

CN0101600  
FO 71 JK100  
MAS

## Végétation des jachères de courte durée et rendement du mil après défriche au Sénégal

Dominique Masse\*, Kristine Silva Da Conceição\*,  
Malainy Diatta\*\* & Ida Madina\*\*\*

En Afrique subsaharienne, la gestion de la fertilité des sols tropicaux dans les agrosystèmes est traditionnellement fondée sur une alternance de phases de culture et de phases de jachère (Nye & Greenland, 1960). Cette période d'abandon cultural permet la reconstitution d'un stock de matière organique en grande partie sous forme de végétation sur pied. En défrichant, les paysans utilisent cette biomasse végétale (litière, racines) comme source d'éléments nutritifs disponibles pour la plante cultivée. Les jachères ont subi et subissent une forte pression agricole et sylvo-pastorale, avec pour conséquence la diminution de la fertilité, des ressources pastorales et ligneuses et de divers produits de cueillette. Les paysages agricoles se caractérisent aujourd'hui par une abondance de jachères de courte durée. Pour continuer d'assurer leurs différentes fonctions, ces jachères doivent être gérées ou faire l'objet de méthodes de substitution par de nouvelles pratiques (Floret *et al.*, 1993).

La végétation qui se développe après abandon cultural est l'un des principaux déterminants des différents rôles des jachères dans les systèmes agricoles des zones soudanaises et soudano-sahéliennes. Des questions se posent alors sur l'impact de différents types de végétation sur l'efficacité des jachères de courte durée; à posteriori, la manipulation de la végétation (suppression, introduction d'espèces) peut-elle être un moyen d'optimiser les fonctions exercées par les jachères?

La strate arborée et arbustive joue un rôle majeur dans les jachères. Elle constitue une forme importante de stockage de la matière organique; elle a un rôle de remontée d'éléments minéraux par son enracinement et par la litière qu'elle produit. Les arbres modifient également l'environnement biologique et microbiologique des sols (Vitousek & Sanford, 1986; Young, 1989). Les graminées pérennes constituent une étape importante dans la succession post-culturale (Donfack *et al.*, 1995; Yossi, 1996). *Andropogon gayanus*, principale graminée pérenne des jachères en zones soudanienne et soudano-sahélienne, a des effets sur la structure du sol et sur les bilans organo-minéraux (Some, 1996). Les techniques de jachères améliorées suggèrent par ailleurs l'utilisation d'espèces légumineuses ligneuses qui ont pour qualité principale d'être associées à des organismes fixateurs d'azote atmosphérique.

En 1994, au Sénégal, des expérimentations ont été mises en place pour tester le fonctionnement des jachères de courte durée, l'absence ou la présence de ligneux ou de graminées

\* Institut de recherche pour le développement (I.R.D., ex-Orstom), B.P. 1386, Dakar (Sénégal).

\*\* Institut de recherche pour le développement agricole (Isra), B.P. 2312, Dakar (Sénégal).

\*\*\* Agronome, Stagiaire, Institut de recherche pour le développement (I.R.D., ex-Orstom), B.P. 1386, Dakar (Sénégal).

pérennes, l'introduction de légumineuses ligneuses à croissance rapide. Cette étude présente la réponse d'une culture de mil après quatre ans de jachères naturelles ou modifiées. Une attention particulière est accordée, suite à la défriche, aux relations entre les composantes du rendement et les origines, des éléments minéraux : brûlis de la phytomasse ou minéralisation de la matière organique (racines fines et débris végétaux du sol).

## Matériels et méthodes

### Sites d'étude et expérimentations sur les jachères de courtes durées

La dynamique de la végétation des jachères de courte durée a été étudiée dans deux régions caractéristiques des climats tropicaux à deux saisons contrastées : l'une à la pluviosité annuelle moyenne de l'ordre de huit cents millimètres (Sonkorong [SO], région du Sine Saloum, 13° 46' N-15° 32' O), l'autre de l'ordre de mille millimètres (Sare Yorobana [SY], région de la Haute-Casamance, 12° 50' N-14° 50' O). À Sonkorong, deux sites ont été sélectionnés ; l'un sur des parcelles cultivées en continu pendant plus de trente ans (SO.Lc), l'autre sur des parcelles cultivées depuis seulement trois années (SO.Cc). À Sare Yorobana, les parcelles étaient cultivées depuis trois ans (SY). Sur chaque site, les parcelles ont été mises en jachère en 1994 pour une période de quatre années.

