

Effet de la jachère sur des populations de champignons mycorhiziens à arbuscules au Sénégal

Robin Duponnois*, Amadou Moustapha Bâ**, Christian Plenchette***, Jean Thioulouse****, Patrice Cadet*

Suite à l'évolution constante de la pression démographique, la production agricole doit subvenir aux besoins alimentaires de plus en plus importants des populations humaines. Afin d'atteindre des rendements élevés, l'application d'engrais ou de pesticides est couramment utilisée dans les pratiques culturales modernes (Lal & Pierce, 1991). Toutefois, ces techniques ont été récemment largement décriées, principalement pour leur nocivité vis-à-vis de l'environnement. Des solutions de remplacement devraient être rapidement élaborées en respectant deux conditions : (i) la qualité de l'environnement et (ii) des rendements agricoles suffisants.

En Afrique de l'Ouest, la jachère était historiquement pratiquée sur des périodes relativement longues afin de renouveler la fertilité des sols de culture. Cette pratique culturale n'est pas assujettie à l'utilisation intensive d'engrais et de pesticides mais demande une durée trop longue pour être acceptable dans les conditions socio-économiques rencontrées dans ces pays. Ces périodes de mise en jachère ont été progressivement raccourcies aboutissant à une dégradation des sols.

Une solution consensuelle pourrait être identifiée en admettant l'apport d'intrants en faibles quantités afin de préserver l'environnement. Une des principales différences entre cette agriculture à faibles apports d'intrants et l'agriculture conventionnelle est la quantité et la qualité des intrants. Dans le premier cas, les apports sont introduits en faibles quantités et sous forme complexe (ex : matière organique). Comme ces intrants doivent être transformés dans le sol avant d'être assimilés par la plante, l'activité des populations microbiennes telluriques dans les différents cycles géochimiques devient fondamentale. Parmi tous les groupes microbiens, les champignons mycorhiziens à arbuscules (CMA) ont un rôle majeur. Outre leur distribution ubiquiste (90 p. cent des plantes peuvent contracter une symbiose mycorhizienne), ces champignons interviennent dans le cycle du phosphore de l'azote (Diem & Cornet, 1982 ; Guissou, 1994), en facilitant l'absorption de ces éléments par la

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

** Institut sénégalais de recherches agricoles (Isra). Centre national de recherche forestière, B.P. 2312, Dakar (Sénégal).

*** Institut national de recherche agronomique (Inra), station d'agronomie, 17, rue Sully, 21034 Dijon (France).

**** Centre national de la recherche scientifique (C.N.R.S.), U.M.R. 5558, Université Lyon-I, 69622 Villeurbanne cedex (France).

plante mais aussi en protégeant leurs racines contre l'attaque de pathogènes (Duponnois & Cadet, 1994). Leur rôle potentiel dans les processus de réhabilitation des sols n'est donc plus à démontrer (Hooker & Black, 1995).

L'étude a pour but d'évaluer dans des zones de jachère d'âges différents, anthropisées ou non (i) les caractéristiques qualitatives et quantitatives des populations de champignons endomycorhiziens et (ii) les potentiels infectieux mycorrhizogènes de ces sols. Ces paramètres ont aussi été évalués dans deux sites de jachères dites améliorées excepté pour les potentiels infectieux mycorrhiziens.

Matériels et méthodes

Jachères naturelles

L'étude a été conduite au Sénégal dans la région du Sine Saloum à proximité du village de Thyse Kaymor dans plusieurs jachères d'âges différents (Tableau I). Dans chaque parcelle, un transect représentatif de la zone et comprenant chacun seize points d'échantillonnage séparés les uns des autres par 1,5 mètre a été mis en place. Dans la parcelle de onze ans, deux transects ont été installés, l'un à travers la végétation naturelle et l'autre dans une culture de mil (*Pennisetum typhoides* L.). Les caractéristiques physico-chimiques des différentes parcelles sont indiquées dans le tableau II.

