

15

## Impact de la gestion des feux de brousse sur la qualité des sols des jachères de courte durée dans la zone soudanienne du Mali

D. Masse<sup>1</sup>, F. Dembélé<sup>2</sup>, E. LeFloc'h<sup>3</sup> et H. Yossi<sup>2</sup>

1. ORSTOM, BP 1386, Dakar, Sénégal

2. Institut d'Economie Rurale (IER), BP 258, Bamako, Mali

3. CEFEE/CNRS, BP 5051, 34033 Montpellier, France

### RESUME

Une expérimentation factorielle a été mise en place sur deux types de sols du Mali, dans des conditions de protection et non protection contre le pâturage, afin de tester trois pratiques de feu: un feu précoce, un feu tardif et une absence de feu. Après trois et quatre années, quel que soit le sol, les principaux indicateurs chimiques ne sont pas modifiés. Les pratiques de feu précoce ou d'absence de feu modifient la dynamique de la matière organique avec une augmentation des quantités de carbone dans la fraction granulométrique grossière (20 à 2000 µm). Le feu, qu'il soit précoce ou tardif, modifie les états de surface et sensibilise le sol à la dégradation et à l'érosion. La biomasse herbacée et le couvert végétal constituent de bons indicateurs pour expliquer les effets des différentes pratiques du feu.

**Mots-clés:** Feu, jachère, matière organique, Mali

### ABSTRACT

**Effect of bush-fire management on the soil quality of short fallows in the Sudanian zone of Mali**

A factorial design experiment was conducted on two types of soils in Mali to test the effects of three different bush-fire practices on the soil: early burning, late burning and protection from burning. It was carried out on plots which were either protected from or open to grazing. After three to four years, the main soil chemical characteristics did not change in any of the soil types. However, the dynamics of the soil organic matter was affected: carbon content in coarse fraction (20 to 2000 µm) was significantly higher in the unburnt and early burnt plots. Soil surface features were also affected by burning, early or late, making soils more sensitive to degradation and erosion. The plant cover and biomass are good indicators to understand the effects of the different bush-fire practices.

**Key words:** Bush-fire, fallow, soil organic matter, Mali

Fonds Documentaire ORSTOM



010013844

Fonds Documentaire ORSTOM

Cote: **B\*13844** Ex: **2**

115

## **INTRODUCTION**

Dans la zone soudanienne de l'Afrique tropicale, les jachères ont subi et subissent une forte pression agricole et sylvo-pastorale, ayant pour conséquence la diminution de la fertilité, celle des ressources pastorales et ligneuses et de divers produits de cueillette. Les paysages agricoles se caractérisent alors 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).

Dans ces savanes, les feux ont généralement lieu en milieu de saison sèche, période où par leur intensité ils sont les plus destructeurs pour la végétation (Gillon 1983). La modification de la date de passage du feu doit permettre de contrôler ses effets sur certaines propriétés physico-chimiques des sols.

En bordure de la réserve de biosphère de la Boucle du Baoulé au Mali, des recherches ont été menées pour déterminer l'influence d'un feu dit précoce (peu après la fin de la saison des pluies) et d'un feu dit tardif (au milieu de la saison sèche). Ces pratiques sont comparées à une absence totale du feu en condition de protection totale ou de non protection contre le pâturage sur deux types de sol. Les résultats présentés concernent l'impact du feu sur les principales caractéristiques analytiques des sols (carbone (C) et azote (N) total, phosphore (P), bases échangeables, propriétés physiques du sol). La dynamique de la matière organique est également étudiée grâce à une analyse du C total dans les différentes fractions granulométriques du sol.

