

Numéro d'enregistrement scientifique : 1039

Numéro de symposium : 12

Présentation : Poster

**Soil characteristics during the fallow period in Senegal semi-arid regions. Identification of soil fertility indicators.
Influence du temps de jachère sur les propriétés du sol dans les régions semi-arides du Sénégal. Identification d'indicateurs de fertilité des sols.**

MASSE Dominique¹, MANLAY Raphaël¹, DEROUARD Laurent³, DIATTA Malainy², CADET¹ Patrice, CHOTTE Jean Luc¹, FLORET Christian¹, PONTANIER Roger¹

1. ORSTOM, Projet Jachère, BP 1386 Dakar Sénégal
2. ISRA BP199 Kaolack Sénégal
3. ORSTOM / L.E.S.T. 32 avenue Varagnat 93 143 Bondy Cedex France

En Afrique tropicale, la gestion traditionnelle de la fertilité des sols était basée sur une alternance de culture et de mise en jachère pendant des périodes longues de 15 à 20 ans. Actuellement, sous la pression démographique et différentes raisons socio-économiques, les temps de jachère se sont considérablement raccourcis. L'étude de l'influence du temps de jachère permet d'établir les processus de reconstitution de la fertilité physico-chimique et biologique des sols, et d'identifier les indicateurs d'état pertinents de gestion durable des sols. Au Sénégal, entre 1994 et 1997, des travaux ont été menés de Haute Casamance (pluviosité annuelle moyenne de 1000 mm). Le carbone total ou l'azote total, paramètres généralement utilisées pour caractériser la matière organique du sol, n'évoluent pas significativement avec le temps de jachère sur les sols ferrugineux de Sare Yorobana. Les teneurs en phosphore total augmentent de façon significative. Les paramètres liées à la végétation évoluent avec le temps de jachère : la quantité de litière est à son maximum dès les 3 à 6 premières années de jachère ; il en est de même pour la biomasse racinaire fine. En revanche la biomasse racinaire ligneuse augmente pour atteindre un palier à partir de dix ans de jachère. La macrofaune et le mésofaune atteignent une densité maximale à partir de dix années de jachères ; les termites sont le groupe taxonomique dominant. L'activité de cette faune du sol se manifeste par une structure du sol plus cohérente avec des agrégats plus stables. La restauration de la fertilité, par la jachère naturelle sur les sols ferrugineux lessivés est favorisée par le développement de la biomasse végétale et l'activité biologique. Ces deux indicateurs atteignent un niveau relativement stable après dix années de jachère ; la durée optimale de jachère naturelle dans cette situation serait entre six et dix ans.

Mots clés : fertilité des sols, jachère, indicateurs, Afrique de l'Ouest

Keywords : soil fertility, fallow, indicators, West Africa

Numéro d'enregistrement scientifique : 1039

Numéro de symposium : 12

Présentation : Poster

Soil characteristics during the fallow period in Senegal semi-arid regions. Identification of soil fertility indicators.
Influence du temps de jachère sur les propriétés du sol dans les régions semi-arides du Sénégal. Identification d'indicateurs de fertilité des sols.

MASSE Dominique¹, MANLAY Raphaël¹, DEROUARD Laurent³, DIATTA Malainy², CADET¹ Patrice, CHOTTE Jean Luc¹, FLORET Christian¹, PONTANIER Roger¹

1. ORSTOM, Projet Jachère, BP 1386 Dakar Sénégal
2. ISRA BP199 Kaolack Sénégal
3. ORSTOM / L.E.S.T. 32 avenue Varagnat 93 143 Bondy Cedex France

Introduction

En Afrique Tropicale, l'utilisation traditionnelle des sols consiste en une alternance de phases de culture et de mise en jachère de durée plus ou moins longue (Floret *et al.*, 1994). Les paramètres physico-chimiques et biologiques du sol évoluent au cours du temps après l'abandon cultural. L'étude de la dynamique de ces différents paramètres permet d'identifier des indicateurs pouvant servir à la gestion durable des sols. Les études concernant les modifications des sols dans la phase post-culturale sont relativement rares et concernent généralement des zones à climat équatorial humide (Palm *et al.*, 1996).