Sur ces sites, l'impact des ligneux (facteur Lig) dans les jachères a été observé en comparant des parcelles dessouchées (Lig-) ou non (Lig+) au début de la phase jachère : ce facteur est testé à Sonkorong (SO.Cc) et Sare Yorobana (SY). L'introduction de légumineuses ligneuses (facteur Aca), par plantation d'individus issus de pépinières, a été testée sur les parcelles cultivées depuis longtemps (SO.Lc). L'espèce choisie est *Acacia holosericea*, espèce d'origine australienne à croissance rapide. Afin d'accélérer l'apparition de graminées pérennes (facteur And), *Andropogon gayanus*, graminée pérenne a été introduite par repiquage dès la première année de mise en jachère sur les sites de Sonkorong (SO.Lc) et Sare Yorobana (SY). Le tableau I résume les différents facteurs testés en fonction des sites. Dans chacune des situations, les expérimentations, en condition de protection totale contre le feu et le passage des animaux domestiques ont été mises en place selon des plans d'expérience factoriels à quatre répétitions en bloc (Masse, 1998). Ces parcelles mises en jachère en 1994 ont été défrichées en mars-avril 1998 pour une remise en culture de mil (variété locale).

**Tableau I.** Désignation des différents facteurs testés et des plans d'expérience. SO.Cc : site de Sonkorong, phase culturale de courte durée précédant la jachère ; SO.Lc Lig+ : site de Sonkorong, phase culturale de longue durée précédant la jachère ; SY : site de Sare Yorobana. Lig+ : présence de ligneux ; Lig- : absence de ligneux ; And+ : présence d'*Andropogon gayanus* ; And- : absence d'*Andropogon gayanus* ; Aca+ : présence d'*Acacia holosericea* ; Aca- : absence d'*Acacia holosericea*

Site	Facteurs testés	Plan d'expérience
SO.Cc	Lig (Lig+ / Lig-)	Blocs (4) complets randomisés à un facteur à deux modalités
SO.Lc	And (And+ / And-) Aca (Aca+ / Aca-)	Blocs (4) complets randomisés à deux facteurs à deux modalités
SY	Lig (Lig+ / Lig-) And (And+ / And-)	Split plot à 4 blocs : facteur principal Lig, et facteur secondaire And

### Mesures réalisées avant et pendant la culture

Les biomasses récoltées lors de la défriche ont été estimées par pesée des matières récoltées à l'issue d'une coupe totale de la végétation. Un tri de ces matières avec l'aide des paysans a permis de séparer les produits exportés hors de la parcelle de ceux qui sont conservés et brûlés sur les parcelles avant la mise en culture; les cendres constituent une source d'éléments nutritifs pour la culture. Les matières végétales exportées sont essentiellement le bois (bois d'œuvre ou de chauffe) et les herbacées qui présentent une valeur pastorale intéressante. Toutes les données de biomasse sont exprimées en masse de matière sèche à l'hectare. Les racines fines et les débris végétaux ont été évalués à partir de prélèvements de sol de mille centimètres cubes par parcelle unitaire (les dix premiers centimètres ont été privilégiés, en considérant que cet horizon superficiel contenait la majeure partie du stock de racines fines et de débris végétaux). Les échantillons ont été tamisés à deux mille microns et à deux cents microns. Le refus à deux mille microns a été trié en séparant les racines fines et les matières végétales dont la biomasse a été évalué après séchage à 65°C pendant vingt-quatre heures : pour la suite on désignera cette fraction organique par le terme de "litière racinaire". La fraction de plus de deux cents microns contient des matières organiques essentiellement sous forme de débris végétaux : la matière organique de cette fraction a été mesurée par perte au feu à 360°C (Schulte *et al.*, 1991). Dans chaque parcelle élémentaire, mille centimètres cubes a également été prélevé pour estimer la densité apparente des sols.

