

ARTICLES ORIGINAUX

OORSPRONKELIJKE ARTIKELS

ORIGINAL ARTICLES

ARTICULOS ORIGINALES

Evaluation de la fertilité des sols à *Detarium microcarpum* Guill. & Perr.A.M. Kouyaté¹, P. Van Damme², Sarah Goyens³, S. De Neve³ & G. Hofman³Keywords: *Detarium microcarpum*- Soil fertility- Physicochemical properties- C/N- Mali**Résumé**

La baisse de la fertilité des sols est un problème préoccupant pour les paysans maliens, car elle influence directement les rendements des cultures. Le présent travail traite de la situation physico-chimique des sols à *Detarium microcarpum*. Des analyses physico-chimiques ont été réalisées sur des échantillons de sols et des branches feuillées de *D. microcarpum*. Les résultats ont montré que les sols de Farako et de Kafono contiennent en moyenne $0,54 \pm 0,04\%$ à $0,58 \pm 0,04\%$ de carbone; $0,03 \pm 0,003\%$ à $0,04 \pm 0,002\%$ d'azote et $105,9 \pm 7,75$ mg à 108 ± 8 mg de phosphore total/kg de matière sèche. Leur pH-KCl varie de $4,27 \pm 0,04$ à $4,32 \pm 0,04$. Ils ont aussi montré que les branches feuillées sont de mauvaise qualité chimique, à cause de la forte quantité de lignine (527 g/kg de matière sèche) et de la valeur élevée du rapport C/N ($34,0$). De plus, *D. microcarpum* n'est pas un bon fertilisant des sols pour l'azote.

Summary**Evaluation of Soil Fertility of *Detarium microcarpum* Guill. & Perr.**

The decline in soil fertility is an alarming problem for farmers in Mali because soil fertility is the main factor determining crop yield. This paper analyzes the physicochemical characteristics of soils under *Detarium microcarpum* at two representative sites (Farako and Kafono). Physicochemical analyses were realized with samples of soil and leafed branches of *Detarium microcarpum*. The results show the soils of Farako and Kafono contain on average $0.54 \pm 0.04\%$ to $0.58 \pm 0.04\%$ of carbon, $0.03 \pm 0.003\%$ to $0.04 \pm 0.002\%$ of nitrogen and 105.9 ± 7.75 mg to 108 ± 8 mg total phosphorus. kg^{-1} of dry matter. Their pH-KCl varied from 4.27 ± 0.04 to 4.32 ± 0.04 . It was shown that the ground leafy branches of *D. microcarpum* have low chemical quality, because of the high quantity of lignin (527 g/kg of dry matter) and high C/N ratio (34.0). Thus, *Detarium microcarpum* is not a good fertilizer for nitrogen.

1. Introduction

L'épuisement et la dégradation des sols sont de sérieux problèmes qui aggravent la pauvreté en Afrique subsaharienne, car ils entraînent une baisse des rendements des cultures. La baisse de fertilité des sols qui en résulte est causée principalement par le déboisement, le surpâturage, l'agriculture itinérante et la mauvaise utilisation des ressources en sol et en eau (7). Selon la même source, d'autres facteurs tels que l'augmentation de la population, la pression foncière, l'insécurité foncière et la pauvreté, agissent indirectement sur ce déclin.

De nombreuses techniques ont été utilisées pour pallier la baisse de la fertilité des sols. Les techniques appliquées habituellement pour conserver la fertilité des sols par les agriculteurs africains sont la culture sur abattis-brûlis après une longue jachère ou l'application d'engrais chimiques. Aujourd'hui, il existe de nouvelles méthodes pour restaurer la fertilité des sols telle que l'utilisation de légumineuses arborescentes, de plantes de couverture, du compost, de débris végétaux, d'engrais organiques, de la sciure du bois, et de la biomasse. Des systèmes de parcs agroforestiers ont été développés pour assurer le maintien de la fertilité des sols pour les terres de culture (9). Par ailleurs, l'influence biophysique des arbres sur les sols et les cultures est citée par de nombreux auteurs (2, 3, 4, 9, 10, 12, 13, 20).

