

MINERALISATION DE L'AZOTE IN SITU A PARTIR DE LA DECOMPOSITION DE QUELQUES LITIÈRES D'ESPECES VEGETALES TROPICALES

IN SITU NITROGEN MINERALIZATION FROM LITTER DECOMPOSITION OF SOME TROPICAL TREE SPECIES

Diallo M. D^{1*2} ; Coundoul M² ; Guisse A^{1,2}

Résumé

Une étude sur la décomposition de la litière de six (6) espèces végétales : *Faidherbia albida* Chev., *Acacia tortilis raddiana* Brenan, *Azadirachta indica* Juss., *Casuarina equisetifolia* Forsk., *Cordyla pinnata* Milne-Redh. et *Eragrostis tremula* Steud. et leur influence sur la disponibilité de l'azote minéral *in situ*, a été menée sur le site expérimental de l'Institut Sénégalais de Recherche Agricole de Mbaou à Dakar.

Les résultats obtenus ont montré que la décomposition des litières varie en fonction du temps et du type de litière. Mais d'une manière générale, elle a été faible pour toutes les litières les 6 premiers mois. Ensuite elle a été activée par l'humification du sol durant la saison pluvieuse. Les litières de *Eragrostis*, *Azadirachta* et *Acacia raddiana* se sont décomposées plus rapidement que les litières de *Faidherbia* et *Cordyla* tandis que celle de *Casuarina* a été la plus lente à se décomposer.

Concernant la minéralisation de l'azote, les résultats ont montré que la litière des espèces utilisées n'améliore de manière significative la nitrification que durant certaines périodes (en août, novembre et janvier).

Mots clés :

Litière ; Nitrification ; Matière organique ; Décomposition ; Azote ; Fertilité du sol.

Abstract

In situ leaf litter decomposition studies of six species: *Faidherbia albida* Chev., *Acacia tortilis raddiana* Brenan, *Azadirachta indica* Juss., *Casuarina equisetifolia* Forsk., *Cordyla pinnata* Milne-Redh. and *Eragrostis tremula* Steud., and their effects on mineral nitrogen availability were carried out in the Senegalese Agriculture Research Institute experimental site located in Dakar - Mbaou. The results have shown that litter decomposition varied as a function of time in the soil and litter type (species). Rates of decomposition were slow in the first 6 months for all species. During the rainy season, decomposition rates increased due to the humification processes and significant differences were noticed between species. *Eragrostis*, *Azadirachta* and *Acacia raddiana* litters decomposed faster than *Faidherbia* and *Cordyla*. *Casuarina* litters had the slowest decomposition rate. The studies have also shown that for N mineralization, the use of litter has improved the nitrification process significantly only during certain periods of the year (August, November and January).

Keywords:

Litter; Nitrification; Organic matter; Decomposition; Nitrogen; Soil Fertility.

^{1*}Laboratoire d'Ecologie Microbienne des Sols et Agrosystèmes Tropicaux (LEMSAT), Institut de Recherche pour le Développement (IRD), BP 1386 CP 18524 Dakar. Tel : (221) 849 33 33 – E-mail: Mariama.Diallo@ird.sn.

²Département de Biologie Végétale, Faculté des Sciences et Techniques, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, BP. 5005 Dakar, Fann.

1. Introduction

Dans la zone sahélienne, du fait de la désertification, de la baisse de la fertilité des sols et de l'augmentation du coût des engrais, il est de plus en plus nécessaire de développer des recherches sur l'amélioration de la fertilité des sols à partir de la litière provenant des arbres. L'enrichissement du sol en azote à partir de la litière est un processus complexe où interviennent la quantité et la qualité de cette litière. Sa décomposition se traduit par une accumulation d'humus et une minéralisation des éléments organiques contenus dans les résidus végétaux. Parmi les éléments minéralisés, l'azote joue un rôle important dans la nutrition des végétaux notamment des arbres fixateurs d'azote car il couvre, chez ces derniers, en moyenne 55 % de leurs besoins (Danso et al. [1]).

La qualité biochimique peut réguler la décomposition des litières et la libération de l'azote minéral. Plusieurs auteurs se sont intéressés à la relation qualité de la litière et décomposition (Bernhard-Reversat et al. [2]) et qualité de la litière et minéralisation de l'azote (Palm et al. [3]).

L'objectif de cette étude était de déterminer le taux de décomposition de la litière de six

espèces végétales ainsi que leur impact sur la libération de l'azote minéral *in situ*, ce qui permettra d'identifier les plus intéressantes pour l'enrichissement des sols en azote minéral dans les différentes zones agroécologiques du Sénégal.

2. Matériels et Méthodes

2.1. Site d'étude

L'expérience a été menée à la pépinière fruitière du Centre ISRA/CDH de Mbao à Dakar. Le sol, de type ferrugineux tropical lessivé appelé « sol Dior » (MAGNIEN [4]) classé comme lixisol (FAO [5]), a été prélevé au niveau de l'horizon de surface (0-10 cm). Le climat de Mbao est de type soudano-sahélien semi-aride avec une longue saison sèche (novembre à juin) et une courte saison pluvieuse (juillet à octobre). La moyenne mensuelle des températures varie entre un minimum de 21,7°C en avril en saison sèche et un maximum de 28,34°C en octobre durant la saison pluvieuse (Figure 1).

