communication personnelle). En milieu rural, l'inoculation permet en plus de doubler la production de grains de soja *(Froidevaux,* 1985).

Depuis l'arrivée des Européens, plusieurs Légumineuses ligneuses ont été introduites dont une collection importante se trouve dans l'arboretum de Butare. En forêt naturelle de montagne et surtout dans les savanes boisées, les Légumineuses ligneuses sont fréquentes. Certaines espèces peuvent bien s'adapter dans la zone cultivée des collines comme en témoignent les plantations dans l'arboretum situé à 1750 m d'altitude.

Dans les lignes qui suivent, on a tenté de faire le point sur la faculté de fixer l'azote des Légumineuses ligneuses les plus répandues. Pour *Leucaena leucocephala* qui ne forme pas de nodosités spontanément, des essais d'inoculation ont été entrepris avec des souches bactériennes importées. Si l'accent a été mis sur *L. leucocephala,* c'est que cette essence vient d'être introduite massivement un peu partout dans le pays. C'est une des rares espèces qui remplissent les 14 critères fixés par *Rachie* (1983) pour une utilisation idéale en agroforesterie. La symbiose *Leucaena leucocephala* + *Rhizobium loti* permet de fixer annuellement plus de 500 kg d'azote par hectare qui équivalent à 2500 kg de sulfate d'ammonium. Les feuilles fournissent une quantité importante de matière sèche qui augmente rapidement la fertilité du sol *(Domingo,* 1983). Environ 6 sacs de feuilles séchées contiennent autant d'azote qu'un sac de sulfate d'ammonium. La lente décomposition des feuilles par l'action des micro-organismes donne plus de chances aux cultures d'absorber les éléments nutritifs que ce ne serait le cas avec des fertilisants inorganiques rapidement lessivés par les pluies tropicales violentes.

2. Le site

Le Rwanda jouit d'un climat équatorial montagnard avec des précipitations modérées bien réparties au cours de l'année avec un déficit de saturation ne dépassant pas 3 mois. Les précipitations, provoquées par convection, augmentent avec l'altitude qui est supérieure à 1400 m, si bien que la température moyenne est inférieure à 20 °C.

Quant aux sols, ils ne présentent que peu de variations: les kaolisols dominent sur plus de 80 % du territoire. Les sols des plateaux orientaux et des collines centrales sont constitués d'argiles latéritiques formées à partir de schistes *(Combe,* 1982). Les sols dégradés ont un pH de 3,8—4,3 (n-KCl) (Pietrowicz, 1983).

3. Nodulation des essences autochtones et introduites

Les aunes et les filaos *(Casuarina* sp.), tous introduits, peuvent s'associer à des Actinomycètes appartenant au genre *Frankia* qui sont capables de fixer l'azote atmosphérique. La symbiose appelée actinorhize se manifeste sur le système racinaire par de gros nodules lignifiés. Dans l'arboretum de Butare aucune espèce de filao introduite entre 1938 et 1948 ne forme de nodule. Si la culture des *Frankia* en bioréacteur en est encore au stade expérimental *(Diem et al.,* 1983), ces micro-organismes sont beaucoup plus résistants dans leur milieu naturel que les *Rhizobium* des Légumineuses. Ainsi, on peut les conserver vivants dans les nodules séchés et les importer sous cette forme. Un broyat de nodules peut ensuite servir d'inoculum. Au Sénégal où la nodulation de *C. equisetifolia* est abondante, des nodules pilés sont mélangés à l'eau d'arrosage en pépinière (Gibson, CARE International, communication personnelle).

Des actinorhizes n'ont pas été trouvées sur des essences autochtones. Contrairement à une opinion très répandue, les nodosités des racines des *Podocarpus,* seules Gymnospermes de la forêt naturelle, sont en réalité des endomycorrhizes bien incapables de fixer l'azote de l'air.

Les Fabacées et les Mimosacées ligneuses autochtones possèdent la faculté de fixer l'azote, exception faite des *Millettia* et de *Newtonia buchananii* grand arbre de la forêt primaire. La Légumineuse ligneuse la plus répandue en milieu rural est l'érythrine *(Erythrina abyssinica)* qui est protégée traditionnellement; sa nodulation est remarquable aussi bien par la grosseur que par l'abondance des nodosités. Par contre, les Césalpiniacées autochtones ne sont pas fixatrices sauf peut-être certaines espèces de *Cassia* non encore examinées.