Jachères améliorées

Deux parcelles (SO1 et SO2) ont été étudiées dans une zone de défriche récente située à Sonkorong. Différentes techniques culturales ont été testées sur la parcelle SO1 en combinant les traitements suivants : dessouchage, mise en défens et application de diédrine. Pour SO2, l'influence de *Acacia holosericea* et de *Andropogon gayanus* sur les populations de champignons endomycorhiziens a été étudiée. Le traitement témoin était représenté par une jachère naturelle.

Étude des populations de spores de champignons endomycorhiziens

Seize échantillons de sol (100 g) ont été prélevés sur chaque transect en octobre 1997 à la fin de la saison des pluies. Dans le cas des jachères améliorées, cinq répétitions ont été réalisées pour chaque parcelle. Les spores sont extraites selon la méthode de Gerdemann & Nicholson (1963). Le sol est tamisé sur une série de deux tamis (250 et 50 μm) à l'aide d'un faible jet d'eau. Les spores sont recueillies et observées sous une loupe binoculaire (grossissement : $\times 40$). Elles sont ensuite déterminées d'après les critères morphologiques établis par Morton (1988) et comptées. Le potentiel infectieux mycorrhizogène ou mycorrhizien a été mesuré uniquement sur les jachères naturelles en suivant la technique décrite par Plenchette *et al.* (1989). Pour évaluer le potentiel infectieux mycorrhizien des jachères, les droites de régression de premier ordre (équation $Ax + B$) entre la quantité de sol non désinfecté apportée dans chaque dilution et le pourcentage de plantes mycorrhizées ont été établies pour chaque situation. Le potentiel infectieux mycorrhizien est exprimé en unités de potentiel infectieux mycorrhizien par cent grammes de sol. Une unité de potentiel infectieux mycorrhizien correspond à la masse de sol sec (g) requise pour infecter cinquante pour cent (PIM₅₀) d'un nombre défini de plantes dans les conditions de l'essai et cette unité est calculée avec $Y =$ cinquante pour cent. Les données obtenues ont été traitées par l'analyse de variance (P inférieur à 0,05).

Tableau I. Origines des différentes situations étudiées.

Transects	Type de culture	Âge (ans)	Historique	État
Jachère naturelle				
T 1	Jachère	4	40 ans de culture	Anthropisé
T 2	Jachère	4	40 ans de culture	Défens
T 3	Jachère	4	40 ans de culture	Anthropisé
T 4	Jachère	4	40 ans de culture	Défens
T 5	Jachère	11	-	Anthropisé
T 6	Jachère	11	-	Anthropisé
T 8	Jachère	19	-	Anthropisé
T 10	Jachère	19	-	Défens
T 11	Forêt		-	Défens
T 12	Culture (<i>Arachis hypogea</i>)		-	Culture
Jachère améliorée				
SO 1			40 ans de culture	Défens
SO 2			40 ans de culture	Défens et Anthropisé

Tableau II. Caractéristiques physico-chimiques des situations étudiées.

