

Les litières et la dynamique de l'azote dans divers biotopes à acacia d'Afrique occidentale et centrale

France Bernhard-Reversat,
Ecologue

Jean Michel Harmand,
Agroforestier

Katell Uguen,
Ecologue

Introduction

Les acacias sont utilisés pour leur rôle dans l'amélioration du statut de l'azote du sol (Dommergues, 1994). Cette amélioration résulte essentiellement de l'apport de matière organique riche en azote par le renouvellement des racines et surtout par les retombées de litière. L'enrichissement du sol en azote à partir de la litière est un processus complexe où interviennent la quantité et la qualité des litières (Palm et Sanchez, 1990; Cortez *et al.*, 1996). En effet, leur décomposition doit permettre l'accumulation d'humus tout en assurant un taux de minéralisation de l'azote satisfaisant pour la nutrition des plantes (Gower et Son, 1992). La production d'azote minéral par le sol est un facteur important pour la nutrition azotée, même chez les arbres fixateurs d'azote, et fournit à ceux-ci en moyenne 55 % de leurs besoins (Danso *et al.*, 1992), et 47 % dans le cas d'*A. holosericea* (Langkamp *et al.*, 1982). Selon Stock *et al.* (1995), ce pourcentage peut varier en fonction du taux de minéralisation de l'azote du sol.

La dynamique de la matière organique (au sens large, litière et matière organique du sol) aboutissant à une bonne disponibilité de l'azote met en jeu des facteurs climatiques, pédologiques et biotiques. Ces derniers incluent principalement la qualité de la ressource, l'activité des macro- méso- et micro-faunes et l'activité microbienne. Certains auteurs ont proposé un classement de l'ensemble des facteurs aboutissant à un modèle hiérarchique (Anderson *et al.*, 1989; Lavelle *et al.*, 1993).

On examinera dans ce travail les résultats obtenus sur le cycle de l'azote dans un ensemble de peuplements d'acacias naturels ou plantés, ainsi que dans un ensemble d'autres peuplements ligneux des mêmes régions. On tentera de mettre en évidence les relations entre les divers facteurs et de faire des hypothèses sur leur hiérarchie, afin de caractériser le cycle de l'azote dans les peuplements d'acacias.

■ Sites et méthodes

Le cycle de l'azote a été étudié dans des biotopes à *Acacia* de six sites d'Afrique de l'ouest et centrale couvrant un éventail de régions climatiques auxquels ont été ajoutés les résultats de travaux faits sur deux autres sites (tabl.1). Les données sur les *Acacia* ont été comparées à d'autres végétations sans légumineuses et, le plus souvent, ligneuses des mêmes sites. Une description plus détaillée des sites et les méthodes d'échantillonnage et d'analyse sont données dans les publications citées.

Les valeurs prises en compte pour le sol de l'horizon de surface (0-5 à 0-20 cm) sont N total et C organique, N minéralisé en trois semaines en étuve exprimé par rapport au poids sec de sol ou en pourcentage d'N total, N minéralisé pendant un an *in situ* exprimé en kg/ha ou en pourcentage de N total, et le rapport N/C qui exprime la teneur en N de la matière organique du sol. Pour les litières, on a considéré la teneur en N de la fraction feuilles qui représente généralement plus de 70 % du poids total, et la quantité d'N apporté au sol annuellement par la litière totale, exprimée en kg/ha. Le nombre de valeurs disponibles est variable en fonction du paramètre étudié, puisque tous les travaux

Sites	Végétations étudiées		Pluie annuelle (mm)	Référence
	Acacia	Autres		
Fété-Ole, Sénégal	<i>A. senegal</i>	<i>Balanites aegyptiaca</i> , savane	300	1
Bambey, Sénégal	<i>A. albida</i> (<i>F. albida</i>)	savane	500	7,8
Bambey, Sénégal	<i>A. seyal</i>	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	600	2,3, 4
Keur Maktar, Sénégal	<i>A. seyal</i>	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	800	2,3, 4
Boulandor, Sénégal	<i>A. holosericea</i>	<i>Guiera senegalensis</i>	1040	10
Garoua, Cameroun	<i>A. polyacantha</i>	<i>E. camaldulensis</i> , <i>Cassia siamea</i>	1080	6
Pointe Noire, Congo	<i>A. mangium</i> , <i>A. auriculiformis</i>	Eucalyptus hybrides, savane	1250	5
Oumé, Côte d'Ivoire	<i>A. mangium</i> , <i>A. auriculiformis</i>		1350	9

Références : 1 : Bernhard-Reversat, 1981 ; 2 : Bernhard-Reversat, 1986 ; 3 : Bernhard-Reversat, 1987 ; 4 : Bernhard-Reversat, 1987 ; 5 : Bernhard-Reversat, 1996 ; 6 : Harmand, 1993 ; 7 : Jung, 1969 ; 8 : Jung, 1970 ; 9 : Oliver et Ganry, 1994 ; 10 : Ugen, 1996.

