

# Le feu de brousse, un facteur de reproduction des écosystèmes de savanes à dominance herbacées à Lamto (Côte d'Ivoire) ?

**Hassan Bismarck NACRO**

Institut du Développement Rural  
Université Polytechnique de Bobo  
01 B.P. 1091 Bobo-Dioulasso, Burkina Faso  
Téléphone : (226) 97 33 72 (226) 98 06 35  
Fax : (226) 97 25 77  
E-mail : nacrohb@hotmail.com

## I. Introduction

La dynamique de la matière organique dans le sol est un déterminant majeur du fonctionnement de l'écosystème. Elle s'exprime par deux phénomènes opposés : la production primaire ou, plus exactement, la fraction de cette production qui rentre dans le sol, et la minéralisation microbienne. Cette dernière est modulée par la qualité de l'environnement physique (Feller *et al.*, 1991 ; Hassink, 1992) et la valeur alimentaire des composés organiques vis-à-vis des micro-organismes (Kachaka *et al.*, 1993). Dans la savane humide de Lamto en Côte d'Ivoire, il a été observé (Abbadi *et al.*, 2000) un net décalage entre la fertilité réelle, mesurée par la production primaire de la strate herbacée, et la fertilité apparente, mesurée par la disponibilité des nutriments dans le sol et le niveau d'activité des micro-organismes. La résolution de cette contradiction est susceptible d'aider à la mise au point de méthodes durables d'exploitation des sols tropicaux sableux. C'est dans cette optique que

s'inscrit ce travail dont l'objectif est d'évaluer les effets de litières aériennes et souterraines sur la disponibilité de l'azote dans le sol. L'activité des micro-organismes sera étudiée dans un environnement climatique constant (teneur en eau du sol, température), susceptible de donner accès aux mécanismes fins qui régissent la dynamique de la matière organique et son corollaire, la minéralisation des éléments biogènes.

Classiquement, la dégradabilité du matériel végétal est étudiée *in situ* en enfouissant dans le sol des sacs contenant des organes végétaux dont on suit la décomposition *via* la perte de poids, la respiration du sol, ou la variation de la composition chimique au cours du temps (Melillo *et al.*, 1982 ; Thomas et Asakawa, 1993). Mais cette méthode étant sujette à caution (Singh et Gupta, 1997 ; Nacro, 1997), nous avons choisi une approche expérimentale simple, pour comprendre les mécanismes de fonctionnement à court terme des micro-organismes du sol en ayant directement accès aux produits de leur métabolisme.

## 2. Matériel et méthodes

Les échantillons proviennent de la station d'écologie tropicale de Lamto, zone de savanes située dans la partie sud de la Côte d'Ivoire à 200 km au NNO d'Abidjan, par 5°02' de longitude Ouest et 6°13' de latitude Nord. Le rythme saisonnier est quadripartite : une grande saison sèche, une grande saison des pluies, une

récession intra-pluviale, une petite saison des pluies (Pagney, 1988). Le climat de Lamto est chaud : la pluviosité moyenne annuelle est d'environ 1200 mm et la température moyenne mensuelle est d'environ 27°C et varie très peu d'une saison à l'autre. La savane de Lamto est également caractérisée par le passage annuel des feux de brousse détruisant environ 80% de la biomasse épigée.

La litière a été collectée en novembre 1993 sous *Loudetia simplex* (Nees) I. E. Hubbard et *Andropogon schirensis* Hosch. Ex Rich, dans 5 placettes de 1m<sup>2</sup>. Des échantillons de sol (n=10) sont prélevés au hasard (0-10 cm) sous les touffes de *Loudetia* et de *Andropogon*, le sol est lavé sous eau et les racines récupérées. Tout le matériel végétal a été séché à l'étude (80°C), puis broyé légèrement (1mm) afin d'éviter de réduire fortement les différences de qualité physique des divers substrats (Edwards et Harris, 1977). Les teneurs en carbone et en azote ont été mesurées par combustion sur CHN-NA 1500N (Fisons Instruments équipé de détecteurs à conductibilité thermique. La détermination des constituants pariétaux a été effectuée par le laboratoire du CIRAD-GERDAT de Montpellier. La cellulose a été déterminée selon la méthode de WENDE, par attaques successives (d'HCl et de NaOH dilués). La lignocellulose a été obtenue par attaque aux détergents acides (ADF), et la lignine (ADL), par hydrolyse avec l'aide sulfurique concentré. La quantité de substrat à apporter, a été calculée de façon à ce que l'apport d'azote soit le même pour tous les substrats, soit 50 µg N/g de sol sec. La composition des différents substrats (carbone, azote, constituants, pariétaux), et les quantités de carbone apporté, sont présentés dans le tableau 1.