Au Mali, la dégradation des sols est caractérisée par

une baisse de leur fertilité et donc par une baisse des rendements des cultures. Elle est perçue comme une contrainte majeure dans tous les écosystèmes, et constitue une grande préoccupation aussi bien des producteurs que des autorités maliennes. Certaines caractéristiques de la végétation naturelle (densité, couleur du feuillage, etc.) sont utilisées par les paysans maliens pour identifier des sols fertiles pour la mise en place de cultures (1, 11). Au sud du Mali, 48% des personnes interrogées lors d'une enquête ethnobotanique indiquent que *Detarium microcarpum* Guill & Perr. est un excellent fertilisant et un indicateur de sols fertiles (15). *D. microcarpum* est une légumineuse arborescente qui est prise pour son bois, ses fruits et ses feuilles (15). Selon cet auteur, les femmes *minianka* de la même aire géographique utilisent les branches feuillées de cette plante comme fumure organique dans les champs de gingembre (*Zingiber officinale* Rosc.), de souchet (*Cyperus esculentus* L.) et d'igname (*Dioscorea* spp.).

L'absence de données bibliographiques concernant la composition chimique et la fertilité des sols à *Detarium microcarpum*, et les propriétés fertilisantes de cette plante laisse penser que c'est pour la première fois que l'on s'y intéresse.

Le présent article étudie le niveau de fertilité des sols à *D. microcarpum* pour essayer d'en déduire un potentiel

1. Institut d'Economie Rurale, B.P. 16 Sikasso, Mali, Amadoukouate@yahoo.fr; amadou.kouyate@ier.ml

2. Université de Gent, Faculté d'Agriculture et des Sciences Biologiques Appliquées, Laboratoire d'Agronomie Tropicale et Subtropicale et d'Ethnobotanique, Coupure links, 653, B-9000 Gent, Belgique.

Patrick.VanDamme@Ugent.be

3. Université de Gent, Faculté d'Agriculture et des Sciences Biologiques Appliquées, Département de la Gestion et de la Protection des Sols, Coupure links, 653, B-9000 Gent, Belgique.

Sarah.Goyens@Ugent.be, Stefaan.DeNeve@Ugent.be, Georges.Hofman@Ugent.be

Reçu le 01.02.06 et accepté pour publication le 09.03.07.

agronomique et d'y trouver un argument supplémentaire pouvant défendre sa domestication.

2. Matériel et méthodes

2.1 Présentation des sites d'étude

Les sites d'étude sont situés au sud du Mali (12°30' et 10°30' de latitude nord, et 8°30' et 5°30' de longitude ouest) qui est caractérisé par des couvertures pédologiques avec des substrats très divers (grès, schistes, granites). Ils occupent des sols ferrugineux tropicaux lessivés (à taches et concrétions, et lessivés indurés) qui représentent 50% de l'ensemble des sols rencontrés dans cette partie du Mali.

Le premier site, la forêt classée de Farako (forêt gérée par le service forestier où la coupe de bois vert est interdite), est situé dans l'unité agro-climatique soudanienne sud. Les sols sont de type ferrugineux tropicaux lessivés à taches et concrétions, moyennement profonds avec 3% de gravillons à la surface du sol. Leur texture est sableuse dans les vingt premiers centimètres (80,1% de sable; 13,9% de limon; 6,0% d'argile). Le système de rotations culturales annuel à Farako est caractérisé par l'association maïs (*Zea mays* L.) et sorgho (*Sorghum bicolor* (L.) ou maïs et mil (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke) ou par des champs de maïs seul. Une grande partie des résidus de récolte est destinée à l'alimentation des animaux parqués, tandis qu'une faible quantité reste dans le champ pour être enfouie dans le sol lors du prochain labour.