Transects	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T8	T10	T11	T12	SO 1	SO 2
Argile (%)	9,5	11,1	8,6	8,7	12,5	12,5	10,6	13,3	5,8	8,8	8,7	11,1
Limon fin (%)	8,8	6,3	8,2	6,5	8,9	9,9	8,8	14,9	5,3	9,3	6,5	6,3
Limon grossier (%)	17,0	14,3	15,4	17,6	17,4	17,8	18,6	19,4	16,0	19,2	17,6	14,3
Sable fin (%)	39,4	39,4	35,8	40,8	34,0	31,4	30,3	29,8	35,1	35,6	40,8	39,4
Sable grossier (%)	24,5	27,8	31,3	25,6	26,9	27,2	31,1	21,5	36,3	26,2	25,6	27,8
C total‰	5,30	5,53	5,83	4,44	7,00	7,84	6,53	7,50	4,73	3,76	4,44	5,53
N total‰	0,38	0,46	0,47	0,39	0,59	0,65	0,62	0,63	0,47	0,41	0,39	0,46
C/N	13,9	12,5	12,5	11,3	11,0	11,9	10,5	11,9	10,2	9,2	11,3	12,5
P total en ppm	80,2	125	68,1	54,7	77,4	96,6	76,1	80,9	50,3	51,0	54,7	125
Ca meq %	1,77	1,81	1,28	1,16	2,03	2,45	1,57	1,97	1,30	1,16	1,16	1,81
Mg meq %	0,68	0,71	0,49	0,47	0,83	1,04	0,64	0,88	0,59	0,50	0,47	0,71
Na meq %	0,04	0,04	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04	0,01	0,02	0,02	0,04
K meq %	0,04	0,07	0,06	0,04	0,06	0,08	0,16	0,09	0,11	0,06	0,04	0,07
CEC meq %	3,36	3,50	3,15	2,55	1,17	4,48	3,05	4,30	2,23	2,77	2,55	3,50
TS (%)	75,9	75,3	61,7	70,7	72,4	82,9	70,3	70,4	72,2	97,1	70,7	75,3
PF 4.2	3,6	4,1	3,1	3,3	4,0	4,8	3,7	5,2	2,1	3,8	3,3	4,1
Ph (H ₂ O)	5,9	6,0	5,8	5,7	5,8	6,0	5,7	5,8	5,8	5,9	5,9	5,8

Résultats

Identification des spores de champignons

Trois types de spores ont été identifiés dans toutes les situations observées. Les principaux genres et espèces sont les suivants : *Scutellospora gregaria*, *S. verrucosa* et *Glomus* spp. (Tableau III). En ce qui concerne le genre *Glomus*, ce dernier pourrait être représenté par plusieurs espèces mais celles-ci n'ont pu être déterminées dans ces expériences. Leurs caractéristiques morphologiques sont indiquées dans le tableau III. D'autres types de spores ont été extraites en nombres très faibles (inférieur à 1 p. cent de la population totale de spores) mais n'ont pu être identifiées avec certitude. Toutefois certaines spores pourraient probablement appartenir aux genres *Gigaspora* et *Acaulospora*.

Tableau III. Caractéristiques morphologiques des genres et espèces de champignons endomycorhiziens observés dans les sols des situations étudiées.

Genres	Espèces	Couleur	Taille	Particularités
<i>Scutellospora</i>	<i>gregaria</i>	noire	< 0,5 mm	Cellule sporogène à la base de la spore
<i>Scutellospora</i>	<i>verrucosa</i>	Blanche crèmeux à jaune pâle	< 400 µm	-
<i>Glomus</i>	ND	Marron clair	Environ 100 µm	-

Jachères naturelles

Les deux espèces de champignons appartenant au genre *Scutellospora* ont été observées dans tous les transects mais en faibles nombres (Tableau IV). Les résultats montrent que le genre *Glomus* est prépondérant par rapport aux autres espèces et représente plus de quatre-vingt-treize pour cent du nombre total de spores. Le nombre total de spores était très variable selon le transect considéré, de 116,5 (transect T5) à 418,8 (transect T2) pour cent grammes de sol (Tableau IV). Pour le genre *Glomus*, les nombres de spores les plus élevés ont été observés au niveau des transects T1, T2 et T4 et le plus faible sur le transect T5 et T11. L'espèce *S. verrucosa* était majoritairement représentée dans le transect de la forêt classée (T11). Le nombre de spores de *S. verrucosa* et *S. gregaria* était inversement proportionnel à la durée de la jachère lorsque cette dernière était anthropisée (Tableau V). Lorsque les transects sont installés dans des parcelles protégées, les coefficients de régression entre les populations de *Glomus* spp. et *S. verrucosa* et l'âge de la jachère étaient significatifs (Tableau V).