La température moyenne annuelle est de 25,6°C. Les hauteurs de pluies les plus importantes ont été enregistrées en septembre (96 mm) pour l'année en cours (1997). La granulométrie et quelques propriétés chimiques du sol sont illustrées dans le Tableau I.

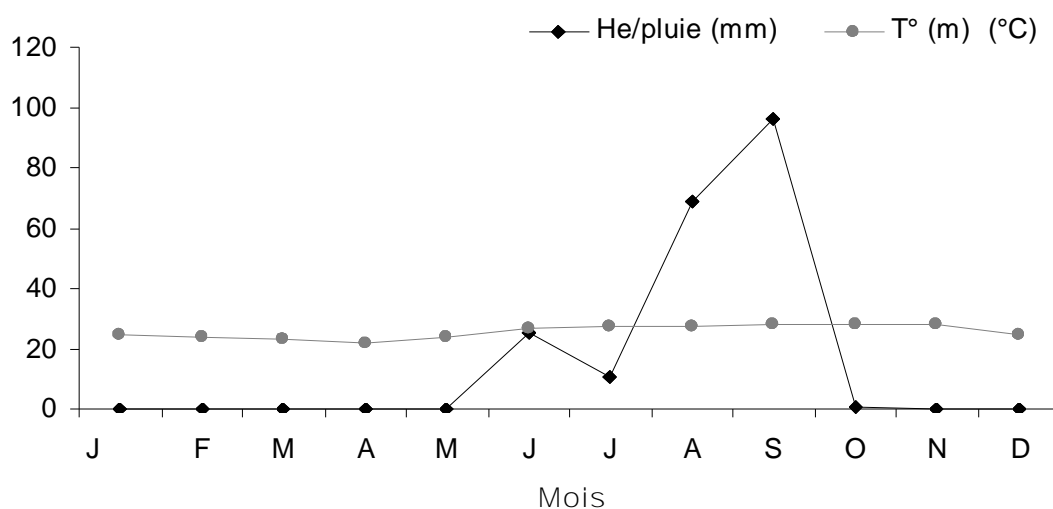


Figure 1. Diagramme ombrothermique de la région de Dakar (1997).

Tableau I. Caractéristiques physiques et chimiques du sol de la station d'étude

Paramètres	Granulométrie(%)			C	N	C/N	pH eau	pH _{KCl}	P assimilable	Ca	Na	CE	Mg	K	CEC/100g argile
	Argiles	Limons	Sables	(%)					ppm	(méq/100g)					
Composition	2,5	4,5	9,3	1,01	0,092	11	7,3	7,2	52	7,75	0,35	14,8	2,17	0,05	430,5

2.2. Matériel biologique

Les litières proviennent de *Faidherbia albida* A. Chev. (*Mimosaceae*), *Acacia tortilis raddiana* Brenan (*Mimosaceae*), *Azadirachta indica* A. Juss. (*Meliaceae*), *Casuarina equisetifolia* Forsk. (*Casuarinaceae*), *Cordyla pinnata* Milne-Redh. (*Caesalpiniaceae*) et *Eragrostis tremula* Steud. (*Poaceae*). Les espèces ont été choisies parce qu'elles appartiennent à des familles différentes et sont de type différent (arbre, herbe) mais aussi parce qu'elles sont couramment rencontrées dans les savanes de l'Afrique de l'Ouest.

La récolte des litières a été effectuée dans des localités différentes en milieu naturel au début de la saison sèche sur la plante vivante. Il s'agit essentiellement de feuilles et de rameaux à l'exception de *Casuarina* dont les aiguilles, les chatons et les cônes ont été utilisés. Les litières de *Faidherbia albida*, *Acacia tortilis raddiana* et *Azadirachta indica* ont été récoltées à Dakar, tandis que celle de *Casuarina equisetifolia* a été récoltée à Malika. Pour les deux autres espèces *Cordyla pinnata* et *Eragrostis tremula*, leurs litières ont été respectivement récoltées à Nioro et à la réserve botanique de Noflaye.

Les litières ont été séchées à l'air libre pendant deux semaines et conservées dans des sacs. Leur teneur en azote total et carbone est montrée dans le Tableau II (Diallo et al. [6]). L'azote total et le carbone organique ont été mesurés par combustion sèche avec un analyseur CHN (LECO FP 428).

Tableau II. Teneurs en C et N des litières utilisées.

Litières	C (mg g ⁻¹)	N (mg g ⁻¹)	C/N
<i>Faidherbia albida</i>	428.27a*	20.03 b	21.39 a
<i>Acacia tortilis raddiana</i>	453.96 a	20.30 b	22.36 a
<i>Azadirachta indica</i>	442.58 a	13.86 a	31.92 b
<i>Casuarina equisetifolia</i>	471.86 a	13.57 a	34.78 b
<i>Cordyla pinnata</i>	488.08 a	23.74 b	20.56 a
<i>Eragrostis tremula</i>	381.69 a	9.14 a	41.74 b

*: Les moyennes ayant des lettres différentes sont significativement différentes au seuil de 0,05 (LSD de Fisher).