Le deuxième site, la forêt villageoise immatriculée au nom du village de Kafono, est situé dans l'unité agro-climatique soudano-guinéenne. Les sols sont de type ferrugineux tropicaux lessivés indurés sur cuirasse, moyennement profonds avec 80% de gravillons à la surface du sol. Leur texture est sableuse dans les vingt premiers centimètres (66,1% de sable; 31,2% de limon; 2,7% d'argile). La rotation culturale pratiquée commence par le coton (*Gossypium hirsutum* L.) et le maïs (première et deuxième années) puis se poursuit par le mil ou le sorgho (3^e année) et la jachère (4^e année) pendant au moins quatre ans. Au niveau de ce site, les résidus de récolte sont transportés hors du champ pour le compostage en vue de les réutiliser comme fumure organique.

2.2 Matériel

Le matériel est composé de broyat issu des branches feuillées de *Detarium microcarpum*, et de sols prélevés sous cette plante et dans les champs cultivés.

2.3 Méthodes

2.3.1 Composition physico-chimique des sols

L'évaluation des paramètres physico-chimiques, par site, a concerné soixante échantillons de sols prélevés sous le houppier et à l'extérieur du houppier de quinze arbres de *Detarium microcarpum* sains et isolés. Ces arbres mesuraient $57,8 \pm 16$ cm et $38,6 \pm 10$ cm de circonférence moyenne du tronc prise à 1,30 m du sol respectivement à Farako et Kafono.

Le prélèvement des sols a été réalisé en s'inspirant des méthodes présentées par Kater *et al.* (12) sur *Vitellaria paradoxa* Gaertn. f. et *Parkia biglobosa* (Jacq.) R. Br. ex G. Don au sud du Mali, et par Soumaré (20) sur *Acacia seyal* Del. et *Sclerocarya birrea* (A. Rich.) Hochst. dans le Sahel malien. Il a concerné quatre échantillons de sols sous le houppier et à l'extérieur du houppier de chaque arbre suivant les directions nord-sud et ouest-est dans les vingt premiers centimètres, à l'aide d'une petite tarière pédologique. Pour les besoins d'analyse, les échantillons pris à un même emplacement ont été mélangés pour constituer un seul échantillon.

Les sols collectés ont été séchés sur une bâche étalée dans

une chambre bien aérée pendant un jour et deux nuits. Ils ont été conservés dans des sachets en plastique étiquetés, jusqu'au moment des analyses.

Au niveau du laboratoire, chaque échantillon a fait l'objet d'un tri à l'aide d'un tamis de 2 mm de diamètre. Les caractéristiques physico-chimiques déterminées étaient: le pH-KCl à l'aide d'un pH-mètre de type Orion 420 A+, Del.; le carbone organique total (Ct) en utilisant la méthode présentée par Walkley & Black (22); l'azote total (Nt) à l'aide du «CNS elemental analyser»; et le phosphore total (Pt) en utilisant la méthode proposée par Scheel (18).

2.3.2 Echantillonnage des branches feuillées et des sols pour la minéralisation de l'azote

Les branches feuillées qui ont servi à la minéralisation de l'azote ont été prélevées sur cinq arbres de *Detarium microcarpum* en pleine feuillaison à Farako et Kafono. Elles ont été séchées dans une chambre bien aérée pendant un jour et deux nuits, puis finement broyées.

Au niveau de chaque site, on a prélevé au hasard douze échantillons de sols dans trois champs cultivés pendant quinze ans et dans les vingt premiers centimètres à l'aide d'une petite tarière pédologique. Ces champs se trouvent sur des sols identiques à ceux occupés par *Detarium microcarpum*. Ensuite, les échantillons des sols ont été mélangés pour en faire un échantillon unique qui a été étalé sur une bâche dans une chambre bien aérée pendant un jour et deux nuits. L'échantillon séché a été conservé dans des sachets en plastique étiquetés, jusqu'au moment des analyses.