■ Tableau 1
Sites des peuplements étudiés

ne sont pas complets. Les coefficients de décomposition (Olson, 1963) sont calculés selon la formule $K = A/L$ ou $K = A - (L2-L1)/L$ selon que le stock au sol L est stable ou qu'il augmente au cours du temps, donnant $L1$ en début d'année et $L2$ en fin d'année ; A est l'apport annuel de litière au sol ; K est calculé pour les feuilles seules (KF) ou pour la litière totale (KT).

■ Résultats et discussion

L'azote du sol et sa minéralisation

La teneur moyenne en azote plus élevée sous *Acacia* (tabl. 2) est en partie due à sa relation avec la teneur en argile qui sera vue plus loin. Le taux d'N minéralisable *in vitro*, exprimé par rapport à

Paramètres	Unité	Type de végétation			
		Acacia		Autres	
Paramètres du sol					
N total du sol	g N/kg sol	0,89 ± 0,17	(11)	0,41 ± 0,03	(13)
N du sol minéralisable <i>in vitro</i> 3 semaines	% d'N total/	3,2 ± 0,4	(7)	3,6 ± 0,3	(9)
	mg N/kg sol/ 3 semaines	24,8 ± 5,0	(7)	15,7 ± 2,4	(9)
N du sol minéralisable <i>in situ</i>	% N total/an	11,8 ± 2,3	(6)	5,3 ± 0,9	(7)
	mg N/kg sol/an	74 ± 10	(6)	19 ± 3	(7)
Rapport N/C dans le sol	g/g	0,081 ± 0,005	(11)	0,073 ± 0,003	(13)
Paramètres de la litière					
Teneur en N de la litière de feuilles	% de la matière sèche	1,76 ± 0,09	(11)	0,98 ± 0,11	(10)
Apport d'N par la litière totale	kg N/ha/an	87 ± 22	(9)	22 ± 4	(9)

■ Tableau 2

L'azote dans le sol et dans la litière. Valeurs obtenues dans les sites décrits au tableau 1. Moyennes et écarts-types, effectifs des échantillons entre parenthèses.

l'azote total, est du même ordre dans les deux types de peuplements, alors que l'azote N est plus facilement minéralisable *in situ* dans les sols sous *Acacia*. Cette différence pourrait être en relation avec l'influence de l'humidité du sol sur la minéralisation, moins accentuée sous *Acacia* (Bernhard-Reversat, 1996). La teneur de la matière organique du sol en N, exprimée par N/C, n'est pas très différente entre les deux types de végétation, la fixation d'N induisant une plus forte production végétale qui se traduit par une augmentation du taux de carbone et une minéralisation plus élevée.

Les litières et la décomposition

L'apport annuel d'azote par les litières apparaît nettement supérieur dans les peuplements d'*Acacia*, comparé aux valeurs obtenues pour les peuplements non-*Acacia*, non seulement par les

teneurs plus élevées, mais également par une plus forte productivité (tabl. 2). Sous *Acacia*, les coefficients de décomposition des feuilles ($KF = 1,48 \pm 0,67$) et de la litière totale ($KT = 0,74 \pm 0,10$) sont plus élevés que sous les autres espèces ($KF = 0,65 \pm 0,22$; $KT = 0,48 \pm 0,16$), suggérant une décomposition plus rapide sous acacia mais, le nombre de données est trop faible (4 ou 5) pour que l'on puisse conclure avec certitude.

Effet de la pluviométrie

Pour chaque type de végétation, l'apport annuel d'azote par la litière est significativement corrélé à la pluviométrie (fig. 1A), mais aucune relation n'apparaît entre la teneur en azote de la litière et la pluviométrie (non montré). Cet apport d'azote est faible pour la végétation non-*Acacia* ainsi que pour les *Acacia* sous faible pluviométrie.