Parmi les Légumineuses ligneuses introduites, la nodulation est très variable et souvent insatisfaisante. *Sesbania sesban* constitue une exception car le genre *Sesbania* existe dans la flore autochtone. Des espèces introduites pour enrichir le sol comme *Leucaena leucocephala* ne forment pas de nodosités. Les espèces de *Calliandra* ne sont pas toutes fixatrices, mais aucune provenance ne semble former de nodosités au Rwanda sans inoculation. *Acacia mearnsi* et *A. melanoxylon* utilisés dans les grands reboisements ont été décevants à long terme. Le premier a tendance à dégrader le sol alors que le second est attaqué par un coléoptère qui perfore le bois. Mis à part *Cassia kirkii,* les Césalpiniacées introduites ne sont pas fixatrices d'azote: ainsi *Acrocarpus fraxinifolius* qui constitue une belle parcelle dans l'arboretum, de même que *Cassia spectabilis* et *C. siamea,* considérés à tort comme fixateurs.

4. Essais d'inoculation

Leucaena leucocephala a été introduit dans l'arboretum de Butare en 1946. A l'époque coloniale, il était utilisé dans les plantations de café, mais il a pratique-

ment disparu depuis l'indépendance. Depuis quelques années, une association de chercheurs basée en Hawaï (Etats-Unis), s'intéressant aux arbres fixateurs d'azote, publie une revue exclusivement consacrée aux résultats des travaux effectués sur *L. leucocephala*. Au Rwanda, les projets de développement agricole commencent à s'y intéresser et commandent de plus en plus de graines à la centrale de graines forestières gérée par le Département de Foresterie de l'ISAR (Institut des Sciences Agronomiques du Rwanda).

Le *Leucaena* ne nodule pas spontanément au Rwanda, c'est pourquoi de l'inoculum constitué par des cultures de sa bactérie symbiotique, *Rhizobium loti,* a été importé en 1982 des Etats-Unis.

La firme américaine Nitragin qui produit industriellement de l'inoculum pour le soja, accepte sur commande de cultiver également des *Rhizobium* d'essences ligneuses.

La réponse des semis de *Leucaena* à l'inoculation a d'abord été testée sur des sols de fertilité variable avant que l'inoculum soit distribué systématiquement par la centrale de graines forestières. Sur le sol le plus dégradé, un versant totalement dénudé d'une colline érodée à Ruhashya, on a constitué des lignes antiérosives pour fixer le terrain avec des plants de *Leucaena* issus de graines inoculées. Après 16 mois, le diamètre au collet moyen des plants inoculés était le double de celui des témoins non inoculés. Sur le sol le plus fertile, un champ cultivé avec du haricot et du maïs, des *Leucaena* issus de graines inoculées ont servi à ombrager et à fertiliser les cultures. Après 4 mois, les plants inoculés avaient déjà développé un houppier étalé avec une hauteur moyenne de 126 cm contre 79 cm chez les témoins non inoculés. La teneur en azote des feuilles était de 4,31 % contre 3,96 %.

Parmi les *Calliandra,* certaines provenances ou espèces répondent bien à l'inoculation par une nodulation abondante, alors que d'autres vraisemblablement non fixatrices, ne nodulent pas.

Le laboratoire de microbiologie de l'ISAR appuyé par la FAO commence à produire de l'inoculum pour le soja à partir de cultures de *Rhizobium japonicum* importées. Prochainement il pourra débuter la production d'inoculum pour le *Leucaena.* L'inoculation d'essences ligneuses est un bon investissement puisqu'un sachet d'inoculum permet d'inoculer 45 kg de graines, soit plus de 700 000 semis.

5. Discussion

Avant de préconiser une Légumineuse ligneuse en agroforesterie dans le but d'enrichir le sol en azote, on s'assurera d'abord qu'elle est génétiquement capable de s'associer à des bactéries fixatrices d'azote atmosphérique. On vérifiera ensuite si la nodulation est abondante en pépinière;dans le cas contraire, on envisagera l'inoculation.

Au Rwanda, la nodulation déficiente du *Leucaena leucocephala,* la Légumineuse ligneuse la plus préconisée actuellement, n'est pas exceptionnelle. En Inde et aux Philippines *(Chaturvedi,* 1983) ainsi qu'au Paraguay *(Evans* et *Rombold,* 1984) la nodulation est nulle, alors qu'elle est médiocre au Pakistan *(Hussein et al.,* 1983).

Rares sont les auteurs qui relatent des essais d'inoculation chez des Légumineuses ligneuses. Au Brésil, *Döbereiner* (1977) a pu doubler par l'inoculation la survie des plants de *Mimosa caesalpinifolia* sur un sol érodé. Au Sénégal, *Cornet* et *Diem* (1982) ont obtenu avec *Acacia holosericea* et *A. raddiana* des gains de matière sèche de 147 % sur du sol stérilisé préalablement.

