

De l'azote pour les plantes vivaces

Recherches sur le rôle des arbres dans la régénération des sols

par Glynn D. Bowen et Seth K.A. Danso

Dans bon nombre de pays tropicaux, l'accroissement de la production alimentaire est moins rapide que celui de la population. Dans 35 des 41 pays de l'Afrique sub-saharienne, par exemple, la croissance démographique a dépassé la production alimentaire. Les sols tropicaux sont, pour la plupart, infertiles ou très fragiles; il faut donc les soigner tout particulièrement si l'on veut accroître la production agricole. Dans ces régions on pratique essentiellement la culture par rotation et la jachère: on cultive la terre pendant 3 à 5 ans, puis on laisse en jachère pendant 4 à 10 ans, pour permettre au sol de recouvrer sa fertilité. Les arbres jouent un rôle vital dans ce processus; ceux qui fixent l'azote de l'atmosphère ont un avantage supplémentaire: ils accélèrent la régénération par leur pousse rapide dans des sols pauvres en azote, élément nutritif essentiel des végétaux.

La culture intensive, en réponse à la croissance démographique et à la demande alimentaire, a raccourci les périodes de rotation, d'où une forte baisse de la fertilité des sols et une recrudescence de l'érosion dans les régions humides et semi-arides et, par voie de conséquence, la mise en culture de terres marginales. Le rendement des petites exploitations a donc quelquefois baissé de 70 à 80% dans l'année ou les deux années suivant la mise en culture. Dans les régions plus arides, le surpâturage et l'abattage des arbres ont entraîné une baisse de la productivité, l'érosion des sols et la désertification (6 millions d'hectares par an). A moins de trouver des remèdes efficaces, la situation risque de s'aggraver. Le recours aux engrais pour rétablir la fertilité des sols — méthode pratiquée dans la plupart des pays développés — est souvent trop onéreux dans les pays en développement. Par ailleurs, 65% des sols tropicaux sont fragiles et s'appauvrissent rapidement si on les cultive de manière intensive.

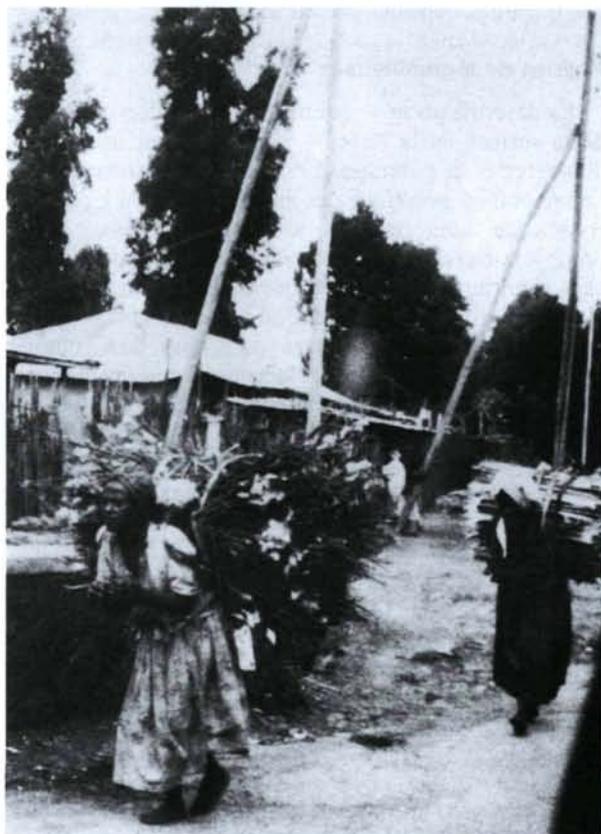
Il se trouve aussi que dans les pays en développement le bois de chauffage représente quelque 45% de l'énergie primaire; il faudrait peut-être multiplier ce chiffre par deux en milieu rural. La déforestation pose à son tour un problème: la pénurie de bois de chauffage. Or, c'est un produit vital: dans certains pays, sa collecte représente 40% des heures de travail des femmes et des

enfants. On estime que dans certaines villes d'Afrique l'achat de charbon de bois absorbe 50% du budget familial; 55 millions d'habitants sont confrontés à une crise du bois de chauffage et, d'ici à l'an 2000, ce chiffre pourrait passer à 550 millions (sur une population prévue de 760 millions). La Banque mondiale a estimé que d'ici le tournant du siècle, 3 milliards de personnes vivront dans des régions où il y aura pénurie aiguë de bois de chauffage; il faudra donc se le procurer ailleurs.