La réponse de la culture du mil après défriche a été suivie à travers la mesure des principales composantes de l'élaboration du rendement tout au long du cycle cultural. Les variables retenues sont le nombre de poquets au mètre carré, le nombre d'épis par mètre carré, le nombre de grains par épi, le poids de mille grains et enfin le rendement en grain.

L'effet des différents types de végétation a été testé par des analyses de variance. Les relations entre variables mesurées à la fin de la défriche et les différentes composantes de rendement ont été évaluées par des régressions multiples pas à pas, ascendantes.

### Résultats

Après défriche, la présence des ligneux augmente significativement la biomasse brûlée de quarante-huit pour cent sur les parcelles de Saré Yorobana, et de cinquante-sept pour cent sur les parcelles de Sonkorong (Tableau II). L'apport de *Acacia holosericea* est très important puisque la litière brûlée y est plus de trois fois supérieure, de l'ordre de trente tonnes par hectare de matière sèche contre six à neuf tonnes par hectare sur les jachères naturelles. La quantité de litière brûlée fournie par *Andropogon gayanus* après la défriche est significativement équivalente à celle laissée par les ligneux naturels.

Dans les dix premiers centimètres du sol, la présence de *Andropogon gayanus* permet d'augmenter la biomasse de litière racinaire par rapport à une jachère naturelle de l'ordre de soixante pour cent (à Saré Yorobana) à cent pour cent (à Sonkorong). La quantité de matière organique dans la fraction organique supérieure à deux cents microns dans les dix premiers centimètres du sol n'est pas significativement influencée par les différents types de végétation : elle varie de 5,0 tonnes par hectare à Saré Yorobana à 7,4 tonnes par hectare à Sonkorong. La matière organique grossière a tendance à augmenter avec la présence des ligneux sur le site des jachères après courte période de culture (SO.Cc) : de l'ordre de deux tonnes par hectare. Les densités apparentes et les porosités ne présentent pas de différences significatives entre traitements quels que soient les sites.

Les rendements mesurés sur les parcelles après défriche (Tableau III) sont en moyenne de 0,23 tonnes par hectare sur SO.Cc, 0,42 tonnes par hectare sur SO.Lc et 0,37 tonnes par

Tableau II. Biomasse végétale mesurée au moment du défrichage des jachères de courte durée. MSNE : matière sèche non exportée ; MSEX : matière sèche exportée ; lit rac ; litière racinaire 2mm dans l'horizon 0-10 cm ; Mo200µm : matière organique sur fraction organique granulométrique 200µm ; Da : densité apparente du sol sur 0-10 cm de profondeur. Anova : p = probabilité, du test sur l'hypothèse nulle d'égalité des traitements.

Site	Trait	MSNE t.ha-1	MSEX t.ha-1	lit rac 2mm(t/ha)	Mo200µm (t/ha)	Da g.cm-3
SO,Cc	Jn	6.26 (1,83)	2.52 (2.07)	0,15 (0.07)	8.37 (1.81)	1,48 (0,03)
	-Lig	2,67 (0,42)	0,02 (0,03)	0,09 (0,01)	6,41 (0,49)	1,56 (0,11)
	P	0,0161	0,0381 <sup>#</sup>	0,0860 <sup>#</sup>	0,1184	0,2723
SO,Lc	Jn	9,02 (1,72) h	0,17 (0,17) c	0, x (0,17)	7,32 (0,78)	1,56 (0,03)
	+Ac	3 1.08 (4.7) a	11,94 (1,83) a	0,50 (0,26)	6,8 (0,46)	1,58 (0,05)
	+An	8.6 (2.96) b	2,93 (0,86) b	0,35 (0,30)	6,7 (0,72)	1,53 (0,06)
	P	0,000 1	0,000 1 <sup>#</sup>	0,4617 <sup>*</sup>	0,5033	0,3721
SY	Jn	11,37 (2.5) a	5,41 (0, X) b	0,46 (0,08) h	5,17 (1,32)	1,59 (0,03)
	+An	9,39 (1,25) a	11,81 (1,5) a	0,71 (0,42) a	5,63 (1,6)	1,56 (0,17)
	-Lig	5,92 (0,6) h	0 (0) c	0,22 (0,13) c	4,45 (0,4)	1,62 (0,05)
	P	0,0089	0,0002 <sup>#</sup>	0,0376 <sup>#</sup>	0,5151	0,7701