Au Sénégal, en Haute-Casamance, des parcelles ont été identifiées selon leur âge d'abandon et caractérisées de façon synchrone. Les paramètres mesurés concernent la matière organique du sol (carbone et azote total), le phosphore total et la capacité d'échange cationique. Les caractéristiques physiques sont évaluées par la densité apparente et un test d'agrégation. Enfin certaines caractéristiques biologiques concernant les différents compartiments de la biomasse végétale, la macrofaune et le mésofaune du sol ont été identifiées et mesurées.

Matériels et méthodes

Sare Yorobana, terroir de Haute-Casamance (12°50'N - 14°50'O), est situé en climat de type soudanien, tropical sec à saisons contrastées (pluviosité annuelle moyenne 1000 mm, répartis de mai à octobre). L'activité est une agriculture diversifiée (céréaliculture pluviale et riziculture, arachide) étroitement associée à un élevage extensif sédentaire. Le relief peu accusé permet de distinguer trois grandes unités agro-pédologiques : les plateaux à sol ferrugineux lessivé à taches et concrétions reposant sur de l'argile bariolée du Continental Terminal (Fauck *et al.*, 1963) occupés par les forêts claires, les jachères et les cultures de brousse ; les glacis à sol rouge à jaune sableux, sur lesquels sont en

général installés les villages et les cultures permanentes ; les bas-fond à sol hydromorphe peu humifère, occupés par les palmeraies et les rizières.

Différentes études ont été réalisées entre 1993 et 1997 sur des séquences de jachères ; l'âge après l'abandon cultural a été déterminé par enquêtes et comptage de cernes sur les arbres. Ces parcelles, qui ont fait l'objet de prélèvements et mesures, ont été réunies en classes d'âge : 1 à 2 ans de jachère, 3 à 6 ans de jachère, 10 à 11 ans de jachère, 15 à 20 ans de jachère et plus de 30 ans de jachère. Les comparaisons entre parcelles sont réalisées en utilisant les moyennes intra-parcellaires. La variabilité intra-parcellaire a également été calculée. Les analyses de variance ont été réalisées par modélisation linéaire ; des contrastes entre groupes de classes de jachères sont testés pour mettre en évidence les temps de jachère influant les valeurs des paramètres. Pour ceux qui ne respectent pas les conditions de l'analyse de variance, des tests non paramétriques sont réalisés (test de Kruskal-Wallis). Pour l'ensemble des études, les déterminations chimiques ont été réalisées au laboratoire de chimie du centre Orstom de Dakar, sur des échantillons prélevés entre 0 et 10 cm de profondeur, séchés à l'air et tamisés à 2 mm. La porosité a été déterminée par des mesures de densité apparente sur cylindre de 100 cm³. Le test d'agrégation est réalisé par la méthode de fractionnement des agrégats mise au point par Blanchart (1992).

Les biomasses végétales mesurées sont, la litière, les racines fines (diamètre < 2 mm) et la biomasse racinaire provenant des ligneux (diamètre > 2 mm). La litière est collectée sur des surfaces de un mètre carré dans chaque parcelle, puis elle est séchée à 65°C et pesée. Sur des échantillons de sol prélevés à l'aide d'un cylindre entre 0 et 30 cm de profondeur, les racines fines sont séparées par tamisage à l'eau, puis séchées à 65°C et pesées. Dans plusieurs parcelles, des tranchées de 0,40 m de profondeur, 20 m de long et 0,50 m de largeur sont creusées ; les racines de ligneux sont séparées manuellement du sol excavé, puis séchées et pesées. La méthode d'échantillonnage pour l'étude de la macrofaune et de la mésofaune du sol est celle recommandée par le programme "Tropical Soil Biology and Fertility" (Anderson et Ingram, 1993). Sur dix blocs de 25x25x30 cm prélevés à 5 m d'intervalle les uns des autres, la mésofaune visible à l'œil nu est triée manuellement. Les invertébrés sont alors déterminés, classés et dénombrés en groupes taxonomiques. Pour chaque groupe la densité est estimée. Les données présentées concernent la macrofaune et la mésofaune totales (tous groupes taxonomiques confondus) et les deux groupes principaux : les termites et les vers de terre.

