

JEAN-MICHEL HARMAND
CIRAD-Forêt/IRAD

Rôle des espèces ligneuses à croissance rapide dans le fonctionnement biogéochimique de la jachère Effets sur la restauration de la fertilité des sols ferrugineux tropicaux

Bassin de la Bénoué au Nord-Cameroun

L'AUTEUR
JEAN-MICHEL HARMAND
PRÉSENTE ICI
QUELQUES RÉSULTATS
TIRÉS DE SA THÈSE
SOUTENUE À L'UNIVERSITÉ DE PARIS VI
EN OCTOBRE 1997.

En zone de savane d'Afrique sub-saharienne, la nécessité de nourrir une population croissante tout en préservant l'environnement, en particulier le sol, constitue un enjeu majeur. Les nombreuses études agronomiques effectuées par le CIRAD et la synthèse de PIERI (1989) montrent que la productivité agricole et la fourniture de bois ne sont plus durables dans cette région. Il est nécessaire :

- dans de nombreux cas, de restaurer des sols très dégradés suite à des cultures continues à faible niveau de fertilisation minérale et organique,
- dans d'autres cas, de maintenir un potentiel de production en tenant compte des ressources financières des paysans,
- enfin, de conserver ou de recréer des zones de production de bois.

Les travaux agronomiques ont montré que la seule fertilisation minérale ne permet pas, sur le long terme, de maintenir ou d'augmenter le rendement des cultures suite à une diminution des stocks organiques des sols et à une dégradation de toutes les propriétés physiques, chimiques et biologiques qui y sont liées. Aussi, l'introduction de pratiques agroforestières sous forme de jachères ligneuses améliorées, qui permettraient à la fois de maintenir ou de restaurer la fertilité (en agissant sur l'ensemble des cycles biogéochimiques) et de produire du bois ou de la gomme arabique, apparaît comme une alternative intéressante.

Le Bassin de la Bénoué au Nord-Cameroun a servi de cadre à cette étude dont l'objectif était de comparer l'effet

de diverses espèces ligneuses sur la fertilité du milieu et de comprendre les processus en jeu par l'analyse du fonctionnement biogéochimique de chaque peuplement de jachère. Sont comparées à une jachère naturelle pâturée, une jachère herbacée protégée et des jachères plantées en *Acacia polyacantha*, *Cassia siamea* et *Eucalyptus camaldulensis*.

SITES D'ÉTUDE

L'étude s'appuie sur deux dispositifs expérimentaux réalisés dans les villages de Ngong et Mayo Dadi, au sud de Garoua. Le sol, de type ferrugineux, formé sur des grès du Crétacé Moyen, est pauvre en matière organique (MO), très sableux en surface et plus argileux en profondeur. Si, dans l'horizon 0-10 cm, le taux d'argile + limons fins est inférieur à 10 %, à 1 m de profondeur, il varie de 20 % à 40 % selon le site. Cette variation de richesse minérale en profondeur influence le développement de la végétation et la production de litière du système, qui déterminent en partie les bilans, organique et minéral, de la jachère. Au cours de la période d'étude, la pluviosité moyenne annuelle des sites a été de 1 050 mm.



Collecteurs de litière et d'eau placés sous un peuplement d'*Acacia polyacantha* de six ans (espèce locale fixatrice d'azote). La strate herbacée est à base de *Pennisetum polystachyon*.

Litter and water collectors placed under a six-year-old stand of Acacia polyacantha (local nitrogen-fixing species). The herbaceous stratum consists of Pennisetum polystachyon.

MÉTHODOLOGIE

On a utilisé les méthodes classiques d'étude des cycles biogéochimiques, ce qui a permis d'aboutir à la quantification de cycles et de bilans minéraux à l'échelle des agrosystèmes, sur une base saisonnière annuelle et pluriannuelle.



Recueil des retombées végétales (feuilles, fleurs, gousses) d'un peuplement de *Cassia siamea*.
Gathering of vegetal droppings (leaves, flowers, pods) of a Cassia siamea stand.

□ Un premier chapitre de la thèse (HARMAND, 1997) est consacré au **sous-système sol** en comparant les variations des bilans organiques et minéraux. L'approche pédologique est complétée par l'étude de l'évolution de la macrofaune du sol et par une analyse du **comportement des cultures** mises en place après deux et cinq années de jachère.

□ Le deuxième chapitre caractérise le **stockage des bioéléments** dans la végétation ligneuse et herbacée des jachères en distinguant de nombreux compartiments de biomasse aérienne et racinaire, de nécromasse sur pied et de litière. Ce chapitre étudie également **les flux de bioéléments** à travers les agrosystèmes avec, tout d'abord, les retombées de litière d'arbres et d'herbe et les mécanismes de décomposition de ces litières. Les transferts d'éléments sous forme dissoute distinguent le pluviolessivage (égouttement sous les houppiers des arbres et écoulement le long des troncs), les apports par la pluie et les pertes par ruissellement. La qualité des eaux de drainage est également étudiée.