Les caractéristiques (pentes et ordonnées à l'origine) des droites de régression sont indiquées dans le tableau VI. L'analyse de variance n'a pas montré de différences significatives entre les pentes de chacune des courbes de régression ($F = 1,2$; $dl : 9/280$). En conséquence les différentes courbes peuvent être considérées comme parallèle avec une pente commune ($A = 0,335$). La comparaison des ordonnées à l'origine des droites de régression par le test « t » a révélé l'existence de deux groupes statistiquement différents (Tableau VI) composés par (i) T1, T3, T5 et T8 (ordonnées à l'origine les plus faibles) et (ii) T2, T4, T6 et T11 (ordonnées à l'origine les plus élevées).

Les PIM₅₀, quantités de sol permettant la mycorhization de cinquante pour cent des plants, sont d'autant plus élevés que la quantité de propagules fongiques infectieuses dans le sol est faible. Ce paramètre a été calculé pour les transects T1 et T5, respectivement de 160,6 et

Tableau IV. Nombre de spores de champignons MA par 100 g de sol dans les transects des jachères naturelles d'âges différents. Pour chaque transect et chaque genre et espèce, les valeurs représentent la moyenne de 16 répétitions.

Transects	<i>S. verrucosa</i>	<i>S. gregaria</i>	<i>Glomus</i> spp.	Total
T1	12,3 cd ⁽¹⁾	21,6 c	373 cd	406,9 d
T2	18,9 de	17,5 bc	382,4 cd	418,8 d
T3	24,6 e	6,2 a	224 ab	254,8 bc
T4	13,2 cd	7 a	379,2 d	399,4 d
T5	3,2 ab	2,8 a	110,4 a	116,4 a
T6	9,8 bc	15,7 b	339,2 bcd	364,7 bc
T8	1,6 a	5,5 a	313,6 bcd	320,7 bcd
T10	3,8 ab	7,8 a	240,1 abc	251,7 abc
T11	53,9 f	17 bc	125,2 a	196,1 ab

(1) Les chiffres d'une même colonne suivis par une même lettre ne sont pas significativement différents d'après l'analyse de variance à un facteur contrôlé ($P < 0,05$).

Tableau V. Coefficients de régression (r) entre l'âge de la jachère considérée et le nombre de spores pour chaque type de champignon endomycorhizien.

Types de jachère	<i>S. verrucosa</i>	<i>S. gregaria</i>	<i>Glomus</i> spp.	Total
Jachère naturelle en défens	- 0,57 **	- 0,25 ns	- 0,34 **	- 0,37 **
Jachère naturelle anthropisée	- 0,52 **	- 0,30 **	- 0,26 ns	- 0,13 ns

** : significatif au seuil de 1 %. * : significatif au seuil de 5 %. ns : non significatif.

Tableau VI. Droites de régression (B = ordonnée à l'origine, coefficient de régression = r^2) entre les dilutions de sol et le pourcentage de plantules de Mil (*Pennisetum americanum*) et les valeurs de PIM₅₀.

Transects	B	R ²	PIM ₅₀ g/100g	Nombre de PIM ₅₀ par 100 g
T1	- 0,209 a ⁽¹⁾	0,57	> 100	< 1
T2	- 0,053 b	0,45	44,7	2,23
T3	- 0,159 a	0,64	92,7	1,07
T4	+ 0,007 c	0,46	29,6	3,37
T5	- 0,189 a	0,57	> 100	< 1
T6	- 0,023 bc	0,65	36,4	2,74
T8	- 0,153 a	0,55	88,9	1,12
T10	Nd ⁽²⁾	nd	nd	nd
T11	- 0,069 b	0,75	49,9	2,00

Les chiffres d'une même colonne suivis par une même lettre ne sont pas significativement différents d'après l'analyse de variance à un facteur contrôlé ($P < 0,05$).