2.3. Décomposition des résidus

Le suivi de la perte de masse des litières a été effectué entre janvier 1997 et mars 1998. La décomposition a été suivie avec des sachets de litière selon la technique utilisée par Bockock et al. [7] et plus récemment par Guo et al. [8]. Il s'agit de sachets en Nylon de 12 cm x 10 cm (2 mm de maille) contenant les différentes litières. Dix grammes de litières intactes ont été introduits dans chaque sachet. Pour les graminées, les tiges ont été coupées par pièce de 7 cm et pour la litière de *Casuarina equisetifolia*, nous avons considéré trois parties : les aiguilles, les chatons et les cônes. Les sachets ont été disposés de façon aléatoire (36 sachets/m²) et enterrés à 5 cm de profondeur dans le sol. Trois sachets de chaque litière ont été

prélevés une fois tous les trois mois entre janvier 97 et juin 97 et une fois par mois entre juillet 97 et mars 98.

Deux facteurs ont été étudiés: le facteur types de litières avec 8 niveaux et le facteur temps d'enfouissement avec 12 niveaux (11 temps d'enfouissement en plus du témoin constitué de la litière non enfouie), soit 96 traitements répétés trois fois. Lors de chaque prélèvement des sachets de litière, les débris restants ont été lavés à l'eau et séchés pendant 72 heures à l'étuve (60°C), avant d'être pesés. Le suivi de la dégradation des litières s'est fait par évaluation des pertes de poids au cours du temps.

2.4. Étude de la minéralisation de l'azote

L'effet des litières sur la production de différentes formes d'azote minéral (ammonium, nitrite et nitrate) a fait l'objet d'une seconde étude dans le même site. Huit placettes de 1 m x 1 m ont été aléatoirement choisies dans une parcelle de 50 m². Le sol (environ 500 g) a été prélevé dans les différentes parcelles et mis dans des pots en plastique de 225 ml et 7 cm de hauteur. Les parois latérales des pots ont été perforées pour permettre un échange d'oxygène entre le sol incubé et l'extérieur. L'étroitesse des perforations empêche en même temps la pénétration des racines dans les pots. Ces pots ont été recouverts par un tulle en nylon et retenus par du fil. Ils ont ensuite été renversés de telle sorte que la partie supérieure intacte se retrouve en haut pour éviter les pertes de nitrate par lessivage (Lemée [9]). Les pots ont été « enterrés » au niveau de l'horizon de surface, entre 0 – 10 cm de profondeur dans chacune des placettes et ont ensuite été recouverts des différentes litières végétales. Ces litières (six espèces) ont été apportées intactes à une dose équivalente de 10 T ha⁻¹ (correspondant à une dose de litière de 2 %) au mois de janvier 97.

Les litières n'ont pas été recouvertes de sol pour être plus proche des conditions

naturelles, mais par un filet à faible maille pour éviter qu'elles ne s'envolent. Une placette sans litière constituait le témoin (témoin non traité). Pour avoir un témoin où la nitrification autotrophe était inhibée, du chlorate de potassium (KClO₃) a été mélangé avec le sol d'une des parcelles (témoin traité).

Le premier prélèvement a été effectué au mois de juin 97, soit après 6 mois de décomposition. Un deuxième prélèvement a été effectué deux mois après, en août 97. Par la suite, les prélèvements ont été effectués mensuellement entre août 97 et mars 98, soit un total de 9 prélèvements en 14 mois de décomposition des résidus. Le nombre de répétitions par traitement était de 3, soit un total de 216 échantillons (8 espèces dont les 2 témoins x 9 prélèvements x 3 répétitions). Les variables suivies ont concerné les taux d'ammonium (N-NH₄⁺), de nitrite (N-NO₂) et de nitrate (N-NO₃⁻).

2.5. Analyses des échantillons de sols

Une solution de KCl (1 M) a été mélangée avec les échantillons de sol (rapport 1/3, sol sec/solution), ensuite le mélange a été agité pendant 1 heure à 25°C. Les aliquotes ont ensuite été filtrés avec du papier Whatman 0.45 µm et stockés au congélateur pour les analyses de l'azote minéral (Bremner [11]). Cet azote a ensuite été dosé au spectrophotomètre modèle JASCO à la longueur d'onde 380 nm pour l'ammonium et 545 nm pour les nitrites et nitrates. L'azote minéral a été exprimé en µg N/ 100 g sol sec.

Le dosage colorimétrique de l'azote ammoniacal a été réalisé par la réaction de Bremner [11]. Il s'agit de mettre 50 ml de l'aliquote dans une fiole de 100 ml et de compléter au trait de jauge avec de l'eau distillée. Ensuite 3 ml de réactif de Nessler est ajouté et le tout est laissé au repos pendant 30 minutes pour que la couleur soit bien développée. Le réactif de Nessler en présence de l'ammoniaque, donne une coloration jaune. Pour le témoin, à la place

de l'extrait du sol, du KCl en solution molaire a été utilisé.

Les nitrites ont été dosés après un prélèvement de 25 ml de l'aliquote auquel 1 ml d'acide sulfanilique et 1 ml d'alpha - naphthyl - éthylène diamine (réactif de GRIESS) ont été ajoutés. Après 30 min, une coloration rouge est apparue. Pour le témoin, du KCl (1M) a été utilisé à la place de l'extrait de sol.