□ Le dernier chapitre synthétise la **dynamique de la matière organique** et les **cycles de l'azote** et des **éléments minéraux** dans les différentes jachères. Quelques aspects majeurs du cycle de l'azote, minéralisation et fixation, y sont également décrits.

QUELQUES RÉSULTATS

L'introduction d'arbres à croissance rapide dans la jachère entraîne une augmentation de la productivité du système. Ce phénomène déjà évoqué par OHTA (1990) est lié, d'une part, à l'augmentation de l'évapotranspiration réelle (E.T.R.) et, d'autre part, à

la plus forte minéralisation de l'azote du sol induite par le contrôle de la strate herbacée à *Andropogonées*, à la fois par les techniques d'afforestation et par l'arbre. En augmentant l'E.T.R., les arbres ralentissent la recharge de la réserve hydrique en profondeur, ce qui réduit le drainage profond. Ce processus a déjà été mentionné par CHARREAU (1972) pour la jachère forestière comparée à la jachère herbacée en zone tropicale humide d'Afrique de l'Ouest. Il permettrait une réduction de la lixiviation et une meilleure rétention des éléments minéraux apportés par la pluie.

□ **Les arbres associés aux brûlis font remonter les éléments minéraux dans les couches supérieures du sol**

Dans cette étude, les arbres se montrent supérieurs aux herbacées dans le transfert d'éléments minéraux (calcium en particulier) qui passent des couches du sol, plus profondes que 40 cm, dans la phytomasse. Ce phénomène permet, lors de l'exploitation des peuplements et du brûlis des résidus, d'améliorer les caractéristiques minérales de l'horizon de surface du sol des jachères ligneuses par rapport à la jachère herbacée, ceci malgré les exportations de bois. Le brûlis de la litière et des résidus a surtout un effet important après la plantation d'*E. camaldulensis*. L'utilisation du brûlis pour son rôle fertilisant se justifie moins avec les autres espèces utilisées dans la jachère. On observe, dans cette étude, que l'exploitation des arbres, de diamètre supérieur à 3 cm, correspond à des exportations de Ca et Mg inférieures aux quantités des mêmes éléments remontant des couches profondes.



Jachère herbacée de trois ans, protégée contre le feu et le pâturage et colonisée entièrement par *Andropogon guyanus*.
Three-year herbaceous fallow protected against fire and pasturing and colonized entirely by *Andropogon guyanus*.

□ **Les jeunes plantations forestières ont souvent un effet négatif sur la fertilité du sol...**

Il ressort de différents travaux que les effets néfastes des jeunes plantations forestières sur les caractéristiques chimiques du sol semblent être une tendance que l'on retrouve dans le comportement de nombreuses espèces ligneuses. Au Nigeria, CHUIKE (1980) note une baisse du taux de matière organique (MO) du sol sous *Gmelina arborea* comparativement à la strate herbacée environnante. Aux Philippines, OHTA (1990) constate une dégradation des caractéristiques organiques (C et N) et de la CEC (Capacité d'Echange Cationique) sous *Acacia auriculiformis* âgés de cinq ans ainsi qu'une baisse du taux de MO et une acidification du sol sous *Pinus kesiya* âgés de huit ans. Au sud de la Côte-d'Ivoire, OLIVER et GANRY (1994) mentionnent une plus faible teneur en N sous *A. auriculiformis* et *mangium* à l'âge de cinq ans par rapport à la jachère herbacée. Au Congo, BERNHARD-REVERSAT (1996) constate, sous les mêmes *Acacia*, à l'âge de sept ans, une diminution de la teneur en N de la fraction organo-minérale et une plus faible teneur en bases échangeables du sol (K, Ca, Mg) que dans la strate herbacée environnante. Les effets défavorables des jeunes plantations d'*Eucalyptus* sur les caractéristiques chimiques du sol ont déjà été évoqués par différents auteurs : POCHON *et al.* (1959) au Maroc, BERNHARD-REVERSAT (1987, 1988) au Sénégal, JAMET (1975), BERNHARD-REVERSAT (1991, 1993, 1996) et LOUBELO (1990) au Congo, TOKY et SINGH (1993) en Inde, KING et CAMPBELL (1994) au Zimbabwe.