La pluviométrie est corrélée positivement avec la minéralisation de l'azote *in situ* dans les sols sous les acacias, mais pas sous les autres végétations (fig. 1B). Cette corrélation ne s'observe pas avec la minéralisation *in vitro* (non montré).

Relations de l'azote du sol avec la litière

La corrélation entre la teneur en N de la litière et la teneur en N de la matière organique du sol est significative pour les non-*Acacia* (fig. 2A). Le graphique permet de supposer une plus grande efficacité des litières non-*Acacia* pour l'enrichissement en N de la matière organique lié à des formes d'azote difficilement minéralisables.

La relation négative observée entre la teneur en N des litières d'*Acacia* et la minéralisation d'N annuelle du sol (fig. 2B) est liée à la forte augmentation de productivité concomitante : la relation est positive avec l'apport total d'azote. Le comportement des autres types de végétation est différent, la minéralisation étant sans incidence sur la teneur en azote de la litière.

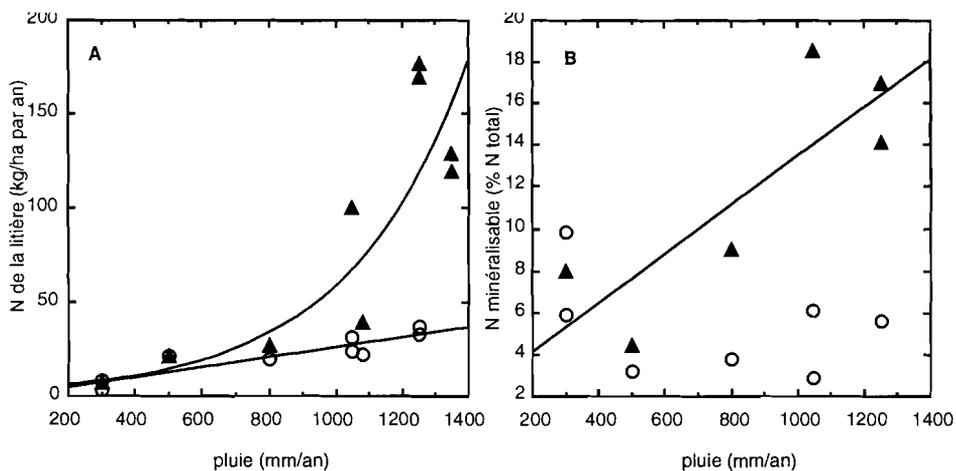


Figure 1

Relations entre la pluviométrie, l'apport d'azote par la litière et la minéralisation de l'azote *in situ*.