Les nitrates ont été dosés après leur réduction en nitrites. Pour cela, nous avons fait passer l'aliquote dans une colonne de zinc en raison de 8 gouttes par cinq minutes de passage des échantillons. La colonne de zinc a été réalisée grâce à de la poudre de zinc nettoyée avec de l'éthanol pur et du HCl 6N pour faire disparaître le Cl. Pour créer un complexe Zn-Cu, nous avons fait agir du CuSO₄ par fraction de 50cc jusqu'à 200 cc. Ensuite 50 ml de tampon pur ont été ajoutés.

2.6. Analyses statistiques

Toutes les analyses statistiques sont réalisées avec le logiciel SuperAnova (ABACUS CONCEPTS, BERKELEY, CA). La comparaison des moyennes des traitements a été effectuée avec le test LSD (Least Significant Difference ou Plus Petite Différence Significative) de Fisher ($P < 0,05$).

3. Résultats

3.1. Décomposition des résidus

Les résultats obtenus ont varié en fonction des espèces végétales et en fonction des périodes de prélèvement (Figure 2). Les litières se sont décomposées lentement les 6 premiers mois. Entre 1 et 3 mois, le taux de décomposition a été d'environ 5 % sauf pour les litières de *Cordyla pinnata* et de *Acacia tortilis* qui ne se sont pas décomposées. Entre 3 et 6 mois, le taux de décomposition a été de 11 % pour les litières. Durant cette période, ce taux a été un peu plus élevé chez *Azadirachta indica*.

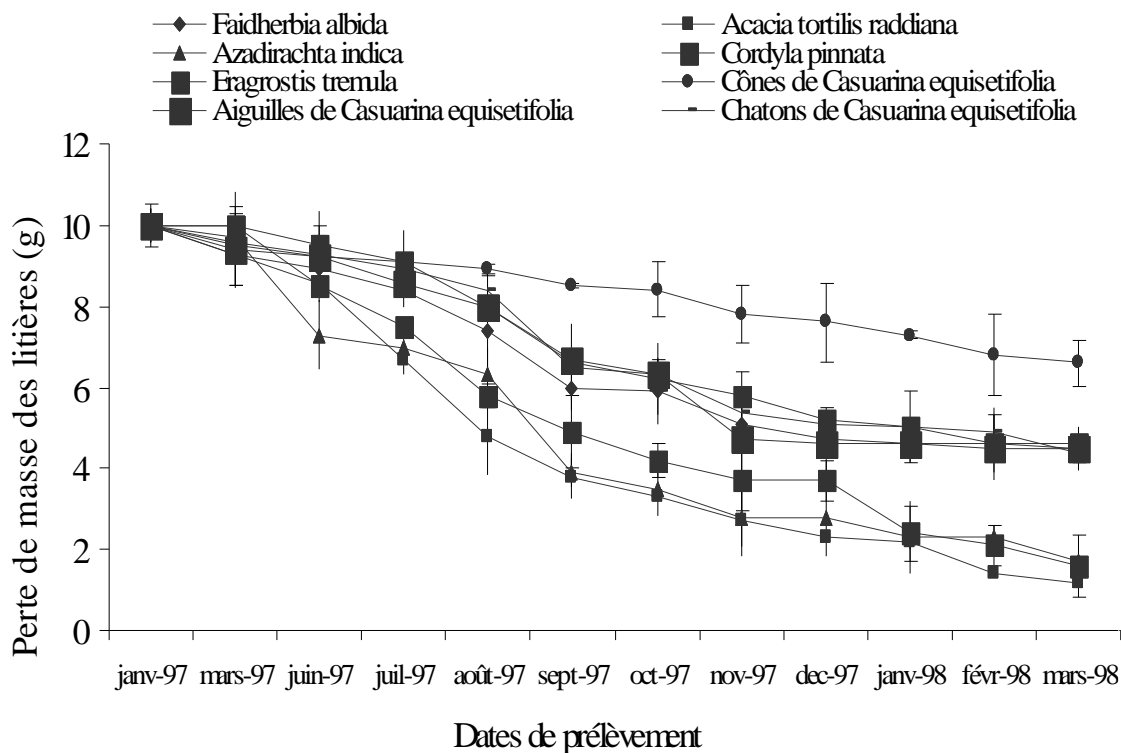


Figure 2. Perte de masse des litières en (g). Les barres représentent l'erreur standard (n = 3 pour chaque moyenne).

La vitesse de décomposition a augmenté progressivement à partir de la saison pluvieuse jusqu'à la fin de l'expérience et a varié selon le type de litière. Les litières de *Faidherbia albida*, de *Cordyla pinnata* et les chatons et cônes de *Casuarina equisetifolia* ont eu un taux de décomposition qui a varié entre 40 et 50 % en saison pluvieuse. Ce taux n'a évolué que de 5% pour le mois d'octobre. Les litières de *Azadirachta indica*, *Acacia raddiana* et *Eragrostis tremula* ont donné les taux de décomposition les plus élevés (85 %) au bout d'un an. Par contre, les cônes de *Casuarina equisetifolia* se sont décomposés plus lentement avec un taux de 34 %.