Nd : non déterminé

113,9. Ces valeurs sont supérieures à la quantité de sol testée dans cette expérience (100 g). Cela signifie qu'il n'y a pas assez de propagules fongiques dans cent grammes de ces sols pour mycorhizer cinquante pour cent de la population de plantes hôtes. En conséquence il nous est apparu judicieux de transformer ces valeurs et de donner le nombre de potentiel infectieux mycorhizien pour cent grammes de sol afin de comparer plus facilement les différents traitements (Tableau VI). Quatre sols possèdent un potentiel mycorhizien faible (T1, T3, T5 et T8) alors que l'autre groupe est caractérisé par des potentiels plus élevés (T2, T4, T6 et T11).

Jachères améliorées

Dans les parcelles SO1 et SO2, la majorité des spores extraites appartient au genre *Glomus*. Dans SO1, la population la plus importante a été observée dans la parcelle anthropisée et traitée à la diédrine (Tableau VII). En ce qui concerne SO2, le nombre de spores par unité de sol était significativement plus élevé dans la parcelle mise en jachère (Tableau VIII).

Tableau VII. Nombre de spores par 100 g de sol dans la jachère améliorée SO 1.

Traitements	<i>S. verrucosa</i>	<i>S. gregaria</i>	<i>Glomus</i> spp.	<i>Glomus</i> spp. (%)	Total
Anthropisé	3,5 ab ⁽¹⁾	4,0 ab	51,9 ab	83,7 b	61,7 a
Défens	9,5 b	3,4 ab	68,1 ab	81,2 ab	84,5 ab
Défens/dessouché	3,0 a	2,0 a	98,2 bc	89,3 b	107,0 ab
Anthropisé/dessouché	5,0 ab	3,1 ab	75,5 abc	85,2 b	88,1 ab
Défens/diédrine	4,0 ab	3,1 ab	46,6 a	79,9 ab	57,4 a
Anthropisé/diédrine	2,1 a	2,3 ab	124,6 c	89,7 b	135,3 b
Anthropisé/diédrine/dessouché	8,4 ab	6,9 b	51,4 ab	69,6 a	72,6 a
Défens/diédrine/dessouché	5,3 ab	4,9 ab	76,8 abc	83,5 b	93,3 ab

⁽¹⁾ Les chiffres d'une même colonne suivis par une même lettre ne sont pas significativement différents d'après l'analyse de variance à un facteur contrôlé ($P < 0,05$).

Tableau VIII. Nombre de spores par 100 g de sol dans la jachère améliorée SO 2.

Traitements	<i>S. verrucosa</i>	<i>S. gregaria</i>	<i>Glomus</i> spp.	Total
Témoin (jachère)	1,6 a ⁽¹⁾	33 b	36,3 a	81,1 b
<i>A. holosericea</i>	3,1 a	14,7 a	30,5 a	57,9 a
<i>Andropogon gayanus</i>	2,3 a	16,3 ab	31,9 a	58,8 a

⁽¹⁾ Les chiffres d'une même colonne suivis par une même lettre ne sont pas significativement différents d'après l'analyse de variance à un facteur contrôlé ($P < 0,05$).

Discussion

Il est généralement admis que la jachère a un impact positif sur certaines caractéristiques du sol favorables au développement des plantes. Certains travaux ont démontré que le taux de matière organique, la biomasse microbienne totale, le nombre total de spores de champi-

gnons mycorhiziens à arbuscules par unité de sol étaient positivement corrélés à l'âge de la jachère (Insam & Domsch, 1988; Insam, 1990; Dhillion, 1997). D'après ces résultats, la mobilisation des éléments nutritifs issus de cette matière organique pourrait aussi être accrue car l'activité microbienne et enzymatique du sol est aussi corrélée à l'âge de la jachère (Dhillion, 1997). Des auteurs ont émis l'hypothèse que ces changements dans la composition et l'activité des populations microbiennes du sol avaient pour origine l'évolution en fonction du temps de la composition de la végétation des parcelles de jachère d'âges différents (Insam *et al.*, 1996).