**Tableau 1** : Composition chimique des substrats végétaux et quantités de carbone apportées (mg/20g de sol)

Jours	Litière <i>Andropogon</i>	Litière <i>Loudetia</i>	Racines <i>Andropogon</i>	Racines <i>Loudetia</i>
C(%)	37,64	42,03	41,56	48,86
N(%)	0,39	0,47	0,46	0,55
C/N	96,51	89,42	90,35	88,84
C apporté (mg/20g sol)	97,11	88,68	90,60	88,44
Cellulose brute*	35,19	32,90	36,15	48,50
Lignocellulose (ADF)*	43,43	41,21	40,99	51,44
Lignine (ADL)*	10,35	12,18	16,88	19,54

\* : g/100 g de matière brute

Les sols amendés sont amenés à une humidité correspondante à 80 % de l'humidité équivalente, placés dans un flacon en verre de 130 ml fermé hermétiquement, et incubés à l'obscurité à 28° C (± 0,5°C). A intervalle régulier (1 jour, 3, 7 et 14 jours), l'azote minéral accumulé est déplacé et extrait par une solution de chlorure de potassium, puis dosé par spectrophotométrie (Krom, 1980 ; Walinga *et al.*, 1989). Les résultats sont exprimés en µg NH<sub>4</sub> + (NO<sub>2</sub>+NO<sub>3</sub>)/20g sol, soumis à une analyse de variance (ANOVA), puis comparés par le t-test de Student (Scheffe, 1959).

### 3. Résultats

Les quantités d'azote minéral total accumulées dans les sols sont présentées dans le tableau 2. La production brute des sols amendés est toujours significativement inférieure (p<0,01) à celle du sol témoin. L'apport des racines de graminées entraîne une phase d'accumulation d'azote minéral après quelques jours d'incubations (de 9 à 127 µg/20 g sol). Par contre, une baisse de l'accumulation d'azote minéral est observée suite à l'apport des feuilles (de 12 à 0,8 µg/20 g sol) (Tableau 2).

**Tableau 2** : Variation de l'accumulation brute de l'azote minéral ([µg NH<sub>4</sub>+ (NO<sub>2</sub>+NO<sub>3</sub>)/20g sol]) dans le sol témoin et dans les sols auxquels les substrats végétaux ont été apportés

Temps d'incubation (jours)	Sol témoin	Litière <i>Andropogon</i>	Litière <i>Loudetia</i>	Racines <i>Andropogon</i>	Racines <i>Loudetia</i>
1	87,0	12,4	12,4	9,0	10,6
3	91,2	5,0	3,2	7,0	10,6
7	77,6	3,6	8,2	14,4	35,8
14	76,0	0,8	4,2	28,0	127,4

La minéralisation nette due à chaque substrat a été calculée selon l'équation :

$$N_{mi} = N_{msi} - N_{ms} \text{ où}$$

- *N<sub>mi</sub>* représente la quantité d'azote minéral total nette, due au substrat i ;
- *N<sub>msi</sub>*, la quantité totale d'azote minéralisé dans le sol amendé (minéralisation de l'azote total du sol + minéralisation de l'azote du substrat) ;
- et *N<sub>ms</sub>* la quantité d'azote minéralisée dans le sol non amendé (sol témoin).

Les résultats sont présentés dans le tableau 3. Les valeurs sont élevées et négatives, indiquant une forte réorganisation de l'azote. La quantité d'azote immobilisée varie très peu en fonction du substrat apporté. Au jour 14, elle est plus faible pour les racines de *Andropogon*, et une minéralisation nette est même observée dans le cas de l'apport de racines de *Loudetia*. Ces faits témoignent probablement d'une inversion de l'équilibre minéralisation-immobilisation.

### 4. Discussions

L'apport d'une source de carbone entraîne une augmentation de l'activité respirométrique des micro-organismes (Bachelier, 1968), et une réorganisation de l'azote minéral du sol (Watkins et Barraclough, 1996). On observe en effet que la

quantité d'azote minéral accumulé dans les sols amendés, est inférieure à celle accumulée dans le sol témoin. Cette faible accumulation d'azote minéral pourrait être due à sa réorganisation par les micro-organismes du sol, et/ou à une perte d'azote par volatilisation. Mais il a été montré qu'à Lamto, le potentiel de dénitrification très bas (Abbdie et Lensi, 1990), et que les pertes d'azote par volatilisation d'ammonium sont négligeables car le pH du sol est légèrement acide (Abbadi *et al.*, 2000). De ce point de vue, la réduction de l'accumulation brute d'azote minéral peut donc être entièrement attribuée à la réorganisation microbienne.