3.2. Influence des litières sur la production de l'ammonium

L'évolution de la quantité d'ammonium (Figure 3a) été la même dans tous les traitements. La teneur en ammonium a diminué entre juin (2,3 µg N/100g sol sec) et août où elle a été presque nulle (0,1 µg N/100g sol sec) ensuite elle a augmenté progressivement au cours du temps pour atteindre son niveau le plus élevé en fin de

saison humide (novembre) avec environ 9 µg N/100g sol sec. La quantité d'ammonium a diminué ensuite pour revenir à la fin de l'expérience (mars 1998) à son niveau de départ (2,3 µg N/100g sol sec en moyenne).

3.3. Influence des litières sur le taux de nitrite

On note que le taux de nitrite a été extrêmement faible par rapport à celui de l'ammonium et a été inférieur à 0,5 µg N/100g sol sec. L'évolution de la quantité de nitrite (Figure 4) a été la même pour tous les traitements sauf pour le traitement « sol mélangé avec le chlorate de potassium (KClO₃) ». Pour ce dernier, le taux de nitrite a augmenté jusqu'en novembre et a ensuite diminué progressivement jusqu'à la fin de l'incubation (mars 1998). Par contre, pour tous les autres traitements litières y compris le témoin non traité, ce taux a diminué entre juin et août et entre septembre et octobre où il a été pratiquement nul. Le taux le plus élevé a été observé en novembre dans tous les traitements. A partir de cette date, une diminution du taux de nitrite a été notée jusqu'à la fin de l'expérience.

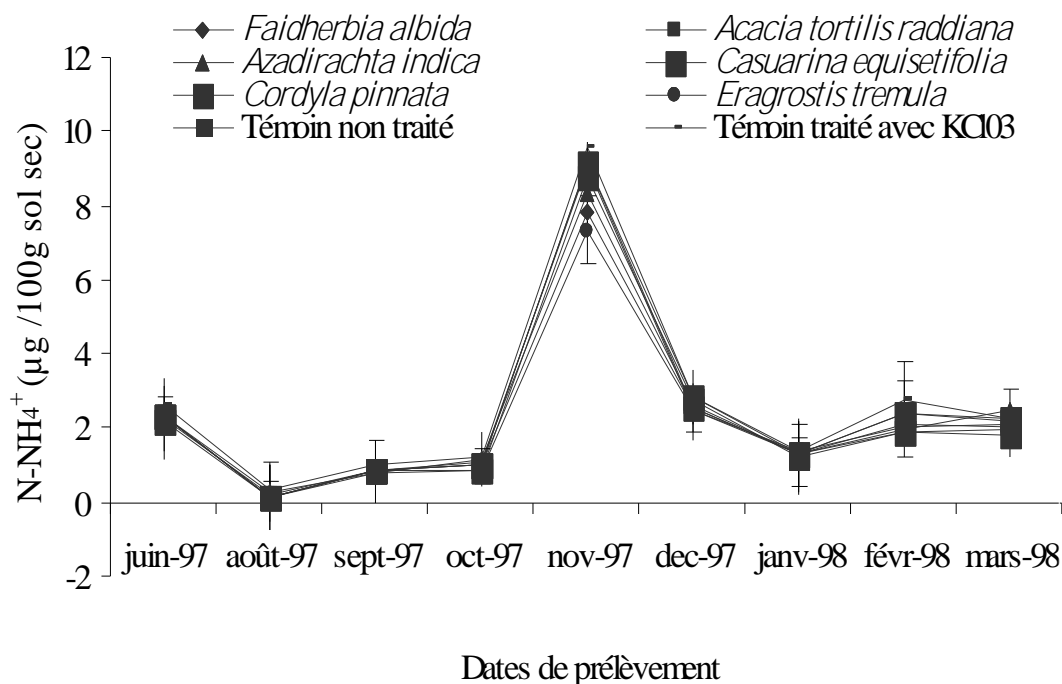


Figure 3. Variation de la quantité de N-NH₄ (en µg par 100 g de sol sec) sous les différentes litières. Chaque valeur est la moyenne de trois répétitions (n = 3 pour chaque moyenne). Les barres représentent l'erreur standard.