L'agroforesterie et ses avantages

Les systèmes de culture qui font une place aux arbres peuvent créer un milieu écologique permettant de combiner la production d'aliments, de bois de chauffage et de fibres. Etant donné leur nature vivace, leurs racines profondes et, souvent, leur abondante biomasse, les

Collecte de bois de chauffage dans la campagne africaine.



M. Bowen est chef de la Section de la fertilité des sols, de l'irrigation et de la production agricole, Division mixte FAO/AIEA de l'application de l'énergie atomique (isotopes et rayonnements) au progrès de l'agriculture et à l'alimentation. M. Danso est membre de cette même section.



Effets du déboisement en Afrique: terres communales en voie de dégradation.

Les arbres présentent un certain nombre d'avantages par rapport à d'autres végétaux: inutile de les replanter tous les ans et, une fois en place, c'est tout au long de l'année qu'ils contribuent à la conservation des sols. Ils arrivent à recycler des éléments nutritifs inaccessibles à la plupart des cultures alimentaires à faible enracinement, puisant ces éléments dans les couches profondes pour les amener à la couche superficielle. Ils fournissent aussi de la matière organique et servent à stabiliser les sols fragiles. Les arbres qui fixent l'azote revêtent un intérêt particulier, car ils poussent dans des sols pauvres en azote, et quelquefois en phosphore, et apportent ainsi des quantités considérables d'azote au sol.

Prairies de légumineuses

La désertification — qui menace près d'un cinquième de la surface de la terre — frappe surtout les régions d'herbage et de pâturage. Les scientifiques travaillant à l'amélioration génétique des animaux ont peu à peu pris conscience que, malgré toute l'importance de la prophylaxie et d'une saine exploitation du bétail dans les pays tropicaux, la mauvaise qualité des pâturages est la plus grave difficulté à laquelle se heurte l'élevage sur les terres marginales. A mesure qu'il faut des volumes croissants de céréales pour la consommation humaine directe, il devient urgent d'améliorer la productivité et la qualité nutritive des pâturages. Les sols acides non fertiles sont très courants dans les pays tropicaux; ils représentent plus de la moitié des terres en Amérique tropicale, soit quelque 850 millions d'hectares.* En choisissant bien les plantes et en gérant bien leur culture on peut obtenir sur ces terres des pâturages luxuriants, libérant ainsi les régions productives pour des cultures alimentaires. Les cultures de légumineuses fourragères sont particulièrement indiquées sur ces sols

marginaux, car maintes d'entre elles ont la propriété de convertir une partie de l'azote de l'air pour leur croissance, et peuvent donc pousser dans des sols pauvres en azote. Rien qu'en Nouvelle-Zélande, on a estimé que le trèfle des prés fixe plus d'un million de tonnes d'azote par an, soit plus de 1000 millions de dollars des Etats-Unis par an d'engrais à base d'urée.* Les légumineuses fourragères peuvent aussi pousser dans des sols pauvres en phosphore lorsqu'elles sont infectées par des mycorhizes. Les pâturages mixtes légumineuses/graminées fournissent donc une biomasse importante sur des sols infertiles et sont d'une grande valeur nutritive. Par leur caractère vivace et leur densité, ils protègent les sols contre l'érosion et les pertes d'éléments nutritifs par lessivage, et ils apportent de grandes quantités de matières organiques et d'azote qui renforcent la fertilité des sols.