Résultats

Les taux de carbone total ne sont pas significativement différents ($p = 0,906$) entre les différents âges de jachère (tableau 1). La teneur en carbone total des jeunes jachères ($6,38 \text{ mgC.g}^{-1}$ pour 1-2 ans soit $10,3 \text{ tC.ha}^{-1}$) est légèrement inférieur à celle des jachères plus anciennes (moyenne $7,0 \text{ mgC.g}^{-1}$ pour les jachères de plus de 3 ans soit $10,7 \text{ tC.ha}^{-1}$). La variabilité des mesures intra-parcellaires augmente avec l'âge des jachères : de $0,97 \text{ mgC.g}^{-1}$ pour des jachères de 1 à 2 ans à $1,83 \text{ mgC.g}^{-1}$ pour des jachères de 15 à 20 ans. Les teneurs en azote total (entre $0,56$ et $0,62 \text{ mgN.g}^{-1}$) ne montrent pas de différences significatives entre les différentes classes d'âge de jachères ($p = 0,919$). Le phosphore total augmente de façon significative avec l'âge des jachères : l'analyse de variance par les contrastes indique une augmentation jusqu'à 10-11 ans (50 à 55 mgP.kg^{-1}) puis une différence non significative pour les parcelles plus anciennes ($62,8 \text{ mgP.kg}^{-1}$). La capacité d'échange cationique est très faible (de $2,3$ à $3,1 \text{ meq.100g}^{-1}$).

¹⁾ et n'apparaît pas influencée par l'âge de jachère selon les résultats statistiques ; cependant elle montre une tendance à l'augmentation jusqu'aux jachères de 10 à 11 ans. La porosité est significativement plus faible (densité apparente de $1,61 \text{ g.cm}^{-3}$) dans les jachères de 1-2 ans ; elle augmente dès 3 à 6 ans de jachère et se stabilise par la suite (densité apparente moyenne de $1,53 \text{ g.cm}^{-3}$). Le test d'agrégation (tableau 2) indique une richesse relativement plus grande en agrégats de grande taille ($>5 \text{ mm}$) dans les jachères de plus de 10 ans. En revanche, les jeunes jachères se caractérisent par la présence d'agrégats de petites tailles ($<0,5 \text{ mm}$).

La litière (tableau 1) mesurée en fin de saison des pluies est plus faible pour les jachères jeunes $0,6 \text{ t.ha}^{-1}$ que dans les jachères plus anciennes de l'ordre de $1,2$ à $3,9 \text{ t.ha}^{-1}$. La biomasse racinaire fine (de diamètre $< 2 \text{ mm}$) a tendance à augmenter légèrement avec le temps de jachère, passant de $2,3$ à $3,0 \text{ t.ha}^{-1}$. La biomasse racinaire ligneuse (tableau 1) augmente également dans le même sens, passant d'environ 7 t.ha^{-1} pour des jachères de moins de 2 ans à 24 t.ha^{-1} pour les jachères de 10-11ans. Pour les jachères plus anciennes, ce stock de biomasse ne change plus, se stabilisant autour de 20 t.ha^{-1} .

Concernant la macrofaune et la mésofaune du sol (tableau 3), la densité des individus augmente avec le temps de jachère ; toutefois les fortes variabilités ne permettent pas d'obtenir des différences significatives (p Kruskal-Wallis = $0,20$). La densité des termites augmente de façon plus significative (p Kruskal-Wallis = $0,07$) ; la différence semble se situer entre les jachères de moins de dix ans et les plus anciennes. Le nombre de vers de terre n'est pas influencé par le temps de jachère.