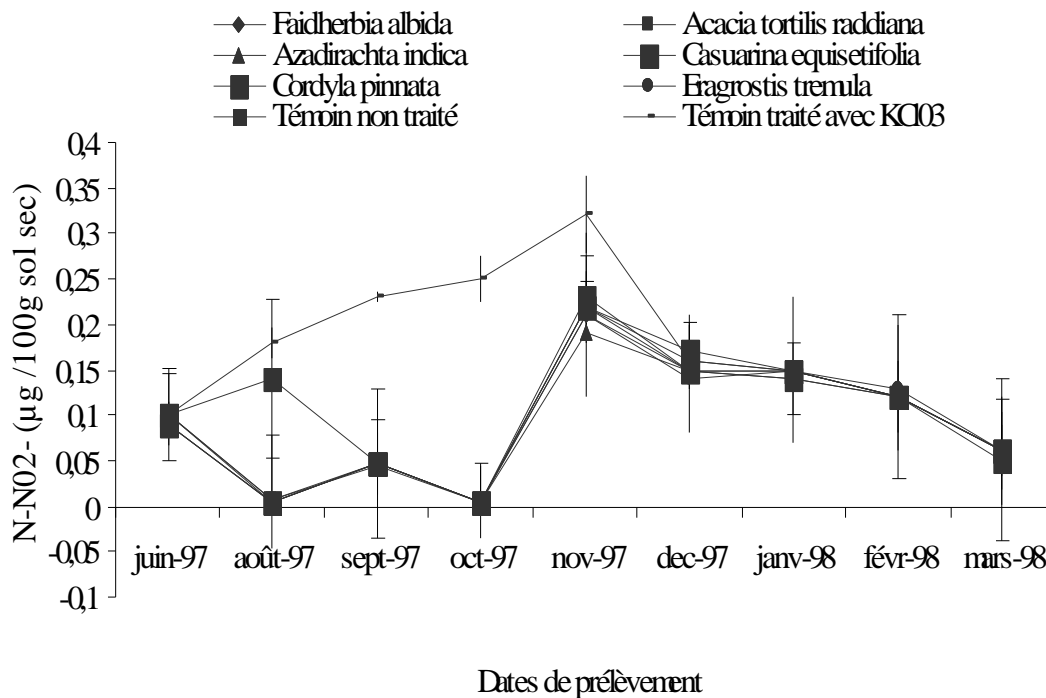


Figure 4. Variation de la quantité de N-NO₂ (en µg par 100 g de sol sec) sous les différentes litières. Les barres représentent l'erreur standard (n = 3 pour chaque moyenne).

3.4. Influence des litières sur le taux de nitrate

Les taux de nitrate ont évolué différemment selon le traitement considéré. La quantité de nitrate observée au cours de l'incubation a cependant été faible dans tous les traitements et n'a pas dépassé 1 µg N/100g sol sec (Figure 5). Cette quantité a été négligeable au début de l'expérience (0,14 µg N/100g sol sec). La quantité la plus élevée a été observée en juin sous la litière de *A. indica* (1,05 µg N/100g sol sec) et en juillet sous la litière de *C. equisetifolia* (1,03 µg N/100g sol sec). Elle a été nulle sous la litière de *Acacia tortilis* en septembre, dans le témoin inhibiteur en octobre et sous la litière de *A. indica* en février.

Entre février et mars, on a noté une augmentation du nitrate sous les résidus de *A. indica*, *Acacia tortilis* et du témoin tandis que sous les autres litières et le témoin inhibiteur, la quantité de nitrate n'a pas évolué. Cette quantité a été plus élevée sous

les traitements litières par rapport au témoin en août, novembre et janvier. Par contre, il n'y avait aucune différence significative par rapport au témoin sol nu en septembre, octobre, février et mars.

4. Discussion

4.1. Décomposition des résidus

L'utilisation de la méthode des sachets a permis de suivre la vitesse de décomposition des litières qui a été faible durant les six premiers mois. Pendant la saison pluvieuse, cette décomposition est accélérée pour toutes les litières. A partir du mois d'octobre, trois phénomènes sont observés. D'une part, la décomposition très lente des cônes de *C. equisetifolia*, ensuite le ralentissement de la décomposition des litières des espèces telles que *F. albida*, *C. pinnata*, ainsi que des aiguilles et des chatons de *C. equisetifolia*. Enfin, la décomposition des litières de *Acacia tortilis*, *Azadirachta* et *Eragrostis* dont la vitesse est maintenue au même rythme. Dans le cas de *C. equisetifolia*, la faible