## **MATERIELS ET METHODES**

Les sites sont situés dans la zone soudano-sahélienne du Mali à 130 km au nord de Bamako (pluviosité entre 500 et 750 mm par an). Le premier site, Sira Koroba (SK), est situé sur une plaine limoneuse. Les essais ont été installés dans une jachère d'un succédant à une phase de mise en culture de huit années consécutives (alternance de mil, de sorgho et d'arachide). Distant de 20 km, le deuxième site, Missira (MI), est localisé sur des plateaux à sols sableux. Les parcelles choisies ont été laissées en jachère après 12 ans de cultures identiques à celles de Sira Koroba. En 1992 et 1993, des essais factoriels en blocs complets randomisés (cinq blocs) ont été mis en place dans chacun des sites. Le facteur 'feu' testé est à trois modalités: le feu précoce (mise à feu vers la mi-novembre), le feu dit tardif (mise à feu en janvier ou février); les deux sont comparés à un traitement sans feu. Les unités expérimentales sont de 400 m<sup>2</sup> chacune. Ce plan est répété en condition de protection et de non protection contre le pâturage (Dembélé 1996).

Les indicateurs observés, ou mesurés, concernent d'une part la végétation (non considérée dans cet article) et d'autre part les qualités physico-chimiques et biologiques des sols. Les caractéristiques du sol ont été évaluées en 1995 soit après trois années d'expérimentation pour le sol sableux (MI) et quatre années pour le sol limoneux (SK). Des densités apparentes ont été déterminées sur des échantillons de sol non remaniés (cylindre 100 cm<sup>3</sup>). Des tests d'infiltrométrie consistant à mesurer le temps t d'infiltration

de 0,5 l d'eau versé dans un cylindre (500 cm<sup>2</sup> de section) légèrement enfoncé à la surface du sol ont été effectués. Sur chaque unité expérimentale, dix mesures ont été réalisées tous les deux mètres. Les données d'infiltrométrie sont exprimées par l'indice  $1/\log(t)$ ; plus cet indice est élevé plus les temps d'infiltration sont courts. Sur chaque unité expérimentale, un échantillon, composite de six prélèvements allant de 0 à 10 cm de profondeur, a été effectué en octobre 1995. Ces échantillons séchés et conditionnés ont été analysés pour déterminer les indicateurs suivants: pH(KCl) et pH(H<sub>2</sub>O), C total, N total, P total, capacité d'échange cationique (CEC) et bases échangeables. D'autre part, chaque échantillon a fait l'objet d'une analyse de C sur les fractions granulométriques, qui ont été séparées par une analyse mécanique sans destruction de la matière organique d'après la méthode décrite par Feller (1995).

## RESULTATS

### Caractéristiques physico-chimiques du sol (Tableau 1)

Les résultats du test d'infiltrométrie confirment les différences des qualités physiques à la surface du sol des parcelles. L'indice d'infiltration est significativement plus élevé pour les parcelles qui n'ont pas subi de feu, et ce pour les deux types de sols. On n'observe pas de différence significative entre feu précoce et feu tardif. L'effet protection contre le pâturage apparaît essentiellement dans le cas des sols limoneux. Sur sol sableux, la densité apparente moyenne du traitement feu tardif (1,55) est significativement supérieure ( $P < 0,001$ ) aux moyennes des deux autres traitements respectivement de 1,42 et 1,49 pour les parcelles sans feu et les parcelles avec feu précoce. La différence est également hautement significative entre les parcelles protégées (1,46) et les parcelles non protégées (1,51). Sur sol limoneux, des écarts sont significatifs uniquement entre les parcelles protégées (1,40) et les parcelles non protégées (1,45).

Après trois ou quatre années de jachère, et quel que soit le sol, les teneurs en C et N total ne présentent pas de différence significative entre les trois modalités du facteur feu. De même, aucune différence significative pour la capacité d'échange, ni pour les bases échangeables, ni pour P, n'apparaît entre les différentes parcelles sans feu, avec feu précoce ou feu tardif. Sur sol sableux, le pH a tendance à augmenter sous l'action des feux de brousse. La différence, quoique très faible, est cependant significative, de l'ordre de 0,1, entre les parcelles sans feu (6,14) et les parcelles avec feu tardif (6,25). Le traitement feu n'a aucun effet sur le pH du sol limoneux. Des différences significatives apparaissent sur le sol sableux entre les essais non protégés et protégés contre le pâturage pour les teneurs en C total et en magnésium (Mg). Sur sol limoneux, ces deux modalités se distinguent par le taux de N total, les teneurs en calcium (Ca) ainsi que les quantités de P. En fait, la puissance de l'essai concernant le facteur protection est relativement faible et limite d'autant les tentatives d'interprétation.