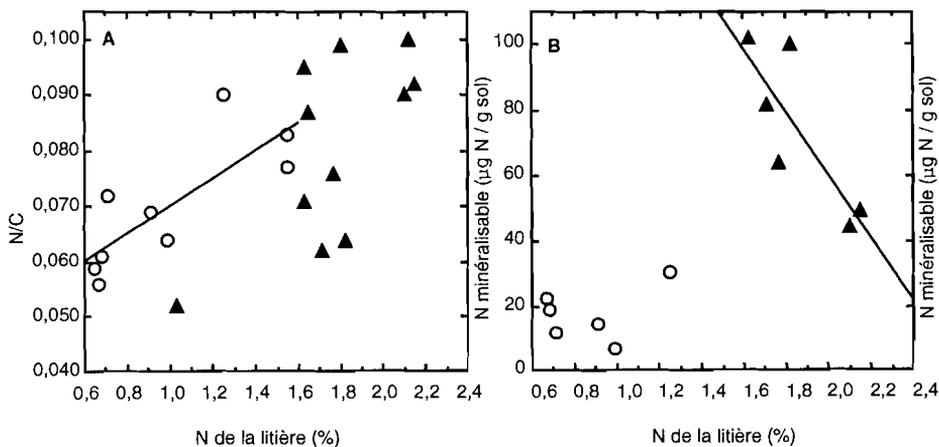


Figure 2

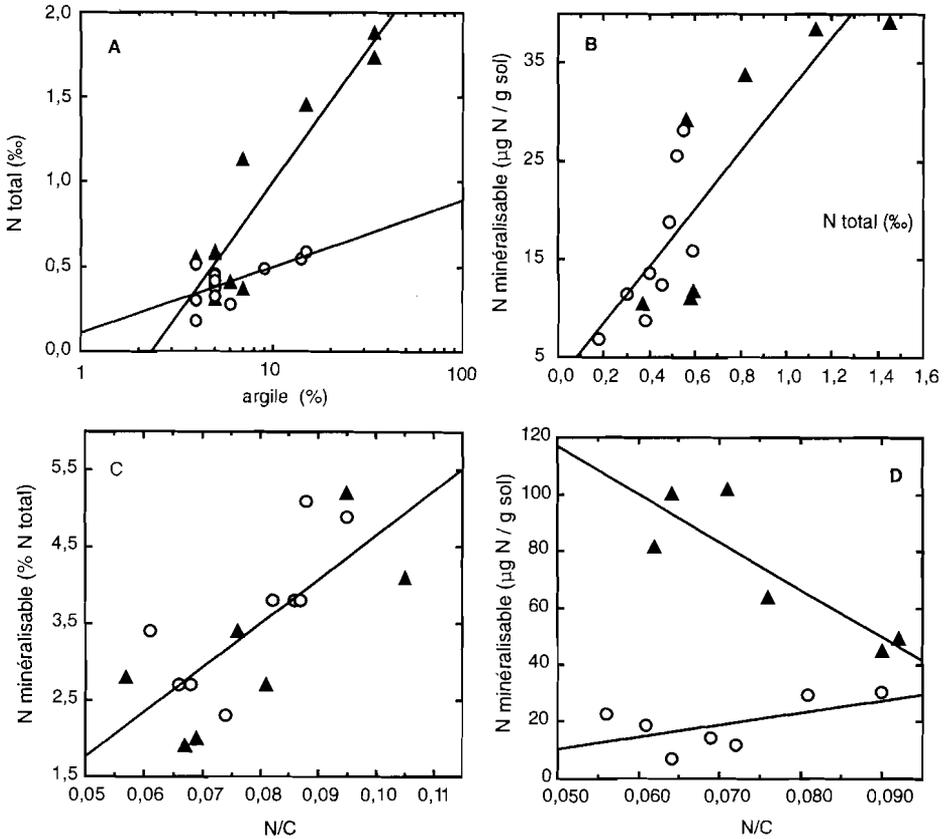
Relation entre la teneur en N de la litière de feuilles, le rapport N/C du sol et l'azote minéralisé *in situ*.

L'absence de relation entre l'N total du sol et l'apport par les litières semble en contradiction avec les modifications souvent observées de l'azote du sol sous les arbres et en particulier les *Acacia* (Bernhard-Reversat, 1981 ; Belsky, 1994). Bate (1981) fait observer que les mouvements latéraux dus en particulier à la faune peuvent occulter les relations entre le sol et la végétation, mais cela ne semble pas pouvoir être une situation générale ; pour Alstad et Vetaas (1994), c'est l'érosion qui peut intervenir. Toutefois, l'indépendance entre ces deux facteurs peut résulter du cycle biogéochimique proposé ci-dessous.

Relations entre processus pédologiques

La teneur en N total du sol dépend fortement de sa teneur en argile qui permet la fixation de la matière organique. Pour une même teneur en argile, on trouve de plus fortes quantités d'N sous *Acacia* que dans les autres végétations, bien que les courbes se confondent pour les très faibles teneurs en argile (fig. 3A).

Une même corrélation significative entre l'azote minéralisable *in vitro* et la teneur en N total du sol est observée dans les peuplements d'*Acacia* et les autres (fig. 3B). De même, l'aptitude à la minéralisation de l'azote (pourcentage d'N minéralisable) est corrélée avec la qualité de la source d'N exprimée par la teneur en N de la matière organique du sol (N/C) selon une même fonction dans les deux types de peuplements (fig. 3C), probablement en relation avec la tendance à l'immobilisation de l'azote minéral lorsque la matière organique est pauvre en N. Par contre, la minéralisation annuelle se comporte différemment dans les peuplements d'*Acacia* et les autres en fonction de N/C, une minéralisation plus forte sous *Acacia* pour une même teneur en N de la matière organique traduisant un "turn-over" plus rapide. La corrélation négative observée pour les *Acacia* peut indiquer un appauvrissement de la matière organique en N quand la minéralisation est élevée (fig. 3D). Ces résultats étayent les observations de Rhoades (1995) selon lesquelles les augmentations de rendement sous *Acacia albida* ne correspondent pas à une plus forte teneur en N du sol, mais à une plus forte minéralisation de l'azote, qui dépend du rapport N/C.



■ Figure 3

Relations entre quelques caractéristiques du sol.

A : azote total du sol et teneur en argile.

B : azote minéralisable *in vitro* en trois semaines et N total du sol.