# : Analyse de variance sur données transformées en logarithme.

Tableau III. Composantes du rendement d'une culture de mil. NbPoq : nombre de poquets au m<sup>2</sup> ; NbEp : nombre d'épis au m<sup>2</sup> ; NbGrEp : nombre de grains par épi ; P1000 : poids de 1000 grains ; Rdt : rendement en grains Anova : p = probabilité du test sur l'hypothèse nulle d'égalité des traitements.

Site	Trait	NbPoq m <sup>-2</sup>	NbEp m <sup>-2</sup>	NbGrEp	P1000 g	Rdt t/ha
SO,Cc	Jn	1,2 (0,2)	3,4 (1,0)	1601 (240)	4,0 (0,3)	0,27 (0,02)
	Lig-	1 (0,2)	2,4 (0,8)	16,36 (80)	4,2 (0,3)	0,19 (0,10)
	p	0,0928	0,2066	0,8181	0,3037	0,2667
SO,Lc	Jn	1,2 (0,2) b	5,3 (1,6) b	1876 (244)	4,2 (0,2)	0,42 (0,14) b
	+Ac	2,1 (0,3) a	8,2 (0,8) a	2396 (447)	4,3 (0,2)	0,84 (0,13) a
	+An	1,5 (0,1) b	5,4 (1) b	1684 (345)	4,1 (0,2)	0,38 (0,12) b
	p	0,0039	0,0243	0,0874	0,3290	0,0031
SY	Jn	1,3 (0,2)	5,9 (1,7)	1880 (389)	4,5 (0,3)	0,46 (0,11)
	+An	1,5 (0,2)	5,7 (2,4)	1563 (265)	4,4 (0,3)	0,36 (0,18)
	-Lig	1,5 (0,2)	4,8 (0,9)	1498 (183)	4,2 (0,3)	0,29 (0,09)
	p	0,4288	0,7259	0,1780	0,4689	0,3627

hectare sur SY. Seule la présence de *Acacia holosericea* apporte une différence significative par rapport à une jachère naturelle : le rendement est alors doublé (0,84 t.ha<sup>-1</sup>). Pour les trois sites, la décomposition du rendement en ses composantes montre que le nombre d'épis au mètre carré détermine le rendement; avec un coefficient de corrélation de 0,947 (SO.Cc), 0,736 (SO.Lc) et 0,742 (SY). La deuxième composante essentielle est le nombre de grains par épi. La variable poids de mille grains améliore le coefficient de régression uniquement pour les sites SO.Cc et SY. Ces résultats concordent avec ceux de Diouf (1990) qui montrent que les variations du nombre d'épis dans des conditions normales de fécondation et d'alimentation hydrique déterminent soixante-quinze à quatre-vingt-dix pour cent du nombre de grains au mètre carré. Le nombre d'épis mesuré à la récolte est en partie lié au nombre de talles. Ce nombre de talles est dépendant des conditions de nutrition azotée, carbonée et hydrique (Diouf, 1990). Les conditions hydriques n'ont pas été une contrainte en 1998, les pluies ayant été bien réparties après le semis.

Une analyse par régression multiple montre que le nombre d'épis par mètre carré (Tableau IV) est lié à la quantité de matière sèche brûlée sur le sol pour les sites de Sonkorong (SO.Cc et SO.Lc) et la quantité de litière racinaire associée à la matière organique grossière (fraction supérieure à 200 mm) pour les sites de Saré Yorobana. Les autres composantes, poids de mille grains et nombre de grains par épi, sont corrélées avec la biomasse non exportée après défriche et brûlée. La densité apparente après quatre années de jachère n'influent pas sur l'élaboration du rendement.