La question de l'amendement du sol est très débattue au Rwanda où tous les engrais doivent être importés et coûtent par conséquent 2,5 fois plus chers en devises que sur le marché mondial (Pietrowicz, 1983). A Taïwan, un apport de chaux de 15 t ha^{-1} au eu moins d'effet sur la croissance du *Leucaena* que l'inoculation, considérablement plus économique que le chaulage *(Young* et *Chao,* 1983). Au Mexique, un apport d'azote de 100 kg ha^{-1} a bien moins stimulé la croissance du *Leucaena* que l'inoculation *(Moreno-Quiroz et al.,* 1983).

Zusammenfassung

Die Stickstoffixierung, beobachtet an einigen Bäumen Rwandas

Es kann davon ausgegangen werden, dass die Baumvertreter unter den Leguminosen mit Hilfe ihrer Fähigkeit zur Stickstoffixierung aus der Luft einen Beitrag zur Bodenverbesserung leisten. Dies trifft allerdings nicht für alle einheimischen oder eingeführten Leguminosen-Baumarten zu, dagegen kommt diese Fähigkeit auch Baumarten zu, die nicht der Gruppe der Leguminosen angehören. Bei einigen in Rwanda eingeführten Baumarten, die als Stickstoffixierer gelten, kann keine spontane Knöllchenbildung beobachtet werden, weil in Rwanda die artspezifischen Rhizobien fehlen. Vor der Aussaat ins Keimbeet können die Samen dieser Arten mit importiertem, entsprechenden Rhizobium, welches hier im Labor vermehrt werden kann, geimpft werden, was zu einer reichlichen Knöllchenbildung der jungen Pflanzenwurzeln führt. Infolgedessen kann ein signifikant schnelleres Initialwachstum und eine erhöhte Stickstoffanreicherung in den Blättern dieser Pflanzen beobachtet werden.

Traduction: *A. Egli*

Chaturvedi, A.N., 1983: Performance of *Leucaena leucocephala*. The Indian Forester 109: 423–426.

Combe, J., 1982: Essai sur la végétation forestière du Rwanda (Afrique). Journal Forestier Suisse 4: 319–332.

Cornet, F. et *H.G. Diem*, 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 mossae* sur la croissance de *Acacia holosericea* et *A. raddiana*. Bois et Forêts des Tropiques 198: 3–15.

Diem, Hoang Gia, D. Gauthier et *Y.R. Dommergues*, 1983: Inoculation of *Casuarina* using a pure culture of *Frankia*. In: Nitrogen Fixing Tree Research Reports 1: 18–19.

Döbereiner, J., 1977: Present and future opportunities to improve the nitrogen nutrition of crops through biological fixation. p. 3–12. In: Biological nitrogen fixation in farming systems of the tropics. Edité par A. Ayanaba et P.J. Dart. John Willey and sons. Chichester, New York, Brisbane. Toronto.

Domingo, I.L., 1983: Nitrogen fixation in southeast asian forestry: Research and practice, p. 295–315. In: Biological nitrogen fixation in forest ecosystems: Foundations and applications. Edité par J.C. Gordon et C.T. Wheeler. Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Publishers. 342 p.

Evans, P.T. et *J.S. Rombold*, 1984: Paraiso (*Melia azedarach* var. «Gigante») woodlots: an agroforestry alternative for the small farmer in Paraguay. Agroforestry Systems 2: 199–214.

Froidevaux, L., 1985: Nodulation de quelques arbres fixateurs d'azote. Note Technique ISAR. 30 p. A paraître.

Hussein, Altaf, Akhtar Hussain et *M. Arshad*, 1983: *Leucaena* – its nodulation at Faisalabad, Pakistan. In: Leucaena Research Reports. 4: 65. NFTA.

Moreno-Quiroz A., R. Ferrera-Cerrato et *R. Numez-Escobar, 1983: Effect of inoculation with different Rhizobium* sp. strains in *Leucaena leucocephala*. In: Leucaena Research Reports. 4: 57–58. NFTA.

Pietrowicz, P., 1983: Ausgewählte Methoden zur Nutzungsoptimierung in Rahmen des standortsgerechten Landbaus in Rwanda. p. 143–162. In: Möglichkeiten und Probleme intensiver Bodennutzung in den Tropen und Subtropen. Giessener Beiträge zur Entwicklungsforschung. Reihe I, Band 9. Wissenschaftliches Zentrum Tropeninstitut Justus-Liebig-Universität Giessen.

Rachie, K.O., 1983: Intercroping tree legumes with annual crops. p. 103–116. In: Plant Research and Agroforestry. 617 p. (P.A. Huxley ed.). ICRAF, Nairobi.

Young, C.C. et *C.C. Chao*, 1983: Effect of liming and rhizobial inoculant on seedling growth of *Leucaena leucocephala* in the field experiment. In: Leucaena Research Reports. 4: 73–74.