2.3.3 Minéralisation de l'azote

La minéralisation de l'azote du broyat issu des branches feuillées de *Detarium microcarpum* a été faite dans un incubateur en utilisant la méthode proposée par De Neve & Hofman (6). Le broyat a été épanché sur les sols provenant des champs cultivés, en s'inspirant de la pratique paysanne en milieu *minianka* qui consiste à couvrir les sols des cultures de gingembre, de souchet et d'igname par des branches feuillées de *Detarium microcarpum*. Les caractéristiques étudiées au laboratoire ont été le polyphénol (PP), l'hémicellulose (Hce), la cellulose (Ce), la lignine (L), le carbone total (Ct) et l'azote total (Nt). Le polyphénol a été déterminé suivant la méthode Folin-Denis présentée par King & Heath (14), tandis que l'hémicellulose, la cellulose et la lignine ont été déterminées en utilisant la méthode proposée par De Neve & Hofman (6). L'azote et le carbone dans les différentes fractions ont été déterminés à l'aide du «CNS elemental analyser». Les teneurs en azote ammoniacal et en azote nitrique ont été déterminées suivant la méthode Berthelo et par réduction du nitrate en nitrite, à l'aide d'un *continuous flow auto-analyser* (CFAA).

2.4. Traitement et analyse des données

Les données physico-chimiques sous le houppier et à l'extérieur du houppier des individus de *Detarium microcarpum* ont fait l'objet d'une analyse de variance (ANOVA), à l'aide du logiciel S-plus. On a comparé la valeur F calculée avec la valeur F théorique au seuil de signification fixé à 5%. Pour les besoins de l'ANOVA, les teneurs des paramètres analysés ont subi une transformation logarithmique afin d'obtenir la normalité.

Des rapports C/N, L/N, PP/N, et (L+PP)/N ont été calculés pour permettre de comprendre le processus de minéralisation de l'azote du broyat issu des branches feuillées.

A défaut de données sur la fertilité des sols à *Detarium microcarpum*, nos résultats ont été comparés à ceux disponibles pour d'autres espèces végétales.

3. Résultats

3.1. Eléments physico-chimiques des sols

Les résultats de l'analyse de variance montrent que les sols

Tableau 1
Caractéristiques des paramètres physico-chimiques des sols à *Detarium microcarpum* à Farako

Descripteur	pH-KCl			Carbone (%)			Azote (%)			Phosphore total (mg/kg)		
	N	Moy.	E.T	N	Moy.	E.T	N	Moy.	E.T	N	Moy.	E.T
Variable												
Sous le houppier	30	4,2	0,04	30	0,65	0,03	30	0,05	0,002	30	122,8	7,9
Hors houppier	30	4,14	0,04	30	0,63	0,03	30	0,05	0,002	30	122,3	8,1
Moyenne	30	4,17	0,04	30	0,64	0,03	30	0,05	0,002	30	122,5	8
Signification	p> 0,05			p> 0,05			p> 0,05			p> 0,05		

Tableau 2
Caractéristiques des paramètres physico-chimiques des sols à *Detarium microcarpum* à Kafono

Descripteur	pH-KCl			Carbone (%)			Azote (%)			Phosphore total (mg/kg)		
	N	Moy.	E.T	N	Moy.	E.T	N	Moy.	E.T	N	Moy.	E.T
Variable												
Sous le houppier	30	4,45	0,05	30	0,52	0,06	30	0,04	0,003	30	93,2	8,1
Hors houppier	30	4,41	0,04	30	0,46	0,06	30	0,03	0,003	30	89,5	7,4
Moyenne	30	4,43	0,04	30	0,49	0,06	30	0,03	0,003	30	91,3	7,7
Signification	p> 0,05			p> 0,05			p> 0,05			p> 0,05		

N: nombre d'échantillons de sols

Moy.: moyenne

E.T: écart-type

p: probabilité

sous le houppier et à l'extérieur du houppier des arbres de *Detarium microcarpum* ne sont pas significativement différents pour les paramètres physico-chimiques analysés (Tableaux 1 et 2).