**Tableau IV.** Relation entre composantes du rendement et biomasse végétale et racinaire avant le semis : résultats d'une régression multiple pas à pas. NbEp : nombre d'épis au m<sup>2</sup>; NbGrEp : nombre de grains par épi ; P1000 : poids de 1000 grains ; Rdt : rendement en grains. MSNE : matière sèche non exportée; LITRAC; litière racinaire refusée au tamis de 2mm; MOFG : matière organique du sol 200µm

Site	Variabiles dépendantes	1 <sup>re</sup> variable indépendante retenue	2 <sup>e</sup> variable indépendante retenue	p (Ho)
SO.Cc	NbEp	MSNE (r=0,557)	-	0,0009
	P1000	MSNE (r=0,537)	-	0,0003
	NbGrEp	MSNE (r=0,507)	-	0,0031
	Rdt	MSNE (r=0,563)	-	0,0015
SO.Lc	NbEp	MSNE (r=0,749)	-	0,0001
	P1000	MSNE (r=0,695)	-	0,0028
	NbGrEp	MSNE (r=0,541)	-	0,0304
	Rdt	MSNE (r=0,885)	-	,0001
SY	NbEp	LITRAC (r=0,549)	MOFG (r=0,412)	0,0033
	P1000	MSNE (r=0,599)	LITRAC (r=0,507)	0,0005
	NbGrEp	MSNE (r=0,464)	-	0,0223
	Rdt	LITRAC (r=0,492)	-	0,0145

## Discussion

### importance des racines fines et des débris végétaux en zone soudanienne

À Saré Yorobana, l'analyse chimique des sols (bases échangeables, phosphore) après quatre années de jachère ne montre pas de différences significatives entre les traitements (Masse, 1998). La relation entre les biomasses de racines fines et de débris végétaux du sol et les composantes du rendement (Tableau IV) confirme le rôle prédominant de la matière organique facilement minéralisable dans les systèmes à alternance culture-jachère (Anderson, 1995). En Inde, Roy & Singh (1995) ont observé une corrélation entre les racines fines et la quantité d'azote minéralisable dans des forêts tropicales sèches. La présence de ligneux dans les jachères augmente le stock de matière organique facilement minéralisable au début du cycle cultural. Les graminées pérennes peuvent compenser l'absence de ligneux dans les jachères. La présence de *Andropogon gayanus* augmente le stock de débris végétaux dans les dix premiers centimètres de sol. Cependant l'influence de cette graminée sur le rendement et sur ses composantes ne semble pas déterminante à Saré Yorobana; d'autres contraintes telles que la maîtrise des repousses de cette graminée pérenne difficile à gérer peuvent concurrencer la culture.

### Importance des cendres et des ligneux en zone soudano-sahélienne

À Sonkorong, la biomasse non exportée et brûlée prédomine dans les relations linéaires. Par rapport au site de Saré Yorobana, une relation moins forte entre les composantes du rendement et les matières organiques facilement minéralisables peut s'expliquer par une activité minéralisatrice différente à Sonkorong. Cette activité est liée à l'activité biologique et microbiologique des sols (Woomer & Swift, 1994). Des mesures de biomasse microbienne et d'activité respiratoire indiquent globalement des activités plus faibles sur le site de Sonkorong (Masse, 1998). En revanche, les cendres apportées par le brûlis des matières végétales non exportées fournissent des éléments minéraux au sol qui déterminent à la fois le nombre d'épis au mètre carré mais également le poids de mille grains. Les matières organiques facilement minéralisables auraient donc une influence plus marquée pour les phases de levée et de tallage de la culture, alors que les cendres obtenues par brûlis auraient un effet tout au long du cycle. Au Brésil, Lessa *et al.* (1996) indiquent que les quantités d'azote provenant de la minéralisation des racines fines au moment de la mise en culture peuvent suffire aux besoins d'une plante cultivée; en revanche, les autres éléments sont fournis en majorité par les cendres issues du brûlis.