C : azote minéralisable *in vitro* en trois semaines et rapport N/C du sol.

D : azote minéralisé *in situ* et rapport N/C du sol.

Application d'un modèle hiérarchique

Principe

Lavelle *et al.* (1993) ont proposé un modèle hiérarchique de décomposition que nous avons tenté d'adapter au cycle de l'azote

(fig. 4), afin d'évaluer les relations entre les différentes phases de ce cycle. Le niveau supérieur est le climat, pour lequel on a pris en compte la pluviométrie qui est la principale variable climatique lorsque l'on se limite aux régions inter-tropicales de basse altitude. La valeur de l'évapotranspiration (ETP) serait peut-être un meilleur paramètre (Meentemeyer, 1978), mais elle n'est pas toujours disponible. Le deuxième niveau est la teneur en argile, ainsi

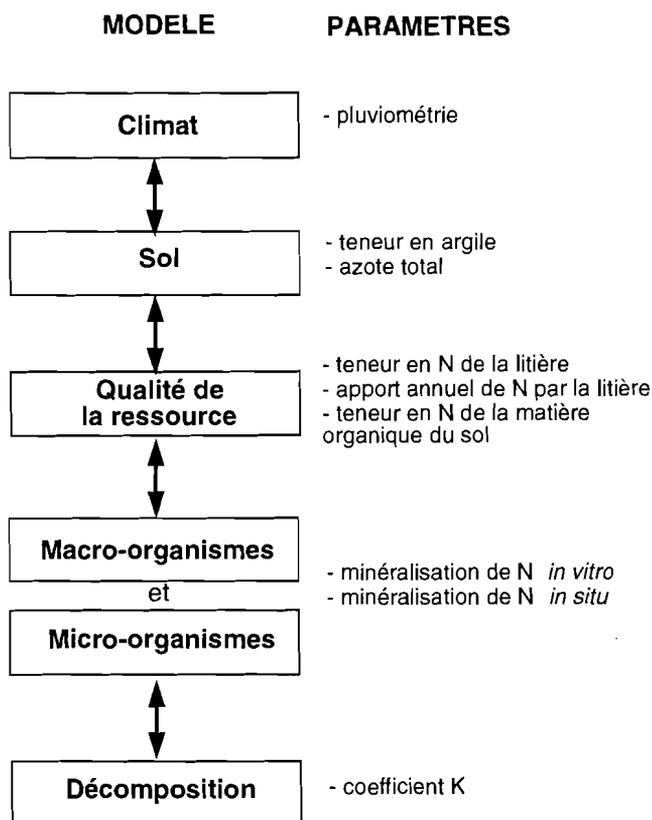


Figure 4
Modèle des processus déterminant la décomposition
et application des compartiments au cycle de l'azote.

que la teneur en nutriments, qui est exprimée ici par la teneur en N total du sol. Notre contribution concernant uniquement le cycle de l'azote, le carbone n'a pas été pris en considération, bien que la minéralisation de l'azote puisse lui être liée (Abbadie et Lensi, 1990). Le niveau suivant est la qualité de la ressource, qui sera mesurée par la teneur en N des litières de feuilles, par la quantité d'N apporté annuellement par la chute de litière (totale : feuilles, fleurs, fruits, bois) et par la teneur en N de la matière organique du sol, source d'azote minéral pour la microflore. Les deux niveaux qui viennent ensuite sont les macro-organismes et les micro-organismes. Nous ne disposons que de peu de données sur les macro-organismes, et seule l'activité des micro-organismes est prise en compte, exprimée par la minéralisation de l'azote en utilisant la quantité d'azote minéralisé, soit en incubation *in vitro*, soit *in situ* en un an, par rapport à l'azote total ou en valeur absolue. Enfin, la décomposition est exprimée, à défaut du coefficient de disparition de l'azote qui n'est que rarement mesuré (Bernhard-Reversat, 1996), par le coefficient K calculé à partir de l'apport et du stockage de litière (Olson, 1963). Il faut noter que l'efficacité des *Rhizobium* et le taux de la fixation de l'azote ne seront pas examinés en tant que processus car on considère qu'ils sont intégrés dans l'ensemble "qualité de la ressource", bien qu'ils aient de nombreuses interférences avec le sol.