La décomposition, potentielle et à court terme, des résidus végétaux incorporés au sol se ferait donc selon schéma suivant : dans un premier temps, les composés organiques des litières sont dépolymérisés et absorbés. Ils permettent de satisfaire les besoins en énergie des micro-organismes et, de ce point de vue, tous les substrats végétaux sont à peu près équivalents. Dans un deuxième temps, au bout de quelques heures, une phase de protéogenèse se met en place ; une "faim" d'azote se fait jour, et l'azote minéral présent dans le milieu est efficacement prélevé par les micro-organismes. C'est dans cette deuxième phase que l'origine épigée ou hypogée du substrat organique et donc la nature du carbone, influencerait la disponibilité de l'azote. La composition chimique des racines des graminées se rapproche de celle de leurs parties aériennes, du point de vue de leurs teneurs en cellulose, en lignocellulose et de leur rapport C/N (Tableau 1). Pourtant, l'apport de racines de graminées a entraîné une augmentation progressive de l'accumulation d'azote minéral dans le sol, alors qu'une réorganisation de l'azote minéral est observée pour les feuilles graminées. Il a été montré que la proportion de carbone soluble est plus élevée dans les racines (Mary *et al.*, 1992). Ce carbone étant facilement accessible (Amato *et al.*, 1984 ; Reinertsen *et al.* 1984), les besoins d'azote exprimés par les micro-organismes pour sa minéralisation, sont certainement moindres. D'où l'accumulation d'azote minéral observée dans les sols amendés avec des racines de graminées.

Les écosystèmes de savane sont caractérisés par le passage annuel des feux, qui ont une influence sur le cycle des nutriments (Diaz-Ravina *et al.*, 1996 Choromanska et Deluca, 2002). La destruction par le feu de la litière aérienne en savane a forcément un impact négatif à long terme

sur la quantité totale de nutriments azotés susceptibles de circuler dans l'écosystème. Mais le feu a peut être aussi un effet positif sur la mise à disposition à court terme de l'azote pour les plantes. En effet, en détruisant la litière aérienne le feu supprime un facteur d'immobilisation de l'azote minéral, c'est-à-dire un facteur de compétition entre les micro-organismes et les plantes pour leur nutrition azotée. Autrement dit, les racines de graminées qui, en tant que source de carbone facilement accessible augmentent la biomasse microbienne (Brookes *et al.*, 1990), sont aussi à court terme " producteurs " d'azote minéral, alors que leurs parties aériennes favorisent la réorganisation de l'azote du sol. Mais cette particularité n'est peut-être seulement d'importance que dans un système comme celui de Lamto, qui fonctionne par impulsions successives du fait du régime pluviométrique (phases courtes d'humectation-dessiccation du sol), et où les sorties d'azote via la lixiviation et la dénitrification sont faibles (Abbadi et Lensi, 1990 ; Lensi *et al.*, 1992 ; Le Roux *et al.*, 1995).

## 5. Conclusion

Les litières aériennes et souterraines sont en général le lieu d'une activité microbienne intense qui, en milieu tropical, conduit à leur disparition complète en trois ou quatre mois, au moins en ce qui concerne les feuilles des arbres forestiers. Elles sont donc la source d'une quantité très importante de nutriments dont l'impact sur l'écosystème, notamment sur la nutrition minérale des plantes, dépend beaucoup des capacités des racines à les exploiter. Celle-ci semble très efficace dans le cas des litières racinaires des graminées en raison de la structure en touffes du tapis herbacé en savane (Abbdie *et al.* 1992).