Cependant, la quantité de litière brûlée est très liée à la présence des ligneux sur les parcelles. Il est donc possible que ces deux variables soient confondues. Or, les ligneux peuvent avoir d'autres implications dans le cycle des nutriments. Le système racinaire des souches qui sont conservées après défriche constituent des réserves d'éléments nutritifs qui peuvent être libérés tout au long du cycle cultural. L'environnement biologique est également modifié par le système racinaire. Dans les systèmes de culture en couloir au Costa Rica, Haggar *et al.* (1993) ont montré que l'augmentation des quantités d'azote microbien du sol est liée à l'activité racinaire des arbres plus qu'à la quantité de matière organique apportée au sol par *mulch*. Par ailleurs, la qualité des litières influence les apports en éléments minéraux : le meilleur comportement de la culture après la jachère avec *Acacia holosericea* peut s'expliquer par une libération d'azote minéral plus importante au cours de la décomposition des litières provenant de cette légumineuse (Uguen, 1996). Au Kenya, Maroko *et al.* (1998) mesurent des augmentations de rendements de maïs après défriche de jachère enrichie en *Sesbania sesban*. De même, Harmand et Njiti (1998) indiquent des rendements deux à trois fois plus élevés après des jachères de cinq ans enrichies en *Acacia polyacantha*. Ces

auteurs attribuent ces résultats à une activation du cycle de l'azote dans les parcelles enrichies en légumineuses (fixation de l'azote atmosphérique, fort recyclage par la litière par une décomposition rapide, stockage d'azote dans le système racinaire).

## Conclusion

La réponse d'une première année de culture après des jachères de courte durée a montré que la biomasse végétale laissée sur le sol ou dans le sol au moment de la défriche a un impact sur l'élaboration du rendement. Le nombre d'épis au mètre carré, principale composante liée au rendement, est corrélé à la litière racinaire qui constitue une matière organique facilement minéralisable. La présence de ligneux augmente ce compartiment organique. De même, en l'absence d'une strate arbustive ou arborée pendant la phase de jachère, l'introduction de graminées pérennes permet d'améliorer la matière organique des fractions grossières. Les rendements obtenus sont cependant très faibles: seules les jachères enrichies par *Acacia holosericea* ont permis d'obtenir des rendements moyens ( $840 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) du double de ceux obtenus après une jachère naturelle ( $420 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ). Ces derniers résultats confirment l'intérêt de l'amélioration des jachères par des légumineuses plus particulièrement sur les parcelles cultivées en continu depuis de nombreuses années et ayant perdu leurs capacités de régénération de la strate arborée. De plus, ces parcelles ont produit des quantités de bois importantes et utilisables en bois de chauffe ou de construction. Il faudra vérifier que ces exportations d'éléments minéraux ne seront pas nuisibles aux cultures sur le long terme. En l'absence de strate ligneuse, l'introduction de graminées pérennes compense l'apport en matière organique facilement minéralisable. Cependant, la gestion des repousses qui deviennent des adventices pendant la phase de jachère constitue une difficulté technique importante qui affecte le rendement final en grains. Les résultats devront être confirmés par le suivi de la deuxième année de culture. Les futurs travaux devront préciser les relations étroites entre la qualité de la matière organique (composition chimique et quantités), l'activité biologique et microbiologique, et les composantes du rendement. Cela permettra de piloter au mieux le cycle jachère-culture par le choix des espèces introduites et des pratiques de défriche. Une manipulation des activités biologiques doit également être envisagée (Palm *et al.*, 1996).