Comparaison du modèle aux données

Si l'on considère l'ensemble des peuplements d'*Acacia* pour lesquels nous disposons de données, les différents niveaux ne semblent pas montrer les relations suggérées par le modèle. Il n'apparaît aucune relation entre les caractères du climat et du sol pris en compte, bien que Bate (1981) estime que N total du sol dépend de la pluviométrie dans les écosystèmes de savane. De même, aucune relation entre les caractères du sol retenus et la qualité de la ressource n'est mise en évidence. Au niveau suivant, par contre, on observe des relations significatives entre la qualité de la ressource et les paramètres retenus pour caractériser l'activité microbienne. Les mêmes observations peuvent être faites pour les espèces non-*Acacia*, avec toutefois une relation faible entre qualité de la res-

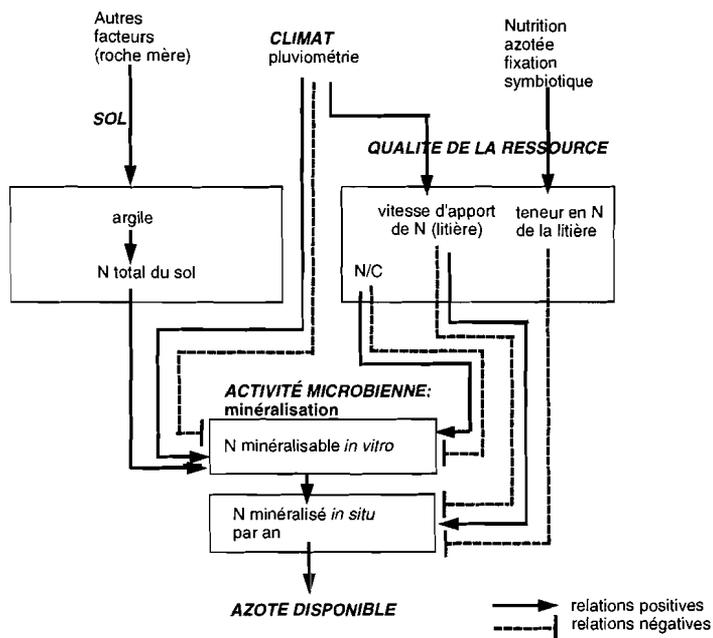


Figure 5
Modèle hiérarchique du cycle de l'azote
dans les peuplements à *Acacia*.

source et activité microbologique. Le dernier niveau, la décomposition, n'est indiqué que pour mémoire car les données ne sont pas assez nombreuses.

Le climat (pluviométrie) montre une relation avec la qualité de la ressource. Dans les peuplements d'*Acacia*, il n'intervient que par la quantité de litière produite; en effet, les autres caractères dépendent vraisemblablement beaucoup plus de la fixation de l'azote, liée à des facteurs non pris en compte ici. Par contre, pour les autres peuplements, la pluviométrie paraît avoir une plus grande influence. Le climat montre également des relations avec l'activité microbologique dans les peuplements d'*Acacia*, avec une même tendance faiblement marquée pour les autres. Lavelle *et al.* (1993) font l'hypothèse d'une absence de contrainte de certains niveaux hiérarchiques qui donne la prédominance au niveau suivant; dans le cas présent, on observe plutôt un relatif isolement des facteurs du sol hors de la hiérarchie.

Les relations entre les caractères du sol et l'activité biologique, bien que peu marquées, se traduisent par les relations entre N total et

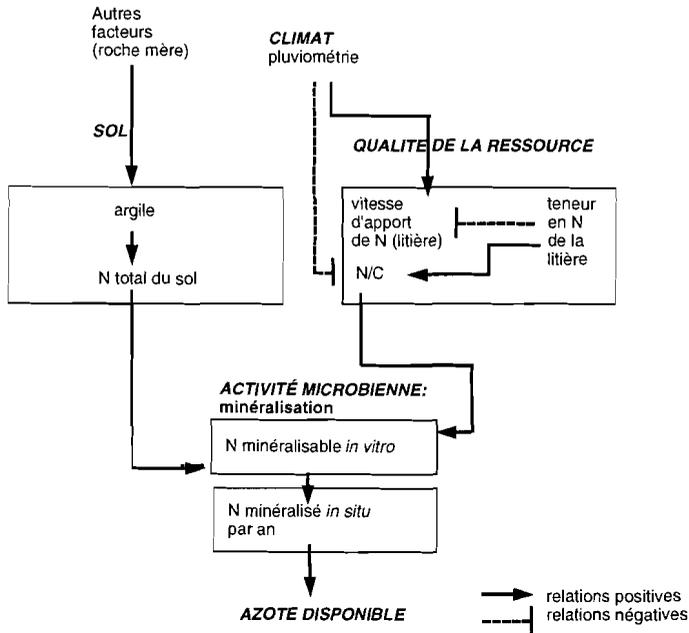


Figure 6
Modèle hiérarchique du cycle de l'azote
dans les types de végétation non fixatrice.

azote minéralisable. Lorsque la teneur du sol en N est suffisante (*Acacia*), les facteurs hydriques ont l'effet prépondérant sur la minéralisation annuelle *in situ*.