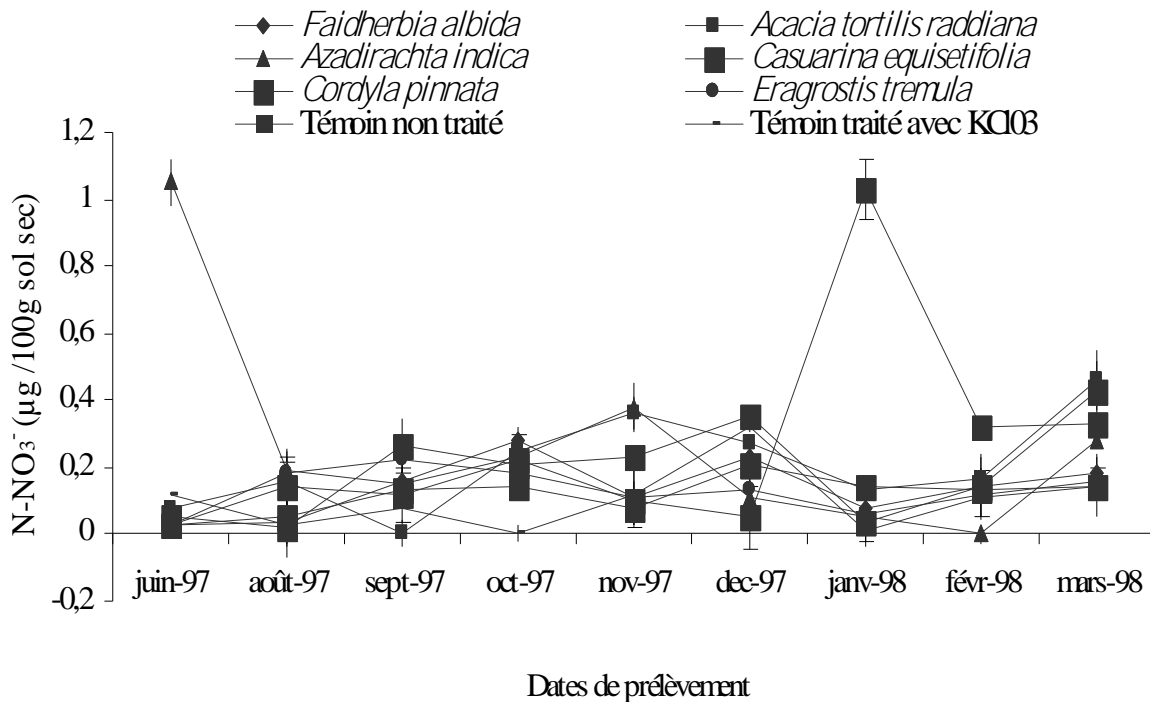


Figure 5. Variation de la quantité de N-NO₃ (en µg par 100 g de sol sec) sous les différentes litières. Les barres représentent l'erreur standard (n = 3 pour chaque moyenne).

dégradation de la litière habituellement signalée est uniquement due à la présence des cônes. L'accélération de la dégradation des litières à partir du 6^{ème} mois durant la saison pluvieuse pourrait s'expliquer par l'influence de l'humidité due à la pluie et aux fortes températures qui sont des facteurs favorables à l'accroissement de la biomasse microbienne et à l'augmentation de leur activité (Sundarapandian et al. [12]).

Cependant, d'autres auteurs tels que Musvoto et al. [13] pensent que la perte de masse des litières étudiées en sachets serait due à trois processus : la lixiviation du matériel soluble, la décomposition microbienne et la perte particulière par la maille. D'autres études sur la décomposition des litières *in situ* ont montré qu'une teneur élevée en azote (ou un rapport C/N faible) est généralement un facteur favorable à la décomposition (Bernhard-Reversat et al. [2]; Arunachalam et al. [14]).

Dans notre étude, nous n'avons pas pu mettre en évidence une relation entre les teneurs en C et N de la litière et sa décomposition. Ainsi la litière de *E. tremula* qui avait le taux le plus faible en azote s'est décomposée le plus rapidement en compagnie de la litière de *A. indica* qui contenait seulement une concentration moyenne d'azote. La litière de *F. albida* qui avait pourtant un taux élevé en azote n'a pas eu une vitesse de décomposition élevée.

Cependant, plusieurs autres études ont montré que les facteurs du milieu d'étude, le caractère morphologique des litières (épaisseur et rigidité) ainsi que la macrofaune peuvent avoir autant d'importance que la qualité biochimique des litières lors de la décomposition (Guo et al. [8]; Sundarapandian et al. [12]; Torreta et al. [15]).

4.2. Minéralisation de l'azote

Au cours de cette expérimentation, l'action des litières de *Faidherbia albida*, *Acacia tortilis raddiana*, *Azadirachta indica*,

Casuarina equisetifolia, *Cordyla pinnata* et *Eragrostis tremula* sur la disponibilité de l'azote minéral (ammonium, nitrite et nitrate) dans le sol a pu être définie. D'une manière générale, il y a une forte production d'ammonium et de nitrite à la fin de la saison pluvieuse pour tous les traitements. Cela est dû au fait que l'élévation globale de la température et surtout l'augmentation de l'humidité favorisent l'accroissement de la population microbienne dans le sol, d'où une minéralisation de l'azote plus conséquente. Par rapport à la quantité de nitrate produite, les litières ont montré une influence variable sur la nitrification durant la décomposition.

La quantité de nitrate produite dépend des périodes de prélèvement. A certaines dates, la production de nitrate est plus importante sous les différentes litières qu'au niveau du témoin non traité, alors qu'à d'autres, elle est très variable. Nous avons aussi noté qu'au niveau du traitement $KClO_3$, il y a une accumulation de nitrite durant la période juin-novembre 97.

Dans les conditions naturelles, les teneurs en nitrite sont faibles et leur présence dans le sol est transitoire, donc leurs accumulations sont dues à la présence du chlorate de potassium ($KClO_3$) qui bloque la nitrification, d'autant plus que les quantités de nitrates contenues dans le témoin inhibiteur ont été faibles, ce qui confirme le rôle du $KClO_3$ dans l'inhibition des bactéries nitrifiantes autotrophes (Guissé [10]).

Nos résultats ont aussi montré que la quantité d'ammonium produite est plus forte que celles des nitrites et nitrates. Plusieurs études ont montré ces tendances (Guissé [10]). Ces auteurs ont trouvé au cours de leurs études dans les sols de lande à *mull* acides, une concentration en ammonium largement supérieure à celle des nitrates. De même, dans les sols forestiers acides, la quantité d'azote disponible sous

forme d'ammonium est plus importante que celle qui est disponible sous forme de nitrate (Laverman et al. [16]; Uri et al. [17]). Par contre, d'autres études ont montré des rapports ammonium et nitrates inversés (Iyamuremye et al. [18]). Diallo et al. [6] qui ont travaillé sur le même type de sol ferrugineux et sur les mêmes litières ont obtenu des résultats contraires. Ils ont montré au cours de la décomposition des litières de cinq espèces végétales (*F. alba*, *A. indica*, *A. gayanus*, *C. equisetifolia* et *E. tremula*) que le nitrate représente la forme dominante de l'azote minéral. Ces résultats contradictoires pourraient être dus aux conditions climatiques des zones d'études qui sont différentes. Au cours de cette étude, aucune corrélation n'a été obtenue entre la qualité biochimique des litières (C/N) et la minéralisation de l'azote. Par contre, différents travaux dans la littérature ont permis de mettre en évidence une corrélation positive entre le rapport carbone/azote des litières et la fourniture en azote minéral du sol (Iyamuremye et al. [18]; Chaves et al. [19]; Schwendener et al. [20]).