3.2. Composition chimique du broyat

Le broyat issu des branches feuillées de *Detarium microcarpum* pour l'ensemble des deux sites est constitué (Tableau 3) en moyenne de: 13 g d'azote/kg de matière sèche (1,3% d'azote); 430,8 g de carbone/kg de matière sèche; 212,0 g d'hémicellulose/kg de matière sèche; 8,2 g de cellulose/kg de matière sèche; 10,1 g de polyphénol/kg de matière sèche; et 527,7 g de lignine/kg de matière sèche.

Les teneurs des paramètres analysés sont systématiquement plus élevées à Farako par rapport à Kafono, alors que c'est le contraire pour les rapports calculés (Tableau 3).

3.3 Minéralisation de l'azote

Les figures 1 et 2 montrent une minéralisation de 17,9% de l'azote du broyat issu des branches feuillées prises à Farako après douze semaines d'incubation, tandis qu'elle atteint -9,5% à Kafono. En d'autres termes, on note une libération de 5,4 mg d'azote/kg de matière sèche à Farako, contre -2,9 mg d'azote/kg de matière sèche à Kafono.

4. Discussion

La teneur en carbone total des sols atteint en moyenne 0,49% et 0,64% respectivement à Kafono et Farako. Cette haute teneur en carbone du sol prélevé à Farako peut être

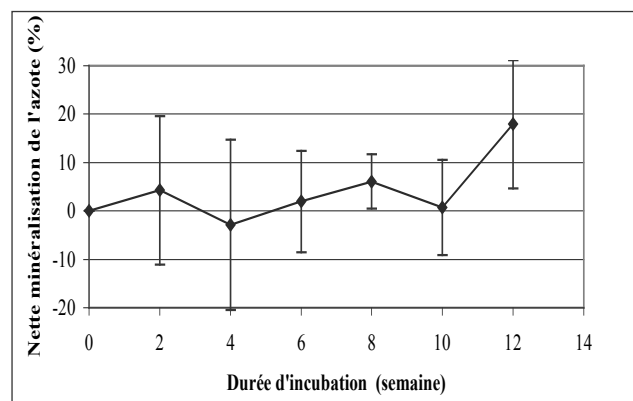


Figure 1: Minéralisation de l'azote du broyat issu des branches feuillées de *Detarium microcarpum* à Farako.

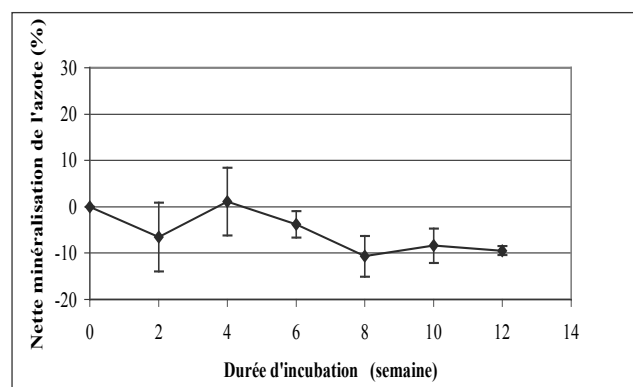


Figure 2: Minéralisation de l'azote du broyat issu des branches feuillées de *Detarium microcarpum* à Kafono.

Tableau 3
Caractéristiques chimiques du broyat issu des branches feuillées de *Detarium microcarpum*

Site	N	C	Hce	Ce	L	PP	C/N	L/N	PP/N	(L+PP)/N
Farako	15,1	443,7	222,5	8,8	540,8	11,0	29,4	35,84	0,73	36,57
Kafono	10,8	417,9	201,5	7,6	514,6	9,2	38,6	47,56	0,85	48,41
Moyenne	13,0	430,8	212,0	8,2	527,7	10,1	34,0	40,73	0,78	41,51

N: azote total; C: carbone total; Hce: hémicellulose; Ce: cellulose; L: lignine; PP: polyphénol; C/N: azote/carbone; L/N: lignine/azote; PP/N: polyphénol/azote; (L+PP)/N: (lignine + polyphénol)/azote.

attribuée à sa composition en éléments fins, soit 6% d'argile contre 2,7% à Kafono.