Les numérations de spores de champignons mycorhiziens à arbuscules dans les sites de jachères du Sénégal montrent une prépondérance du genre *Glomus*, corroborant ainsi les résultats obtenus par Musoko *et al.* (1994) au Cameroun, Diop *et al.* (1994), au Sénégal, Redhead (1977), au Nigeria et Bâ *et al.* (1996), au Burkina Faso. Le genre *Scutellospora* est communément rencontré en Afrique de l'Ouest (Bâ *et al.*, 1996). En revanche, leur évolution en nombre régresse en fonction du temps de jachère. Il a été démontré que la viabilité des champignons mycorhiziens à arbuscules peut décliner en fonction du temps (Thompson, 1987; Mc Gee *et al.*, 1997) à cause de perturbations du sol (Evans & Miller, 1990), de facteurs environnementaux comme la température du sol et l'humidité relative (Ruiz-Lozano & Azcon, 1996). Toutefois, les relevés floristiques réalisés sur les formations ligneuses ou herbacées rencontrées dans les parcelles de jachère d'âges différents montrent globalement une évolution positive de la richesse spécifique de la végétation herbacée et ligneuse (Pate, 1997). Cette tendance aurait pu influencer positivement la multiplication des champignons symbiotiques dans le sol. En conséquence, la dépendance mycorhizienne des espèces végétales rencontrées dans les parcelles de jachère devra être déterminée afin de démontrer leur impact au niveau de la multiplication des champignons mycorhiziens à arbuscules.

Le calcul des potentiels infectieux mycorhiziens pour chaque âge de jachère évalue la densité de propagules de champignons mycorhiziens à arbuscules dans chaque sol. Ces propagules sont représentées par des spores, des fragments d'hyphes ou de racines mycorhizées. Les résultats semblent montrer un effet positif de la mise en défens des parcelles mais aucun effet de l'âge de la jachère et cela dans chaque traitement (anthropisé et en défens). L'abondance de la composition floristique dans les parcelles en défens, évidemment supérieure à celle rencontrée dans les parcelles anthropisées, de même que l'absence de perturbations enregistrées dans ces parcelles protégées pourrait dans ce cas expliquer le phénomène.

Les résultats des jachères améliorées ne donnent aucune indication sur le rôle des différents traitements sur les populations de champignons mycorhiziens à arbuscules.

En conclusion, ces travaux montrent que le potentiel mycorhizien des sols de jachère peut être amélioré si les parcelles sont protégées vis-à-vis de la pression anthropique. De plus, afin de prévoir l'impact de la jachère sur les populations de champignons mycorhiziens à arbuscules, une attention toute particulière doit être portée à la dépendance mycorhizienne des plantes rencontrées dans les différents stades de jachère.

Références

- Bâ A., Dalpé Y., Guissou T. (1996). « Les Glomales d'*Acacia holosericea* et d'*Acacia mangium* », *Bois et Forêts des Tropiques*, n° 250 : pp. 5-17.
- Dhillion S.S. (1997). « Fallow age influences microbial functional abilities, soil properties and plant functional groups », *in* pp. 140-148.
- Diem H.G., Cornet F. (1982). « Étude comparative de l'efficacité des souches de *Rhizobium* d'*acacia* isolées de sols du Sénégal et effet de la double symbiose *Rhizobium-Glomus mosseae* sur la croissance de *Acacia holosericea* et *Acacia radiana* », *Bois et Forêts des Tropiques*, n° 198 : pp. 3-15.