... mais la fertilité revient avec le temps

La dégradation des caractéristiques chimiques du sol sous de jeunes plantations forestières serait due à l'augmentation de la minéralisation de la MO initiale et au prélèvement d'éléments minéraux par les arbres. Ces pertes ne seraient compensées que lentement par des apports liés à la décomposition des litières. Néanmoins, avec le temps, les auteurs observent en général une amélioration des caractéristiques du sol. Il semble alors qu'il existe une période de latence, variable selon l'espèce, entre la plantation et l'augmentation des taux de carbone et d'azote sous couvert. Dans le cas des plantations d'*A. auriculiformis* et d'*A. mangium*, au Congo, cette période est plus courte que pour l'*Eucalyptus* et l'accroissement des taux de C et N est effectif après sept ans. Cette différence de dynamique de régénération des sols entre les espèces serait liée au niveau d'accumulation et à la qualité de la litière et probablement aussi à la nature du microclimat induit par le couvert forestier.

Comme l'a mentionné VAN BREEMEN (1995) pour d'autres espèces végétales, les espèces ligneuses que nous avons étudiées influencent, chacune différemment, le cycle des éléments minéraux et procurent alors des effets favorables ou défavorables sur la fertilité du sol.

□ **Par la fixation symbiotique et le recyclage de l'azote, *A. polyacantha* améliore le statut organique du sol**

Acacia polyacantha ne montre pas d'effet dépressif sur l'azote du sol ; au contraire, à l'âge de cinq ans, on constate une amélioration du statut organique du sol avec une augmentation de la teneur en fractions organiques grossières et de la teneur en C et N de la fraction organominérale. On assiste alors à une humification des débris végétaux ; ce processus a, d'ailleurs, déjà été évoqué par BERNHARD-REVERSAT (1987) pour l'*Acacia seyal* âgé de 14 ans au Sénégal. Par conséquent, *A. polyacantha* se montre plus apte que les espèces d'origine australienne mentionnées précédemment pour la restauration rapide du statut organique du sol.

Chez cette espèce, la fixation d'azote atmosphérique et son recyclage important par l'intermédiaire de la litière en décomposition rapide augmentent son stockage dans les différents compartiments de l'agrosystème. Par rapport aux autres systèmes étudiés, la plus grande capacité d'*A. polyacantha* à stocker de l'azote facilement minéralisable, à la fois dans la MO du sol et la phytomasse racinaire très développée en surface, explique son effet supérieur sur le comportement des cultures suivantes après deux et cinq ans de jachère.

□ **Les *Eucalyptus* prélèvent les éléments minéraux du sol et restituent peu...**

Chez *Eucalyptus camaldulensis*, à six ans, la forte accumulation d'éléments minéraux dans la biomasse et la litière au sol est à l'origine d'un effet dépressif sur les caractéristiques minérales du sol, ce qui correspond dans cette étude à une désaturation du complexe absorbant et à une baisse de CEC. Le développement limité du système racinaire en surface caractérise un faible recyclage externe de l'azote et des éléments minéraux.

Chez *Cassia siamea*, le ralentissement brutal du cycle de l'azote, à l'âge de quatre ans, réduit sa productivité par rapport aux autres espèces, ce qui s'accompagne d'une maturité précoce de l'arbre, dont les effets sur les caractéristiques du sol semblent relativement comparables à ceux de la jachère herbacée.

□ **Le stockage des éléments dans le sol et la phytomasse revêtent une importance particulière**

Dans un contexte de forte exploitation de la biomasse aérienne et de systèmes de culture à faibles apports d'intrants, le stockage de l'azote et des bioéléments dans les



Eucalyptus camaldulensis est l'espèce productrice de bois de service, actuellement la plus plantée en bosquets par les paysans de la zone soudanienne du Cameroun.
Eucalyptus camaldulensis is the service wood producing species, presently the most planted in groves by the peasants of the Sudanese zone of Cameroon.

compartiments souterrains (MO du sol et phytomasse racinaire) est un processus majeur dont l'importance conditionne l'efficacité agronomique de la jachère. Du point de vue de l'économie de l'azote, la pratique du brûlis requiert le même choix des espèces. Selon ce critère, *A. polyacantha* présente de loin les meilleurs atouts, *C. siamea* offre une situation au moins aussi favorable que la jachère herbacée, par contre *E. camaldulensis* ne présente pas les qualités requises pour une bonne jachère.

□ **La fertilité du sol, une fois améliorée, doit être conservée**

La jachère ligneuse améliorée peut être utilisée comme une technique agroforestière de réhabilitation du sol, à laquelle succéderait un système de culture conservateur de la fertilité, de type agriculture sous parc arboré ou agriculture sur mulch. Le parc arboré pourrait être constitué, en partie, par des arbres de la jachère ; la couverture végétale, dans un premier temps, serait la litière de la jachère. Des scénarios différents sont proposés en fonction des espèces utilisées :

Dans le cas d'*Acacia polyacantha*, des arbres pourront être conservés en phase de culture afin de fournir de l'azote facilement minéralisable aux plantes cultivées. L'élagage partiel de ces arbres permettra de réduire les effets néfastes qu'auraient éventuellement, sur les cultures, l'ombrage et la concurrence racinaire, en particulier pour l'eau ; ainsi taillés, les arbres fourniront du bois de service. Dans le cas de *Cassia siamea*, l'absence de brûlis au moment de l'exploitation de la jachère permettra de conserver l'azote de l'agrosystème et de maintenir les souches en vie en association avec les cultures.