L'AIEA au champ

Consciente de l'ampleur du problème, l'AIEA s'est déjà engagée dans des études sur les légumineuses fourragères capables de fixer l'azote et s'apprête à entreprendre des études analogues sur les arbres. Ces programmes relèvent de la Section de la fertilité des sols, de l'irrigation et de la production agricole, Division mixte de l'AIEA et de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), en collaboration avec le laboratoire agronomique de l'AIEA, à Seibersdorf (Autriche). Les recherches s'effectuent à Seibersdorf et dans 21 autres laboratoires de pays Membres de l'AIEA, industrialisés ou en développement. Au nombre des objectifs immédiats du programme figurent la mise au point de méthodes de mesure de l'azote fixé par ces plantes vivaces, la définition des pratiques culturales favorisant

* Voir «Tropical pasture research in acid infertile soils of Latin America: Present status and needs for the future», par P.A. Sanchez, dans *Pasture production in acid soils of the tropics*, sous la direction de P.A. Sanchez et L.E. Tergas, Comptes rendus de séminaire, CIAT, Cali (Colombie) (17-21 avril 1978).

* Voir «The effect of invertebrates on nitrogen-2 fixation», rapport de K.W. Steel, R.N. Watson et P.M. Bonish lors de la première réunion de coordination de la recherche, Programme FAO/AIEA de recherche coordonnée sur l'utilisation des techniques nucléaires dans l'aménagement des pâturages, Vienne (14-18 novembre 1983).



Casuarina stricta domine dans les sols pauvres en azote et en phosphore d'une région d'Australie recevant 200 millimètres d'eau par an.

la fixation d'azote, et la création de pâturages de légumineuses/graminées durables et très productifs.

Les techniques fondées sur l'emploi de l'azote 15, très courantes à Seibersdorf, se sont révélées efficaces pour mesurer la fixation de l'azote par les pâturages de légumineuses.* A ce jour, les résultats montrent qu'il existe plusieurs espèces capables de satisfaire à plus de 80% de leurs besoins d'azote en fixant celui de l'atmosphère — ce qui les rend très utiles dans les sols dépourvus de cet élément (voir le tableau). L'essentiel de l'effort devrait donc porter sur les techniques de gestion et de sélection permettant d'accroître la biomasse et, partant, la quantité d'azote fixée. Le volet gestion est actuellement à l'étude et concerne notamment l'effet de l'azote inorganique, la teneur en phosphore des sols, l'infection par le mycorhize, l'inoculation de *Rhizobium* et la compatibilité des espèces dans les

pâturages mixtes. On espère passer au volet sélection dans un proche avenir.

L'AIEA a accueilli, du 24 au 28 novembre 1986, une réunion consultative qui s'est penchée sur la question des arbres. Y ont assisté du personnel de l'Agence, de la FAO, de l'Office suédois pour le développement international (SIDA) et onze scienti-

Casuarina equisetifolia fixe l'azote et sert ici, au Sénégal, à stabiliser les sables côtiers.



* Pour un compte rendu des travaux effectués au laboratoire de Seibersdorf, voir «Comment renforcer la fixation biologique de l'azote», par S.K.A. Danso et D.L. Eskew, *Bulletin de l'AIEA*, vol. 26, n° 2 (1984).

Fixation de l'azote par les légumineuses fourragères

	Année	Pourcentage de l'azote fixé	
		Ecart	Moyenne
Autriche	1983-84	71-98	88
Etats-Unis	1983	72-86	80
Grèce	1984	52-93	81
Colombie	1985	48-89	68
Soudan	1984	77-90	84
Islande	1985	94-97	96
Nouvelle-Zélande	1984-85	71-90	84
		48-98	83

Le tableau donne les écarts et les moyennes de la fixation de l'azote par les légumineuses fourragères dans certains pays participant au programme FAO/AIEA de recherche coordonnée sur l'utilisation des techniques nucléaires dans l'aménagement des pâturages.

fiques venus de sept pays. Le groupe a défini les grandes questions à étudier pour optimiser la régénération et l'entretien des sols par les arbres et il a fait le point du rôle des isotopes et des techniques nucléaires et autres en arboriculture et dans les systèmes agriculture/élevage. La question des arbres et de l'azote a été abordée sous divers angles: quels sont les arbres qui fixent l'azote? Que sait-on de leurs besoins bactériens? Comment mesurer la fixation de l'azote (question très importante pour les études sur ce thème)? Quels sont les facteurs de l'environnement qui influent sur la fixation de l'azote et le retour des déchets au sol?