5. Références bibliographiques

- [1] Danso S.K.A., Bowen G.D., Sanginga N. Biological nitrogen in trees in agroecosystems. *Plant Soil*, 1992, 141: 177-196.
- [2] Bernhard- Reversat F., Schwattz D. Change in lignin content during litter decomposition in tropical forests soils (Congo): Comparison of exotic plantations and native stands. *C.R. Acad. Sci. Paris. Sci. Terre Planètes*, 1997, 325: 427- 432.
- [3] Palm C.A., Sanchez P. A. Nitrogen release from the leaves of some tropical legumes as effected by their lignin and polyphenolic contents. *Soil Biology and Biochemistry*, 1990, 23: 83-88.

- [4] Maignien R. Carte pédologique du Sénégal. Notice explicative en 1/1000000. ORSTOM, 1965; Dakar, Senegal.
- [5] Fao. World reference base for soil resources. World Soil Resources Reports. Food and Agricultural Organisation, Rome, 1998; 98 p.
- [6] Diallo M.D., Guissé A., Badiane-Niane A., Sall S., Chotte J.L. In situ effect of some tropical litters on N mineralization. *Arid Land Research and Management*, 2005; 19: 173-181.
- [7] Bockock K.L., Gilbert O. The disappearance of leaf litter under different woodland conditions. *Plant and Soil*, 1957, 9: 179-185.
- [8] Guo L.B., Sims R.E.H. Litter decomposition and nutrient release via litter decomposition in New Zealand eucalypt short rotation forests. *Agriculture ecosystems and environment*, 1999, 75: 133- 140.
- [9] Lemée G. Investigation sur la minéralisation de l'azote et son évolution annuelle dans les humus forestiers *in situ*. *Oecol Plant.*, 1967, 2: 285- 324.
- [10] Guissé A. Influence allélopathique des acides phénoliques des litières sur l'activité nitrifiante des sols de lande. Thèse de Doctorat. Université de Rennes I, U.F.R. Sciences de la Vie et de l'environnement. 1989. 208 p.
- [11] Bremner J.M. Inorganic forms of nitrogen in methods of soil analysis. Part 2 Number 9 in the series *Agronomy*. American society and Agronomy Inc. Publisher Madison Wisconsin - U.S.A. 1965. 29-57.
- [12] Sundarapandian S.M., Swamy P.S. Litter production and leaf litter decomposition of selected tree species in tropical forests at Kodoyar in the Western Ghats, India. *Forest Ecology and Management*, 1999, 123: 231- 244.
- [13] Musvoto C., Campbell B.M., Kirchner H. Decomposition and nutrient release from mango and miombo woodland litter in Zimbabwe. *Soil biology and Biochemistry*, 2000, 32: 1111-1119.
- [14] Arunachalam A., Maithani K., Pandey H.N., Tripathi R.S. Leaf litter decomposition and nutrient mineralization patterns in regrowing stands of a humid subtropical forest after tree cutting. *Forest Ecology and Management*, 1998, 109: 151- 161.
- [15] Torreta N.K., Takeda H. Carbon and nitrogen dynamics of decomposing leaf litter in tropical hill evergreen forest. *Eur. J. Biol.*, 1999, 35: 57- 63.
- [16] Laverman A.M., Zoomer R., Van Verseveld H. W., Verhoef H. A. Temporal and spatial variation in nitrogen transformations in a coniferous forest soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 2000, 32: 1661-1670.
- [17] Uri V., Lohmus K., Tullus H. Annual net nitrogen mineralization in a grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench) plantation on abandoned agricultural land. *Forest Ecology and Management*, 2003, 184: 167-176.
- [18] Iyamuremye F., Gewin V., Dick R. P., Diack M., Sène M., Badiane A., Diatta M. M. Carbon, Nitrogen and Phosphorus mineralization potential of native agrophorestry plant residues in soils of Senegal. *Arid Soil Research and Rehabilitation*, 2000, 14: 359-371.

- [19] Chaves B., De Neve S., Hofman G., Boeckx P., Van Cleemput O Nitrogen mineralization of vegetable root residues and green manures as related to their (bio) chemical composition. *European Journal of Agronomy*, 2004, 21: 161-170.
- [20] Schwendener C.M., Lehman J., De Camargo P.B., Luizao R.C.C., Fernandes E.C.M. Nitrogen transfer between high- and low-quality leaves on a nutrient-poor Oxisol determined by ¹⁵N enrichment. *Soil Biology and Biochemistry*, 2005, 37: 787–794.