Tableau 1. Caractéristiques analytiques moyennes des sols en fonction des facteurs feu et protection.

Variables analytiques	Moyennes facteur feu			Moyennes facteur protection	
	Sans feu	Feu précoce	Feu tardif	Protégé	Non protégé
<b>Missira (sols sableux)</b>					
da (g cm <sup>-3</sup> )	1,421 <sup>a</sup>	1,485 <sup>a</sup>	1,548 <sup>b</sup>	1,456 <sup>a</sup>	1,513 <sup>b</sup>
Indice d'infiltration	0,49 <sup>a</sup>	0,45 <sup>b</sup>	0,45 <sup>b</sup>	0,48 <sup>a</sup>	0,45 <sup>b</sup>
C (mg g <sup>-1</sup> )	3,75	3,76	4,1	3,68 <sup>a</sup>	4,06 <sup>b</sup>
N (mg g <sup>-1</sup> )	0,39	0,41	0,40	0,39	0,41
C/N	9,5	9,1	10,1	9,4	9,83
CEC (meq 100 g <sup>-1</sup> )	3,47	3,36	3,63	3,62	3,36
Ca (meq 100 g <sup>-1</sup> )	0,99	0,982	0,961	0,846	1,109
K (meq 100 g <sup>-1</sup> )	0,204	0,232	0,208	0,203	0,227
Mg (meq 100 g <sup>-1</sup> )	0,475	0,499	0,448	0,447	0,501
P (mg kg <sup>-1</sup> )	83	79	70	77	78
pH(H <sub>2</sub> O)	6,14 <sup>a</sup>	6,20 <sup>b</sup>	6,25 <sup>b</sup>	6,19	6,21
pH(KCl)	5,42	5,38	5,41	5,38	5,43
<b>Sira Koroba (sols limoneux)</b>					
da (g cm <sup>-3</sup> )	1,424	1,427	1,428	1,398 <sup>a</sup>	1,454 <sup>b</sup>
Indice d'infiltration	0,55 <sup>a</sup>	0,39 <sup>b</sup>	0,36 <sup>b</sup>	0,45	0,42
C (mg g <sup>-1</sup> )	7,2	6,96	7,44	6,8	7,6
N (mg g <sup>-1</sup> )	0,63	0,59	0,67	0,59 <sup>a</sup>	0,67 <sup>b</sup>
C/N	11,5	11,7	11	11,5	11,3
CEC (meq 100 g <sup>-1</sup> )	9,12	8,46	8,31	8,79	8,47
Ca (meq 100 g <sup>-1</sup> )	1,74	2,09	2,19	2,27 <sup>a</sup>	1,74 <sup>b</sup>
K (meq 100 g <sup>-1</sup> )	0,32	0,42	0,33	0,40 <sup>a</sup>	0,31 <sup>b</sup>
Mg (meq 100 g <sup>-1</sup> )	1,04	1,05	1,02	1,06	1,01
P (mg kg <sup>-1</sup> )	108	104	102	109 <sup>a</sup>	101 <sup>b</sup>
pH(H <sub>2</sub> O)	6,24	6,32	6,25	6,3	6,24
pH(KCl)	5,54	5,65	5,49	5,61	5,51

Le modèle testé est un modèle mixte à trois facteurs (protection, feu et bloc) partiellement hiérarchisé ('feu' et 'bloc' dans 'protection'). Les lettres a, b ou c indiquent les différences significatives entre les modalités d'un facteurs; l'absence de lettre indique une différence non significative selon l'analyse de variance.