L'accumulation d'azote minéral est négative dans tous les cas : tous les substrats apportés ont donc entraîné une immobilisation d'azote, comme il était attendu compte tenu des rapports C/N des litières. Mais l'addition de résidus végétaux d'origine racinaire a entraîné une croissance de la production d'azote minéral tout au long de la période d'incubation. Cette croissance indique clairement que les racines de graminées entraîneraient plus rapidement que leurs parties aériennes, une accumulation nette d'azote minéral dans le sol. C'est du reste ce que l'on observe au 14<sup>e</sup> jour d'incubation avec les racines de *Loudetia*. Les feux n'influencent donc pas seulement

positivement la fertilité des sols en augmentant leur teneur en éléments minéraux *via* le dépôt des cendres Raison, 1979 ; Marion *et al.*, 1991) : en savane humide, ils influencent également la fertilité des sols en réduisant les facteurs qui entraînent la réorganisation microbienne de l'azote du sol. De ce point de vue, et en réduisant la compétition entre micro-organismes du sol et les plantes pour l'azote minéral, le passage du feu serait un système conservateur de l'azote du sol. Il pourrait alors être considéré comme un facteur de reproduction des écosystèmes de savane à dominance herbacées à Lamto.

## Bibliographie

- **ABBADIE L. et LENSIS R., 1990.** Carbon and nitrogen mineralization and denitrification in a humid savanna of West Africa (Lamto, Côte d'Ivoire). *Acta Oecologica*, 11:717-728.
- **ABBADIE L., MARIOTTI A. et MENAUT J.-C., 1992.** Indépendance of savanna grasses from soil organic matter for their nitrogen supply. *Ecology*, 73 : 608-613.
- **ABBADIE L., LATA J.C. et TAVERNIER V., 2000.** Impact des graminées pérennes sur une ressource rare : l'azote. *In* : La jachère en Afrique tropicale, Ch. Floret et R. Pontanier (Ed), John Libbey Eurotext, Paris, 1:97-102.
- **AMATO M. JACKSON R.B., BUTLER J. H.A. et BADD J.N., 1984.** Decomposition of plant materials in Australian soils. II. Residual organic <sup>14</sup>C and <sup>15</sup>N from legume plant parts decomposing under field and laboratory conditions. *Australian Journal of Soil Research*, 22 : 331-341.
- **BACHELIER G., 1968.** Contribution à l'étude de la minéralisation du carbone des sols. Mémoire ORSTOM, Paris, 30 :145 p.
- **BROOKES P.C., OCIO J.A., WU J., 1990.** The soil microbial biomass : its measurement, properties and role in soil nitrogen and carbon dynamics following substrate incorporation. *Soil Microorganism*, 35 :39-51.
- **CHOROMANSKA U., DELUCA T.H., 2002.** Microbial activity and nitrogen mineralisation in forest mineral soils following heating : evaluation of post-fire effects. *Soil Biology and Biochemistry*, 24 : 263-271.
- **DIAZ-RAVINA M., PRIETO A., BAATH E., 1999.** Bacterial activity in a forest soil after soil heating and organic amendments measured by the thymidine and leucine incorporation technique. *Soil Biology and Biochemistry*, 28 : 419-426.
- **EDWARDS N.T. et HARRIS W.F. 1977.** Carbon cycling in a mixed deciduous forest floor *Ecology*, 58 : 431-437.
- **FELLER C., FRITSCH E., FRITSCH E., POSS R. et VALENTIN C., 1991.** Effet de la texture sur le stockage et la dynamique des matières organiques dans quelques sols ferrugineux et ferrallitiques (Afrique de l'Ouest, en particulier). *Cahier ORSTOM ? SERIE Pédologie*, 26 : 25-36.
- **HASSINK J., 1992.** Effects of soil texture and structure on carbon and nitrogen mineralization in grassland soils. *Biology and Fertility of Soils*, 14 : 126-134.
- **KACHAKA S. VANLAUWE B., MERCKX R., 1993.** Decomposition and nitrogen mineralisation of prunings of different quality. *In* : Soil organic matter dynamics and sustainability of tropical agriculture. Mulongoy M. et Merckx R. (Eds), Leuven, 199-208.
- **KROM M., 1980.** Spectrophotometric determination of ammonia : a study of modified Berthelot reaction using salicylate and dichloroisocyanurate. *The analyst*, April 1980.
- **LE ROUX X., ABBADIE L., LENSIS R. et SERÇA D., 1995.** Emission of nitrogen monoxide from African tropical ecosystems : control of emission by soil characteristics in humid and dry savannas of West Africa (Lamto, Côte d'Ivoire). *Journal of Geophysical Research*, 100 (D11) : 23, 133-23, 142.
- **LENSIS R., DOMENACH A.M. et ABBADIE L., 1992,** Field study of nitrification and denitrification in a wet savanna of West Africa (Lamto, Côte d'Ivoire). *Plant and Soil*, 147 : 107-113.
- **MARION G.M., MORFNO J.M. et OECHEL W.C., 1991,** Fire severity, ash deposition and clipping effects on soil nutrients in Chaparral. *Soil science society of America Journal*, 55 : 235-240.