- Diop T., Gueye M., Dreyfus B., Plenchette C., Strullu D. G. (1994). « Indigenous arbuscular mycorrhizal fungi associated with *Acacia albida* Del. in different areas of Senegal », *Appl. Env. Microbiol.*, n° 60 : pp. 3433-3436.
- Duponnois R., Cadet P. (1994). « Interactions of *Meloidogyne javanica* and *Glomus* sp. on growth and N₂ fixation of *Acacia seyal* », *Afro-Asian Journal of Nematology*, vol. IV, n° 2 : pp. 228-233.
- Evans D.G., Miller M.H. (1990). « The role of external mycelial network in the effect of soil disturbance upon vesicular-arbuscular mycorrhizal colonization of maize », *New Phytologist*, n° 114 : pp. 65-71.
- Gerdemann J.W., Nicolson T.H. (1963). « Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting », *Trans. Br. Mycol. Soc.*, n° 46 : pp. 235-244.
- Guissou T. (1994). *Amélioration de la fixation d'azote chez deux acacias australiens : Acacia holosericea et Acacia mangium. Mise en évidence d'une diversité de Glomales dans les sols du Burkina Faso*, mém. fin d'études ingénieur des Eaux et Forêts, I.D.R., univers. de Ouagadougou, 49 p.
- Guissou T., Bâ A.M., Oudba J.-M., Guinko S., Duponnois R. (1998). « Responses of *Parkia biglobosa* (Jacq.) Benth, *Tamarindus indica* L. and *Zizyphus mauritiana* Lam. to arbuscular mycorrhizal fungi in a phosphorus-deficient soil », *Biology & Fertility of Soils*, n° 26 : pp. 194-198.
- Hooker J.E., Black K.E. (1995). « Arbuscular mycorrhizal fungi as components of sustainable soil-plant systems », *Crit. Rev. Biotech.*, n° 15 : pp. 201-212.
- Insam H., Domsch K.H. (1988). « Relationship between soil organic carbon and microbial biomass on chronosequences of reclamation sites », *Microbial Ecology*, n° 15 : pp. 177-188.
- Insam H. (1990). « Are the soil microbial biomass and basal respiration governed by the climatic regime », *Soil Biol. Biochem.*, n° 22 : pp. 525-532.
- Insam H., Ranger A., Henrich M., Hitzl W. (1996). « The effect of grazing on soil microbial biomass and community on alpine pastures », *Phyton.*, n° 36 : pp. 205-216.
- Lal R., Pierce F.J. (1991). « The vanishing resource », in Lal & Pirce (éd., 1991) : pp. 1-5.
- Lal (R.) & F. J. Pirce (éd.), 1991. - *Soil management for sustainability*, Ankeny, Soil & Water Conservation Society, IA.
- Mc Gee P.A., Pattinson G.S., Heath R.A., Newman C.A., Allen S.J. (1997). « Survival of propagules of arbuscular mycorrhizal fungi in soils in eastern Australia used to grow cotton », *New Phytologist*, n° 135 : pp. 773-780.
- Morton J.B. (1988). « Taxonomy of mycorrhizal fungi : classification, nomenclature, and identification », *Mycotaxon*, n° 32 : pp. 267-324.
- Musoko M., Last F.T., Masson P.A. (1994). « Populations of spores of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in undisturbed soils of secondary semideciduous moist tropical forest in Cameroun », *For. Ecol. Manag.*, n° 63 : pp. 359-377.
- Pate E. (1997). *Analyse spatio-temporelle des peuplements de nématodes du sol dans les systèmes de culture à jachères, au Sénégal*, th. doct., univers. Claude-Bernard Lyon-I, 210 p.
- Plenchette C., Perrin R., Duvert P. (1989). « The concept of soil infectivity and a method for its determination as applied to endomycorrhizas », *Can. J. Bot.*, n° 67 : pp. 112-115.
- Redhead J.F. (1977). « Endotrophic mycorrhizas in Nigeria : species of the endogonaceae and their distribution », *Trans. Br. Mycol. Soc.*, n° 69 : pp. 275-280.
- Ruiz-Lozano J.M., Azcon R. (1996). « Viability and infectivity of mycorrhizal spores after long-term storage in soils with different water potentials », *Applied Soil Ecology*, n° 3 : pp. 183-186.
- Thompson J.P. (1987). « Decline of vesicular-arbuscular mycorrhizae in long fallow disorder of field crops and its expression in phosphorus deficiency of sunflower », *Australian Journal of Agricultural Research*, n° 38 : pp. 847-867.