Discussions

Le carbone total ou l'azote total, paramètres généralement utilisées pour caractériser la matière organique du sol, n'évoluent pas significativement avec le temps de jachère sur les sols ferrugineux de Sare Yorobana. Il existe des méthodes très diverses de caractérisation de la matière organique du sol en tant qu'indicateur (Feller, 1995). Crétenet (1995) et Palm *et al.* (1996) s'interrogent sur la pertinence du seul taux de carbone comme indicateur de la fertilité des terres tropicales, alors qu'il est assez fiable en zone tempérée. Le stock de matière organique du sol traduit l'équilibre entre les facteurs qui déterminent son élaboration et ceux qui concourent à sa minéralisation (Swift et Woome, 1993). En milieu tropical, le climat, l'activité biologique, le passage du feu, accélèrent les processus de décomposition et de minéralisation dans les sols à texture sableuse. L'augmentation de la disponibilité en éléments nutritifs favorise la production végétale et également l'activité microbologique des sols (Anderson, 1995). Ces processus maintiennent à un niveau très bas les teneurs en matière organique, même dans les écosystèmes non anthropisés (Jones, 1973 ; Menaut, 1985). La productivité paradoxale des savanes naturelles sur des sols pauvres repose largement sur l'efficacité des systèmes conservatoires des minéraux (Myers, 1994 ; Abbadie, 1996). La végétation occupe ainsi une position primordiale comme forme de stockage de matière organique et d'éléments minéraux du sol par ses racines et la litière qu'elle laisse sur le sol. La faune du sol et plus globalement l'activité biologique sont les éléments essentiels qui assure le maintien des flux entre les formes de stockage.

Les paramètres qui caractérisent la végétation évoluent avec le temps de jachère ; la quantité de litière est à son maximum dès les 3 à 6 premières années de jachère ; il en est de même pour la biomasse racinaire fine. En revanche la biomasse racinaire ligneuse augmente pour atteindre un palier à partir de dix ans de jachère. L'apparition des ligneux et leur installation au cours de la succession naturelle de la végétation des jachères

constitue un indicateur déterminant pour la fertilité édaphique. Outre la production de litière, ils assurent une remontée par leur racine d'éléments minéraux assurant un transfert vertical (Nye et Greenland, 1960) ; ce qui expliquerait l'accumulation du phosphore au cours du temps issu de la minéralisation de la matière organique. La macrofaune et la mésofaune totales atteignent une densité maximale à partir de dix années de jachères ; les termites sont le groupe taxonomique dominant. L'activité de cette faune du sol se manifeste par une structure du sol plus cohérente avec des agrégats plus stables.

La restauration de la fertilité, par la jachère naturelle, sur les sols ferrugineux lessivés de Haute Casamance est favorisée par le développement de la biomasse végétale et l'activité biologique. Ces deux indicateurs atteignent un niveau relativement stable après dix années de jachère ; la durée optimale de jachère naturelle serait située entre six et dix ans. Cette efficacité peut être contrariée par la pression anthropique qui agit justement sur la biomasse végétale et les foyers d'activité biologique : prélèvements de bois importants, fréquence des feux de brousse, surpâturage ou défrichement important. Améliorer l'efficacité d'une jachère consisterait à augmenter sa production végétale dès les premières années par un apport d'espèces ligneuses à croissance rapide ou de graminées pérennes plus productives en biomasse notamment racinaire. Favoriser l'activité biologique serait également une voie d'amélioration des jachères ; pour cela il est important d'assurer le maintien dans les agrosystèmes de foyers d'activité biologique intense.