- **MARY B. MARIOTTI A. et MOREL J.L., 1992**, Use of <sup>13</sup>C variations at natural abundance for studying biodegradation of root mucilage, roots and lucose in soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 24 : 1065-1072.
- **MELILLO J.M., ABER J.D. et MURATORE J.F., 1982**, Nitrogen and lignin control of hardwood leaf litter decomposition dynamics. *Ecology*, 63 :621-626.
- **NACRO, H.B., 1997**, Hétérogénéité fonctionnelle de la matière organique dans un sol de savane humide (Lamto, Côte d'Ivoire) : caractérisation chimique et étude *in vitro* des activités microbiennes de minéralisation du carbone et de l'azote, Doctorat de l'université Pierre et Marie Curie (Paris VI), spécialité Ecologie, 302 p.
- **PAGNEY P., 1988**, Le climat de Lamto (Côte d'Ivoire). In : Le climat de la savane de Lamto (Côte d'Ivoire) et sa place dans les climats de l'Ouest Africain. Lamotte M. et Tireford J.L. (Eds), *Bulletin des Travaux des Chercheurs Lamto (R.C.I.)*, 8 : 31-79.
- **RAISON R.J., 1979**, Modification of the soil environment by vegetation fires, with particular reference to nitrogen transformations : a review. *Plant and Soil* 51 :73-108.
- **REINERTSEN S.A. ELLIOTT L.F., COCHRAN V.L. et CAMPBELL G.S., 1984**. Role of available carbon and nitrogen in determining the rate of wheat straw decomposition. *Soil Biology and Biochemistry*, 16 :459-464.
- **SCHEFFE H. 1959**, The analysis of variance. Wiley, New York.
- **SINGH J.S. et GUPTA S.R., 1977**. Plant decomposition and soil respiration in terrestrial exosystems. *Botanical Revue*, 43 : 449-528.
- **THOMAS R.J. et ASAKAWA N.M., 1993**. Decomposition of leaf litter from tropical forage grasses and legumes. *Soil Biology and Biochemistry*, 25 :1351-1361.
- **WALINGA I., VAN VARK W. HOUBA V.J.G. et VAN DER LEE J.J., 1989**. Plant analysis procedures. Department of Soil Science and Plant Nutrition, Wageningen Agricultural University, Syllabus, Part 7, 197-200.
- **WATKINS N. et BARRACLOUGH D., 1996**, Gross rates of N mineralization associated with the decomposition of plant residues. *Soil Biology and Biochemistry*, 28 : 169-175.

**Résumé**

Afin d'évaluer l'effet de l'origine de la matière organique sur la disponibilité de l'azote dans le sol, des échantillons de sol amendés avec de la litière de feuilles et des racines de deux graminées ont été incubés en condition de laboratoire. Tous les substrats apportés ont entraîné une immobilisation d'azote, mais l'apport des racines a entraîné tout au long de la période d'incubation, une augmentation progressive de l'accumulation d'azote minéral dans le sol. Les résultats suggèrent que les racines de graminées seraient à court terme "producteurs" d'azote minéral et donc que, l'influence des feux sur le cycle de l'azote serait positive dans certains. En détruisant une partie importante de la biomasse épigée, les feux influencent la fertilité des sols en réduisant les facteurs qui entraînent la réorganisation microbienne de l'azote du sol. De ce point de vue, le passage du feu pourrait être considéré comme un système conservateur de l'azote du sol, en tout cas à court terme, et en savane humide.

**Mots clés :** Feu, Savane, Azote, Feuilles, Racines, Minéralisation.

**Abstract**

**Is fire burning a factor of grass savanna reconstitution in Lamto area (Côte d'Ivoire)**

Samples of soils enriched with litter of either leaves or roots of two grasses were incubated in laboratory conditions in order to determine the effect of organic matter sources on mineral N availability. Important mineral N immobilization was observed in the soil samples amended with both litter : however, litter of grass roots provided more N in a more progressive manner during the course of incubation. Results suggested that for short term N need, grass roots would be better producers of mineral N and the burning with fire can have positive effect on N cycle in some field conditions. Fire burning of aerial biomass, has effect on soil fertility by reducing rate of processes that cause N loss from the soil. Based on these considerations, fire burning can be considered as a system that preserves soil N in a short term basis in humid savanna regions.

**Key words :** Fire, Savanna, Nitrogen, Leaves, Roots, Mineralization.