Les participants ont vivement recommandé de planter des arbres qui fixent l'azote dans les secteurs agroforestiers stables et dans les zones sylvo-pastorales. Ces espèces ont déjà montré leur utilité dans les exploitations où l'on fait alterner des rangées d'arbres avec plusieurs rangées de cultures vivrières. Le groupe est convenu de l'importance et du caractère irremplaçable des techniques isotopiques et nucléaires — dont bon nombre ont été mises au point par l'AIEA — lorsqu'il s'agit de bien gérer les systèmes agroforestiers et d'optimiser la fixation de l'azote et la croissance des arbres pour préserver ou restaurer la fertilité des sols.

Recherche nucléaire et riziculture

En Asie, les riziculteurs savent depuis des siècles que la fougère aquatique *Azolla* est un engrais organique naturel pour leurs cultures inondées. Des scientifiques recherchent aujourd'hui le moyen de généraliser l'emploi de cet engrais naturel en l'appliquant à un plus grand nombre de variétés de riz cultivées selon des pratiques et dans des environnements divers, afin d'en améliorer le rendement. Rappelons que le riz est l'aliment essentiel des deux tiers de l'humanité.

Depuis bientôt trois ans, l'AIEA, l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) et l'Office suédois pour le développement international (SIDA) assistent ces travaux au titre d'un programme de recherche coordonnée qui porte notamment sur les mécanismes de fixation biologique de l'azote et plus précisément sur la symbiose de l'*Azolla* et des algues bleues-vertes (cyanobactéries). Bien que les réserves d'azote atmosphérique soient inépuisables, les plantes et les animaux n'ont pas accès à la molécule N_2 à triple liaison. Or, certaines bactéries et cyanobactéries produisent l'enzyme nitrogénase qui réduit la molécule N_2 pour produire de l'ammoniac, lequel peut ensuite servir à la synthèse des protéines. La cyanobactérie *Anabaena azollae*, qui fixe l'azote, se loge dans le creux de la feuille d'*Azolla*. Cultivée dans les rizières, celle-ci peut accumuler en un mois de 30 à 60 kilos d'azote par hectare et l'on a constaté, après l'avoir soigneusement enfouie dans le sol, des augmentations de rendement atteignant 1,5 tonne à l'hectare. Comme la dose d'engrais azotés chimiques employée pour la culture du

riz est normalement de l'ordre de 60 à 100 kilos d'azote à l'hectare et qu'*Azolla* fournit au riz autant d'azote que l'engrais à base d'urée, elle offre évidemment des possibilités très intéressantes.

La recherche s'impose car les variétés de riz génétiquement améliorées de la «révolution verte» exigent davantage d'azote. Jusqu'à présent, le complément d'azote a été fourni par les engrais chimiques. Or ils coûtent cher, trop cher même pour les paysans pauvres.

Le programme AIEA/FAO/SIDA vise à chiffrer la quantité d'azote fixée et la quantité disponible pour le riz, et à organiser l'emploi d'*Azolla* pour augmenter le rendement des rizières. En utilisant l'azote 15 comme marqueur, on a pu constater que plus de 80% de l'azote accumulé par *Azolla* provient de la fixation et que cette fougère n'enlève au riz qu'une partie insignifiante de l'élément nutritif.

Les propriétés d'*Azolla* incitent les chercheurs à les perfectionner génétiquement afin d'étendre son champ d'application. La sensibilité de cette fougère à divers facteurs de l'environnement, et notamment aux herbicides employés dans les rizières, est un des obstacles à son expansion. Les chercheurs du Laboratoire de Seibersdorf (AIEA) s'efforcent d'obtenir les mutations souhaitables et de multiplier les variations génétiques d'*Azolla* en l'exposant à des rayonnements ionisants. Ils tentent aussi de mettre au point des méthodes de sélection permettant de retenir les propriétés qui présentent un intérêt économique en vue de promouvoir l'emploi d'*Azolla* comme engrais biologique pour les rizières.