Conclusions

Malgré les insuffisances des résultats présentés ici, dues au nombre relativement faible des observations et au nombre de données manquantes, il semble que, dans l'ensemble *Acacia*, l'azote total du sol puisse être essentiellement lié au taux d'argile et présenter peu d'interférences quantitatives avec le cycle biogéochimique de l'azote. Celui-ci paraît essentiellement lié à la qualité de la ressource et au

climat exprimé par la pluviométrie. Pour l'ensemble non-*Acacia*, la pluviométrie se fait sentir surtout sur la qualité de la ressource. L'activité microbiologique est faiblement liée à la qualité de la ressource telle qu'elle est prise en compte ici, d'autres facteurs de qualité pouvant être prépondérants. Toutefois, on n'a pris en compte que l'horizon supérieur du sol, cet horizon étant le lieu privilégié de l'activité biologique et de l'accumulation de l'azote organique ; il serait intéressant de pouvoir vérifier les résultats sur le profil de sol exploité par les racines.

Les relations observées peuvent être représentées par le modèle des figures 5 et 6 qui ne font apparaître que les relations de causalité supposées prépondérantes, bien que certaines relations puissent correspondre à des influences réciproques. Ces schémas mettent en évidence les rôles apparemment indépendants du sol d'une part et de la qualité de la ressource influencée par le climat d'autre part, sur la disponibilité de l'azote. Les deux types de végétation diffèrent par la pluralité des interactions mises en évidence entre qualité de la ressource et activité minéralisatrice dans le cas des *Acacia* ; ils diffèrent également par l'absence de relations directes entre climat et activité minéralisatrice dans les autres types de végétation où la qualité de la ressource est prépondérante, l'azote étant limitant.

Remerciements

R. Oliver et F. Ganry sont remerciés pour avoir communiqué leur rapport permettant ainsi d'ajouter aux nôtres les résultats qu'ils ont obtenus en Côte d'Ivoire.

Références

ABBADIE (L.), LENSI (R.), 1990 - Carbon and nitrogen mineralization and denitrification in a humid savanna of West Africa (Lamto, Côte d'Ivoire). *Acta Oecol.*, 11 : 717-728.

ALSTAD (G.), VETAAS (O. R.), 1994 - The influence of *Acacia tortilis* stands on soil properties in arid north-eastern sudan. *Acta Oecol.* 15 : 449-46.

ANDERSON (J. M.), FLANAGAN (P.), CASWELL (E.), COLMAMAN (D.C.), CUEVAS (E.), FRECKMAN (D.W.), JONES (J. A.), LAVELLE (P.), VITOUSEK (P.), 1989 - "Biological processes regulating organic matter dynamics in tropical soils." *In* Dynamics of Soil Organic Matter in Tropical Ecosystems. (D. C.) Coleman, (J. M.) Oades,