Selon Soumaré (20), le taux de carbone total varie entre 0,16% sous le houppier et 0,14% hors houppier pour *Acacia seyal*. Par contre, il atteint 0,20% sous le houppier et 0,19% hors houppier pour *Sclerocarya birrea*. Kater et al. (12) indiquent un taux de carbone de 0,66% sous le houppier et 0,41% hors houppier des arbres dans les parcs agroforestiers à *Vitellaria paradoxa* et *Parkia biglobosa* au sud du Mali (sol limoneux, 900 mm de pluie, moyennes calculées à partir de l'analyse de 72 échantillons de sol prélevés dans les vingt premiers centimètres). Selon une synthèse faite par Breman & Kessler (4) dans les régions semi-arides d'Afrique, le taux de carbone atteint respectivement 0,37% et 0,27% sous et hors houppier des arbres dans les parcs agroforestiers à *Faidherbia albida* (Del.) A. Chev. au Sénégal (sol sableux, 670 mm de pluie, nombre de sites non fourni). Selon la même source, il a été enregistré 1,27% et 1,37% de carbone respectivement sous le houppier des arbres de *Acacia auriculiformis* A. Cunn. et *Cassia siamea* Lam. qui sont des légumineuses arborescentes, dans les jachères améliorées au Togo (sol sablo-limoneux, 1180 mm de pluie, nombre de sites non fourni). Ceci indique que le taux de carbone sous le houppier et à l'extérieur du houppier pour *Detarium microcarpum* est plus élevé que pour *Acacia seyal*, *Faidherbia albida* et *Sclerocarya birrea*, alors qu'il est plus de deux fois inférieur à celui sous *Acacia auriculiformis* et *Cassia siamea*. Cette importante différence peut être liée à la capacité des racines de ces deux légumineuses arborescentes de fixer l'azote atmosphérique et d'améliorer la remontée biologique des éléments nutritifs des sols.

Soumaré (20) obtient une teneur de 0,02% d'azote total dans les 20 premiers centimètres des sols forestiers sous le houppier de *Sclerocarya birrea* et de *Acacia seyal* dans le Sahel malien, contre 0,01% à l'extérieur de leur houppier. Kater et al. (12) indiquent une teneur en azote de 0,061% sous le houppier et 0,04% hors houppier des arbres dans les parcs agroforestiers à *Vitellaria paradoxa* et *Parkia biglobosa* au sud du Mali. Selon Breman & Kessler (4), la teneur en azote atteint 0,04% sous le houppier et 0,03% hors houppier des arbres dans les parcs agroforestiers à *Faidherbia albida* (Del.) A. Chev. au Sénégal en zone semi-aride (sol sableux, 670 mm de pluie, nombre de sites non fourni). Ceci indique que les sols sous le houppier et à l'extérieur du houppier de *Detarium microcarpum* ont une teneur plus élevée que pour *Sclerocarya birrea* et *Acacia seyal* d'une part, et faible par rapport aux parcs agroforestiers à *Vitellaria paradoxa* et *Parkia biglobosa* au sud du Mali d'autre part.

Soumaré (20) trouve une quantité de phosphore total de 14,40 mg/g sous le houppier et 14,20 mg/g hors houppier de *Acacia seyal*, contre 18,60 mg par gramme sous le houppier

et 16,40 mg par gramme hors houppier pour *Sclerocarya birrea*. Ceci indique que la quantité de phosphore est plus élevée sous le houppier et à l'extérieur du houppier de *Detarium microcarpum* que pour *Sclerocarya birrea* et *Acacia seyal*.

Eu égard aux faibles valeurs des nutriments des sols sous les ligneux sahéliens (4, 20, 21), on peut dire que *Detarium microcarpum* ne fait pas exception à la règle.

La faible quantité de cellulose, d'une part, et la quantité très élevée de lignine, d'autre part, peuvent être liées à la présence significative des branches dans le broyat analysé.