Traitées en taillis fureté, ces souches serviront de base à une nouvelle phase de jachère.



En conclusion, l'étude des processus biologiques pour évaluer l'aptitude agronomique des jachères s'est montrée plus pertinente que les analyses chimiques de sol effectuées couramment en début de cycle cultural, en particulier l'étude du complexe absorbant. Par rapport à ce constat, quelques éléments de prospective sur les recherches à poursuivre dans

le domaine des jachères ligneuses sont donnés à la fin de la thèse. L'aptitude agronomique des espèces de jachère pourrait être évaluée par différents indicateurs comme la qualité de la litière, les caractéristiques racinaires (biomasse et renouvellement) et les activités biologiques du sol ayant une influence sur les cycles du carbone et de l'azote.

► Jean-Michel HARMAND
Antenne Forestière IRA-CRF
B.P. 222
MAROUA
Cameroun

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BERNHARD-REVERSAT F., 1987.

Litter incorporation to soil organic matter in natural and planted tree stands in Senegal. *Pedobiologia* 30 : 401-417.

BERNHARD-REVERSAT F., 1988.

Soil nitrogen mineralization under a *Eucalyptus* plantation and a natural *Acacia* forest in Senegal. *Forest Ecology and Management* 23 : 233-244.

BERNHARD-REVERSAT F., 1991.

Evolution of the soil litter interface under *Eucalyptus* plantation on sandy soil in Congo. *Acta Oecologica* 12 (6) : 825-828.

BERNHARD-REVERSAT F., 1993.

Dynamics of litter and organic matter at the soil-litter interface in fast-growing tree plantations on sandy ferallitic soils (Congo). *Acta Oecologica* 14 (2) : 179-195.

BERNHARD-REVERSAT F., 1996.

Nitrogen cycling in tree plantations grown on a poor sandy savanna soil in Congo. *Applied Soil Ecology* 4 : 161-172.

CHARREAU C., 1972.

La jachère peut-elle être supprimée en région tropicale sèche ? *Techniques et Développement* 4 : 48-52.

CHIJCKE E. O., 1980.

Impact on soils of fast-growing species in lowland humid tropics. *F.A.O. For. Pap.*, n° 21, 30 p.

HARMAND J. M., 1997.

Rôle des espèces ligneuses à croissance rapide dans le fonctionnement biogéochimique de la jachère. Effets sur la restauration de la fertilité des sols ferrugineux tropicaux. Bassin de la Bénoué au Nord-Cameroun. Thèse de Doctorat de l'Université de Paris VI, 213 p. + annexes.

JAMET R., 1975.

Evolution des principales caractéristiques des sols des reboisements de Pointe-Noire (Congo). Brazzaville, Congo, ORSTOM, 36 p.

KING J. A., CAMPBELL B. M., 1994.

Soil organic matter relations in five land cover types in the miombo region (Zimbabwe). *Forest Ecology and Management* 67 (1-3) : 225-239.

OHTA S., 1990.

Initial soil changes associated with afforestation with *Acacia auriculiformis* and *Pinus kesiya* on denuded grasslands of the Pantabagan area, Central Luzon, the Philippines. *Soil Sci. Plant. Nutr.* 36 (4) : 633-643.

OLIVER R., GANRY F., 1994.

Etude des modifications de fertilité induites par une jachère arborée. Cas de la zone forestière de Centre Côte-d'Ivoire. Montpellier, France CIRAD-CA, 27 p.

PIERI C., 1989.

Fertilité des terres de savanes. Bilan de trente ans de recherche et de développement agricoles au sud du Sahara. Paris, Ministère de la Coopération et du Développement, CIRAD-IRAT, 444 p.

POCHON J., DE BARJAC H., FAIVRE-AMIOT, 1959.

L'influence de plantations d'eucalyptus au Maroc sur la microflore et l'humus du sol. *Annales de l'Institut Pasteur* 97 (3) : 403-406.

TOKY O. P., SINGH V., 1993.

Litter dynamics in short-rotation high density tree plantations in an arid region of India. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 45 : 129-145.

VAN BREEMEN, 1995.

Nutrient cycling strategies. *Plant and Soil* 168-169 : 321-326.