Références

- Abbadie, L., M. Lepage, J.C. Menaut, 1996. Paradoxes d'une savane africaine. Comment des sols pauvres entretiennent une végétation abondante. *La Recherche*, 287 : 36-38.
- Anderson, D.W., 1993. The role of non living organic matter in soil. p81-92 in "Role of non living organic matter in the Earth's carbon cycle", R.G. Zepp & C. Sonntag (Eds). John Wiley & Sons Ltd.
- Anderson J.M. , J. Ingram (eds), 1993. Tropical Soil Biology and Fertility. A handbook of methods. 2nd edition. C.A.B, Oxford. 221p.
- Blanchart, E, 1992. Restoration by earthworms (Megascolecidae). of the macroaggregate structure of a destructured savanna soil under field conditions. *Soil Biology and Biochemistry* 24: 1587-1594
- Crétenet, M., 1995. Conception de systèmes de culture durables. Expérimentation et enquête dans l'étude de la fertilité des sols. in "Sustainable land management in African semi-arid and subhumid regions", pp131-139, F. Ganry & B. Campbell (Eds), Proceedings of the SCOPE Workshop, 15-19 November 1993, Dakar, Senegal. CIRAD Editions.
- Fauck, R., J.F. Turenne, J.F. Vizier, 1963. Etude pédologique de la Haute Casamance. Rapport Général ORSTOM, Dakar, 179p.
- Feller, C., 1995. La matière organique du sol et la recherche d'indicateurs de la durabilité des systèmes de culture dans les régions tropicales semi-arides et subhumides d'Afrique de l'Ouest. in "Sustainable land management in African semi-arid and subhumid regions", pp123-130, F. Ganry & B. Campbell (Eds), Proceedings of the SCOPE Workshop, 15-19 November 1993, Dakar, Senegal. CIRAD Editions.
- Floret, C., R. Pontanier, G. Serpantié, 1994. La jachère en Afrique Tropicale. Dossier MAB n°16, Unesco, 86p.

- Jones, M.J., 1973. The organic matter content of the savanna soils of West Africa. *Journal of Soil Science*, 24-1.
- Jones, J.A., 1990. Termites, soil fertility and carbon cycling in dry tropical Africa : a hypothesis. *Journal of Tropical Ecology*, 6 : 291-305.
- Menaut, J.C. , R. Barbault, P. Lavelle, M. Lepage, 1985. African savannas : biological systems of humification and mineralization. in *Ecology and management of the world's savannas*, pp14-33, J.C. Tohill & J.J. Mott (eds), Australian Acad. Science, Canberra.
- Myers, R.J.K., C.A. Palm, E. Cuevas, I.U.N. Gunatilleke, M. Brossard, 1994. The synchronisation of nutrient mineralisation and plant nutrient demand. In P.L. Woomer. & M.J. Swift (Eds) *The Biological Management of Tropical Soil Fertility*. TSBF / Wiley-Sayce.
- Nye, P.H., D.J. Greenland, 1960. The soil under shifting cultivation. Technical Communication n°51. Commonwealth Bureau of Soils Harpenden, CAB, 156p.
- Palm, C.A., M.J. Swift, P.L. Woomer, 1996. Soil biological dynamics in slash-and-burn agriculture. *Agriculture Ecosystems & Environment* 58(1) : 61-74.
- Swift, M.J., P. Woomer (eds), 1993. Organic matter and the sustainability of agricultural systems : definition and measurement. Proceedings of an international symposium. Leuven, Belgium. John Wiley & Sons.

Mots Clés : Fertilité des sols, Jachère, Indicateurs, Afrique de l'Ouest
Key Words : Soil fertility, Fallow, Indicators, West Africa

Tableau 1 : Caractéristiques physico-chimiques et biologiques des sols sur une séquence de jachères d'âges différents. ("m"=moyenne, "et inter"=ecart type inter parcelles, "nb parc"=nombre de parcelles, "p contrastes"=probabilité du test F pour le contraste entre les parcelles plus anciennes et plus jeunes par rapport à la classe d'âge correspondante, "et intra"=moyenne des écarts-type intra-parcelles).