Le taux de 1,3% d'azote du broyat issu des branches feuillées est inférieur au seuil critique de 1,5% fourni par Seneviratne (19). Le rapport C/N égal à 34,0 est supérieur aux valeurs minimale (C/N= 25) et maximale (C/N= 27) des références traitant du même sujet (17, 19). Les valeurs de ces deux paramètres indiquent une immobilisation presque totale de l'azote du broyat. Cette lenteur de la minéralisation de l'azote est probablement liée à l'épandage du broyat sur les sols, ce qui est confirmé par Corbeels et al. (5) qui signalent que la durée de l'immobilisation augmente avec les quantités épandues. Elle peut être également liée à l'importance de la quantité de lignine qui ralentit la décomposition du matériel organique.

Les résultats montrent que le rapport (L+PP)/N est plus élevé chez *Detarium microcarpum* que *Medicago sativa* L. chez qui, il s'élève à 1,48 selon Fox et al. (8), ce qui est dû à l'utilisation des branches feuillées chez *Detarium microcarpum*.

Une vision croisée des résultats des analyses physico-chimiques des sols à *Detarium microcarpum* et des opinions de 48% des personnes interrogées lors de l'enquête ethnobotanique (16) montre que ces personnes confondent la forte présence de la plante dans une jachère et le retour de la fertilité, car *Detarium microcarpum* fait partie des espèces pionnières qui s'installent dans une terre de culture nouvellement mise en repos.

5. Conclusion

La présente étude sur *Detarium microcarpum*, qui est une première, montre que la teneur en azote, en carbone organique total et en phosphore ne varie pas entre les sols prélevés sous le houppier et à l'extérieur du houppier.

Les résultats indiquent que la fertilité chimique des sols à *Detarium microcarpum* est faible, et, de surcroît, les branches feuillées de *Detarium microcarpum* qui sont épandues sur certaines cultures par les femmes *minianka* sont d'une mauvaise qualité chimique avec une lente minéralisation de leur azote.

Références bibliographiques

- Bagnoud N., 1992, Aspects du rôle socio-économique des arbres dans les parcs à Karité et Néré de la zone du Mali-Sud et conséquences pour l'évolution future. Exemple des villages de Pourou, Guetele et N'Tossoni. Travail de diplôme. ETH-Zentrum Zürich, Suisse. Opération Aménagement et Reboisement de Sikasso, Mali, 68 p.
- Belsky A.J., Amundson R.G., Duxbury J.M., Riha S.J., Ali A.R. & Mwongo S.M., 1989, The effects of trees on their physical, chemical, and biological environments in a semi-arid savanna in Kenya. J. Appl. Ecol. 1005-1024.
- Boffa J.M., 2000, Les parcs agroforestiers en Afrique subsaharienne. Cahier FAO. Conservation, 34, 42-190.
- Breman H. & Kessler J.J., 1995, Woody plants in agro-ecosystems of semi-arid regions with emphasis on the sahelian countries. Advanced series in agricultural sciences 23. Paris. Springer-Verlag, 340 p.
- Corbeels M., O'Connell A.M., Grove T.S., Mendham D.S. & Rance S.J., 2003, Nitrogen release from legume and *Eucalyptus* residues as affected by their biochemical quality and degree of contact with soil. Pl. and Soil. 250, 15-28.
- De Neve S. & Hofman G., 1996, Modelling N mineralization of vegetable crop residues during laboratory incubations. Soil Biol. Biochem. 28, 1451-1457.
- FAO., 2003, Gestion de la fertilité des sols pour la sécurité alimentaire en Afrique subsaharienne. Rome. Italie, 63 p.
- Fox R.H., Myers R.J.K. & Vallis I., 1990, The nitrogen mineralization rate of legume residues in soil as influenced by their polyphenol, lignin, and nitrogen contents. Pl. and Soil. 129, 251-259.
- Gottle A. & Sene E.M., 1997, Les fonctions de protection et écologiques des forêts. Thème 10. XI Congrès Forestier Mondial, 13-22 octobre 1997, Antalya, Turquie, Vol. 2.
- Jaiyeoba I.A., 1996, Amelioration of soil fertility by woody perennials in cropping fields. Evaluation of three tree species in the semi-arid zone of Nigeria. J. Ar. Env. 33, 10, 473-482.