## Références

- Anderson D.W. (1995). "The role of nonliving organic matter in soils", in *Role of non living organic matter in the Earth's carbon cycle*, R.G.Z.a.C., Sonntag, ed., pp. 81-92. John Wiley & Sons Ltd.
- C.E.E. (communauté économique européenne), (1998). *Raccourcissement du temps de jachère, biodiversité et développement durable en Afrique centrale (Cameroun) et en Afrique de l'Ouest (Mali, Sénégal)*, rapport final. Projet C.E.E. n°TS3-CT93-0220 (DGI2HSMU), Dakar (Sénégal), Orstom, 245 p., *multigr.*
- Douf M. (1990). *Analyse de l'élaboration du rendement du mil (Pennisetum typhoides Stapf et Hubb.). Mise au point d'une méthode de diagnostic en parcelles paysannes*. th. doct., Institut national agronomique Paris-Grignon, Paris, 227 p. + annexes.
- Doufack P., Floret Chr. & Pontanier R. (1995). "Secondary succession in abandoned fields of dry tropical Northern Cameroon", *Journal of Vegetation Science*, n° 6 : pp. 199-508.
- Floret Chr., Pontanier R. & Serpantié G. (1993). *La jachère en Afrique tropicale*, dossier Mab, n° 16, Paris, Unesco, 86 p.
- Haggar J.P., Tanner E.V. J., Beer J.W., Kass D. C. L. (1993). "Nitrogen dynamics of tropical agroforestry and annual cropping systems", *Soil Biol. Biochem.*, vol. XXV, n° 10 : pp. 1363-1378.
- Harmant J.-M. & Njiti C.F. (1998). "Effets de jachères agroforestières sur les propriétés d'un sol ferrugineux et sur la production céréalière". *Agriculture et développement*, n° 18 : pp. 21-29.

- Lessa A.S.N., Anderson D.W., Moir J.O. (1996). "Fine root mineralization, soil organic matter and exchangeable cation dynamics in slash and burn agriculture in the semi-arid northeast of Brazil", *Agriculture, Ecosystems and Environment*, n° 59 : pp. 191-202.
- Maroko J.B., Buresh R.J. & Smithson P.C. (1998). "Soil nitrogen availability as affected by fallow-maize systems on two soils in Kenya", *Biol. Fertil. Soils*, n° 26 : pp. 229-234.
- Masse D. (1998). "Importance de divers groupes fonctionnels sur le fonctionnement de jachères courtes", in C.E.E. (1998) : pp. 163-201.
- Nye P.H. & Greenland D.J. (1960). *The soil under shifting cultivation*, Commonwealth Bureau of Soils, Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, 156 p.
- Palm C., Swift M.J. & Woomer P.L. (1996). "Soil biological dynamics in slash-and-burn agriculture", *Agriculture, Ecosystems and Environment*, n° 58 : pp. 61-74.
- Roy S. & Singh J.S. (1995). "Seasonal and spatial dynamics of plant-available N and P pools and N-mineralization in relation to fine roots in a dry tropical forest habitat", *Soil Biol. Biochem.*, vol. XXVII, n° 1 : pp. 33-40.
- Schulte E.E., Kaufman C. & Peter J.B. (1991). "The influence of sample size and heating time on soil weight loss-on-ignition", *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, n° 22 : pp. 159-166.
- Some N.A. (1996). *Les systèmes écologiques post-culturaux de la zone soudanaise (Burkina Faso) : structure spatio-temporelle des communautés végétales et évolution des caractères pédologiques*, th. doct., univers. Pierre-et-Marie-Curie, Paris-VI, 212 p. + annexes, multigr.
- Uguen K. (1996). *Effet des litières ligneuses de jachère (Guiera senegalensis, Acacia holocericea, Combretum glutinosum et Eucalyptus camadulensis) sur la disponibilité de l'azote du sol pour la plante à Thyssé Kaymor*, D.E.A. univers. Paris-VI, 30 p., multigr.
- Vitousek P.M. & Sanford J.R.L. (1986). "Nutrient cycling in moist tropical forest", *Annual review of Ecology and Systematics*, n° 17 : pp. 137-167.
- Woomer P.L. & Swift M.J. (éd.). (1994). *The biological management of tropical soil fertility*, Chichester, J. Wiley & Sons, 243 p.
- Yossi H. (1996). *Dynamique de la végétation ligneuse herbacée après abandon cultural en région nord soudanaise*, Thèse Isfra, Bamako (Mali), 142 p., multigr.
- Young A. (1989). *Agroforestry for soil conservation*, Cabi, Wallingford (U.K.), 276 p.