- (G.) Huehara éds. Niftal Project, Université d'Hawaï, 97-124.
- BATE (G. C.), 1981 - Nitrogen cycling in savanna ecosystems. *Ecol. Bull.* (Stockholm), 33 : 463-475.
- BELSKY (A. J.), 1994 - Influences of trees on savanna productivity : test of shade, nutrients, and tree-grass competition. *Ecology*, 75 : 22-932.
- BERG (B.), McCLAUGHERTY (C.), 1987 - Nitrogen release from litter in relation to disappearance of lignin. *Biochem.*, 4 : 219-224.
- BERNHARD-REVERSAT (F.), 1981 - Biogeochemical cycle of soil nitrogen in a semi-arid savanna. *Oikos*, 38 : 321-332.
- BERNHARD-REVERSAT (F.), 1986 - Le recyclage des éléments minéraux par la strate herbacée dans un peuplement naturel à *Acacia seyal* et dans une plantation d'*Eucalyptus* au Sénégal. *Acta Oecol., Oecol. Gener.*, 7 : 353-364.
- BERNHARD-REVERSAT (F.), 1987 - Les cycles d'éléments minéraux dans un peuplement à *Acacia seyal* et leur modification dans un peuplement d'*Eucalyptus* au Sénégal. *Acta Oecol., Oecol. Gener.*, 8 : 3-16.
- BERNHARD-REVERSAT (F.), 1988 - Soil nitrogen mineralization under a *Eucalyptus* plantation and a natural *Acacia* forest in Senegal. *Forest Ecol. Managem.*, 23 : 233-244.
- BERNHARD-REVERSAT (F.), 1996 - Nitrogen cycling in tree plantations grown on poor savanna soil in Congo. *App. Soil Ecol.*, 3 : 161-172.
- CORTEZ (J.), DEMAR (J. M.), BOTTFNER (P.), JOCTEUR MONROZIER (L.), 1996 - Decomposition of mediterranean leaf litters : a microcosm experiment investigating relationship between decomposition rate and litter quality. *Soil Biol. Biochem.*, 28 : 443-452.
- DANSO (S. K. A.), BOWEN (G. D.), SANGINGA (N.), 1992 - Biological nitrogen fixation in trees in agro-ecosystems. *Plant Soil*, 141 : 177-196.
- DOMMERGUES (Y. R.), 1994 - "Nitrogen fixation by trees." CNRS/ORSTOM/CIRAD-Forêts : 1-33.
- Gower (S. T.), Son (Y.), 1992 - Differences in soil and leaf litterfall nitrogen dynamics for five forest plantations. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 56 : 1959-1966.
- HARMAND (J. M.), 1993 - *Restauration de la fertilité des sols ferrugineux par la jachère ligneuse, cas du Bassin de la Bénoué au Nord-Cameroun.* Rapport multigraphié, 8 p.
- JUNG (G.), 1969 - Cycles biogéochimiques dans un écosystème de région tropicale sèche : *Acacia albida* (Del), sol ferrugineux tropical peu lessivé (dior). *Oecol. Plant*, 4 : 195-210.
- JUNG (G.), 1970 - Variations saisonnières des caractéristiques microbiologiques d'un sol ferrugineux tropical peu lessivé (dior), soumis ou non à l'influence d'*Acacia albida* (Del). *Oecol. Plant*, 5 : 113-136.
- LANGKAMP (P. J.), FARNELL (G. K.), DALLING (M. J.), 1982 - Nutrient cycling in a stand of *Acacia holosericea* A. Cunn. ex G. Don. I. Measurements of precipitation interception, seasonal acetylene reduction, plant growth and nitrogen requirement. *Aust. J. Bot.*, 30 : 87-106.

LAVELLE (P.), BLANCHART (E.), MARTIN (A.), MARTIN (S.), SPAIN (A.), TOUTAIN (F.), BARROIS (I.), SCHAEFER (R.), 1993 - A hierarchical model for decomposition in terrestrial ecosystems : application to soils of the humid tropics. *Biotrop.*, 25 : 130-150.

MEENTEMEYER (V.), 1978 - Macroclimate and lignin control of litter decomposition rates. *Ecology*, 59 : 465-472.

OLSON (J. S.), 1963 - Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. *Ecology*, 44 : 322-331.

OLIVER (R.), GANRY (F.), 1994 - *Étude des modifications de fertilité induites par une jachère arborée. Cas de la zone forestière du centre de la côte d'Ivoire.* CIRAD, Compte rendu de fin d'étude d'une recherche financée par le MRT, multigraphié, 30 p.

PALM (C. A.), SANCHEZ (P. A.), 1990 - Decomposition and nutrient release patterns of the leaves of three tropical legumes. *Biotrop.*, 22 : 330-338.

RHOADES (C.), 1995 - Seasonal pattern of nitrogen mineralisation and soil moisture beneath *Faidherbia albida* (syn *Acacia albida*) in central Malawi. *Agroforestry Systems*, 29 : 133-145.

STOCK (W.D.), WIENAND (K. T.), BAAKER (A.C.), 1995 - Impact of invading N (2)-fixing *Acacia* species on patterns of nutrient cycling in two Cape ecosystems : evidence from soil incubation studies and (15) N natural abundance values. *Oecologia*, 101 : 375-382.

UGEN (K.), 1996 - *Effet de litières d'espèces ligneuses naturelles et introduites de jachère sur la disponibilité de l'azote du sol pour les plantes.* Mémoire de stage de D.E.A., Orstom Bondy, INA et Univ. Paris VI et XI, 41 p.