11. Kante S. & Defoer T., 1995, Comment les paysans classent et gèrent leur terre?. Cah. Rech. Dév. 42, 5-61.
12. Kater L.J.M., Kante S. & Budelman A., 1992, Karité (*Vitellaria paradoxa*) and Néré (*Parkia biglobosa*) associated with crops in South Mali. *Agrof. Syst.* 13, 89-105.
13. Kellman M., 1979, Soil enrichment by neotropical savanna trees. *J. Ecol.* 67, 565-577.
14. King H.G.C. & Heath G.W., 1967, The chemical analysis of small samples of leaf material and the relationship between the disappearance and composition of leaves. *Pedobiologica*, 7, 192-197.
15. Kouyaté A.M., 2005, Aspects ethnobotaniques et étude de la variabilité morphologique, biochimique et phénologique de *Detarium microcarpum* Guill. & Perr. au Mali. Thèse de Doctorat, Faculté d'Agriculture et des Sciences Biologiques Appliquées, Université de Gent, Belgique, 207 p.
16. Kouyaté A.M., Meyer A. & Van Damme P., 2002, Perceptions paysannes de *Detarium microcarpum* Guill. et Perr. dans le sud du Mali. *Fruits*, 57, 5/6, 305-312.
17. Myers R.J.K., Palm C.A., Cuevas E., Gunatilleke I.U.N. & Brossard M., 1994, The synchronization of nutrient mineralization and plant nutrient demand pp. 81-116, in: P.L. Woomer & M.J. Swift (editors), *The biological management of tropical soil fertility*, Wiley, Chichester, UK.
18. Scheel K.C., 1936, Colorimetric determination of phosphoric acid in fertilizers with the Aulfrich photometer. *Zeitschrift für analytische Chemie*, 256-259.
19. Seneviratne G., 2000, Litter quality and nitrogen release in tropical agriculture. A synthesis. *Biol. and Fertil. Soils*, 31, 60-64.
20. Soumaré A., 1996, Utilisation des éléments nutritifs par deux arbres du Sahel. *Acacia albida* et *Sclerocarya birrea*, *Rapports PSS*, 7-31.
21. Veldkamp W.J., Traore A., N'Diaye M.K., Keita M.K., Keita B. & Bagayoko M., 1991, Fertilité des sols du Mali, Mali-Sud/Office du Niger, Interprétation des données analytiques des sols et des plantes, 112 p.
22. Walkley A. & Black I.A., 1934, An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.* 37, 29-38.

A.M. Kouyaté, Malien, Ingénieur des Eaux et Forêts, Docteur en Sciences Biologiques Appliquées, Chercheur à l'Institut d'Economie Rurale, Mali.

P. Van Damme, Belge, Ingénieur, Docteur, Professeur, Chef du Laboratoire d'Agronomie Tropicale et Subtropicale et d'Ethnobotanique, Faculté d'Agriculture et des Sciences Biologiques Appliquées, Université de Gent, Belgique.

Sarah Goyens, Belge, Ingénieur agronome, Département de la Gestion et de la Protection des Sols, Faculté d'Agriculture et des Sciences Biologiques Appliquées, Université de Gent, Belgique.

S. De Neve, Belge, Ingénieur, Docteur, Professeur, Département de la Gestion et de la Protection des Sols, Faculté d'Agriculture et des Sciences Biologiques Appliquées, Université de Gent, Belgique.

G. Hofman, Belge, Ingénieur, Docteur, Professeur, Chef du Département de la Gestion et de la Protection des Sols, Faculté d'Agriculture et des Sciences Biologiques Appliquées, Université de Gent, Belgique.