Paramètres	Variables	1-2 ans	3-6 ans	10-11 ans	15-20 ans	>30 ans
Carbone total ⁽¹⁾ mg.g ⁻¹	m	6,38	7,09	7,23	6,54	7,11
	et inter	1,51	0,94	0,24	1,30	2,74
	nb parc	4	3	3	3	2
	p contrastes	0,470	0,764	0,925	0,782	
	et intra	0,97	1,27	1,73	1,83	1,44
Azote total ⁽¹⁾ mg.g ⁻¹	m	0,56	0,53	0,62	0,57	0,58
	et inter	0,16	0,06	0,02	0,12	0,18
	nb parc	4	3	3	3	2
	p contrastes	0,874	0,520	0,990	0,935	
	et intra	0,07	0,11	0,12	0,16	0,09
Phosphore total ⁽¹⁾ mg.kg ⁻¹	m	50,3	55,7	64,9	63,8	59,7
	et inter	6,68	6,71	0,19	4,09	-
	nb parc	2	3	2	2	1
	p contrastes	0,059	0,042	0,285	0,868	
	et intra	5,13	6,95	7,57	8,67	9,05
CEC ⁽¹⁾ meq.100g ⁻¹	m	2,32	2,86	3,11	2,88	2,74
	et inter	0,71	0,60	0,57	0,37	0,61
	nb parc	4	3	3	3	2
	p contrastes	0,127	0,330	0,890	0,914	
	et intra	0,20	0,49	0,46	0,98	0,56
Densité apparente ⁽¹⁾ mg.cm ⁻³	m	1,61	1,47	1,55	1,54	1,57
	et inter	0,07	0,01	0,01	0,08	0,11
	nb parc	4	2	4	4	3
	p contrastes	0,076	0,660	0,638	0,512	-
	et intra	0,07	0,08	0,11	0,10	0,09
Litière t.ha ⁻¹	m	0,6	2,8-3,0	1,2-3,9	1,7-2,6	1,7
	nb parc	1	2	2	2	1
	et intra	0,35	2,09-2,52	0,7-1,59	2,14-2,66	1,79
Biomasse racinaire fine ⁽²⁾ t.ha ⁻¹	m	2,3	2,5	2,7	3,1	2,7
	et inter	1,37	1,31	1,33	2,02	-
	nb parc	2	3	3	3	1
Biomasse racinaire hors souche ⁽³⁾ t.ha ⁻¹	m	7,3	6,2-16,3	24,0	17,2	23,4
	nb parc	1	2	1	1	1

¹ pour l'horizon 0-10 cm ; ² pour l'horizon 0-30 cm ; ³ pour l'horizon 0-40 cm

Tableau 2 : Pourcentage d'agrégats stables pour différentes jachères d'âges différents (p K&W = probabilité d'égalité des moyennes selon le test non paramétrique de Kruskal-Wallis)

Classes d'agrégats	1 ans	2 ans	3 ans	10 ans	15 ans	>30 ans	<i>p K-W</i>
>5 mm	28	20	21	35	34	30	0,0003
5-2 mm	19	14	16	15	15	18	0,7560
2-1 mm	15	10	11	12	11	12	0,4201
1-0,5 mm	23	15	20	17	17	17	0,1272
0,5-0,25 mm	23	23	23	15	17	17	0,0774
<0,25 mm	6	10	9	6	7	7	0,0448

Tableau 3 : Caractéristiques principales de la macrofaune et de la mésofaune des sols sur une séquence de jachères d'âges différents. ("m"=moyenne, "et inter"=ecart type inter parcelles, "nb parc"=nombre de parcelles, p K-W = probabilité d'égalité des moyennes selon le test non paramétrique de Kruskal-Wallis)

Paramètres		1-2 ans	3-6 ans	10-11 ans	15-20 ans	>30 ans	<i>p K-W</i>
Mésofaune	m	738	544	1229	1177	1020	0,203
Total	et inter	449	13	397	521	407	
ind.m ⁻²	nb parc	9	2	5	7	5	
Termites	m	218	293	569	743	580	0,072
ind.m ⁻²	et inter	153	40	134	550	333	
	nb parc	9	2	5	7	5	
Ver s de Terre	m	46	75	54	75	54	0,751
	et inter	29	27	33	71	25	
ind.m ⁻²	nb parc	9	2	5	7	5	