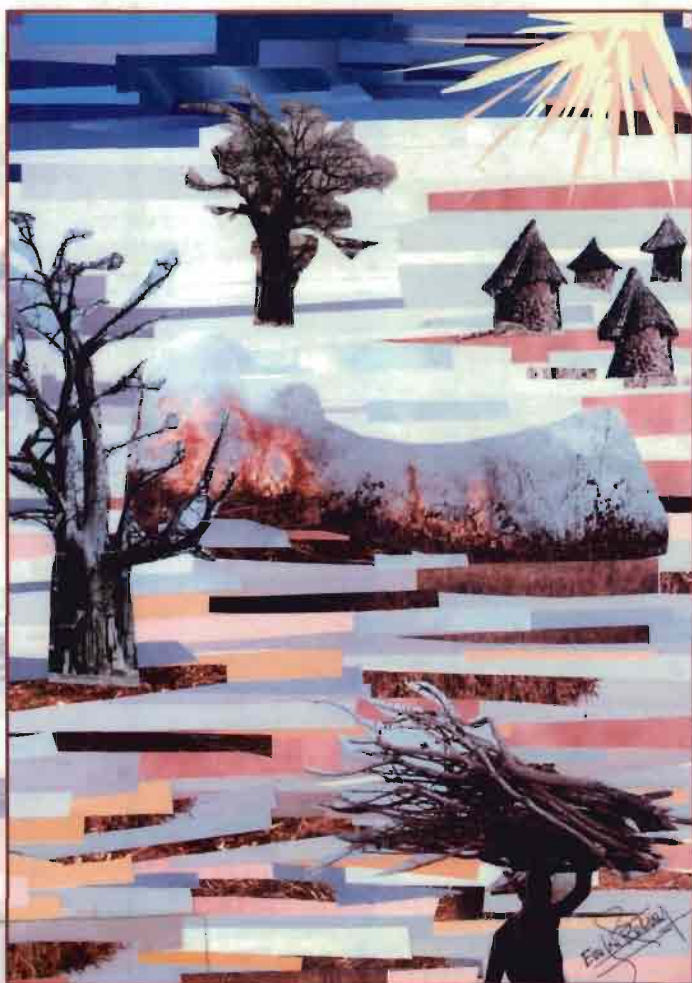
La jachère en Afrique tropicale

Rôles, Aménagement, Alternatives

Ch. Floret et R. Pontanier

Volume 1

Actes du Séminaire international, Dakar, 13-16 avril 1999



**La jachère en Afrique tropicale.
Rôles, aménagement, alternatives**

*Fallows in tropical Africa.
Roles, Management, Alternatives*

Volume I

Actes du Séminaire international

Dakar, 13-16 avril 1999

Proceedings of the International Seminary

Dakar, Avril 13-16, 1999

Édité par

Ch. Floret et R. Pontanier



ISBN : 2-7099-1442-5

ISBN : 2-7420-0301-0

Éditions John Libbey Eurotext

127, avenue de la République, 92120 Montrouge, France

Tél : (1) 46.73.06.60

e-mail: contact@john-libbey.eurotext.fr

[http : www.john-Libbey.eurotext.fr](http://www.john-Libbey.eurotext.fr)

John Libbey and Company Ltd

163-169 Brompton Road,

Knightsbridge,

London SW3 1PY England

Tel : 44(0) 23 80 65 02 08

John Libbey CIC

CIC Edizioni Internazionali

Corso Trieste 42

00198 Roma, Italia

Tel. : 39 06 841 26 73

© John Libbey Eurotext, 2000, Paris