**Quantités de carbone dans les différentes fractions granulométriques (Tableau 2)**

Le Tableau 2 présente les quantités de C total mesurées dans les trois fractions essentielles dans la dynamique de la matière organique. Pour les deux types de sol, le taux de C dans la fraction 0 à 2 µm ou fraction organo-minérale n'est pas modifié de manière significative par l'absence de feu ou par le feu précoce. Sur sol sableux, des différences significatives apparaissent sur les fractions 2 à 20 µm et 20 à 2000 µm.

Tableau 2. Carbone ( $\text{mg g}^{-1}$ ) dans les différentes fractions granulométriques.

Fractions granulométriques	Parcelles protégées			Parcelles non protégées		
	Sans feu	Feu précoce	Feu tardif	Sans feu	Feu précoce	Feu tardif
<b>Missira (sols sableux)</b>						
0-2 $\mu\text{m}$	1.70	1.58	1.79	1.84	1.83	1.58
2-20 $\mu\text{m}$	0.77	0.90	0.78	0.80 <sup>a</sup>	0.97 <sup>a</sup>	0.64 <sup>b</sup>
20-2000 $\mu\text{m}$	0.81	0.90	0.75	0.92 <sup>a</sup>	0.89 <sup>a</sup>	0.78 <sup>b</sup>
<b>Sira Koroba (sols limoneux)</b>						
0-2 $\mu\text{m}$	3.49	3.41	4.30	3.42	3.37	3.98
2-20 $\mu\text{m}$	2.49	2.25	2.11	2.06	2.21	2.52
20-2000 $\mu\text{m}$	2.34 <sup>a</sup>	2.06 <sup>b</sup>	1.63 <sup>c</sup>	2.09	2.00	1.93

Le modèle statistique testé pour l'analyse de variance est un modèle mixte à deux facteurs (feu et bloc). Les lettres a, b ou c indiquent les différences significatives entre les modalités d'un facteur; l'absence de lettre indique une différence non significative selon l'analyse de variance.

En condition de non protection contre le pâturage, le carbone dans les fractions débris végétaux est significativement supérieur dans les parcelles sans feu ( $0,80 \text{ mg C g}^{-1}$  pour 2 à 20  $\mu\text{m}$  et  $0,92 \text{ mg C g}^{-1}$  pour 20 à 2000  $\mu\text{m}$ ) par rapport au feu tardif ( $0,64 \text{ mg C g}^{-1}$  pour 2 à 20  $\mu\text{m}$  et  $0,78 \text{ mg C g}^{-1}$  20 à 2000  $\mu\text{m}$ ). Le traitement feu précoce montre des valeurs équivalentes au traitement sans feu. En condition de protection, aucune différence n'apparaît significative. Sur sol limoneux, les écarts entre traitements sur la quantité de C de la fraction grossière 20 à 2000  $\mu\text{m}$  sont significatifs uniquement en condition de protection. Les parcelles sans feu présentent, dans cette fraction débris végétaux, 43% de C de plus que dans les parcelles en feu tardif. Le feu précoce montre des valeurs intermédiaires.

## DISCUSSION ET CONCLUSIONS

Les résultats montrent que les modalités du feu ne modifient pas fondamentalement les caractéristiques analytiques du sol sur 0 à 10 cm de profondeur et après quatre années de jachère. Ces observations rejoignent la plupart des travaux réalisés dans les savanes (Menaut *et al.* 1992; Raison 1979). De même, les observations réalisées sur des essais de longue durée (plus de 30 ans) sur l'impact du feu ne montrent pas de modifications notables sur les quantités de C total (Carreira et Niell 1994; Trappnell *et al.* 1975). Le pH est modifié sur sol sableux par le feu, ce qui s'explique par l'apport des cendres qui ont tendance à alcaliniser le sol (Frost et Robertson 1987). Le sol limoneux serait moins sensible à ce phénomène.

Les résultats du dosage de C dans les fractions granulométriques montrent une variation des quantités de C total dans les fractions grossières. Ces résultats concordent avec ceux de Feller (1995). Selon cet auteur, la dynamique du C et de N dans les sols tropicaux à texture grossière est liée à la fraction débris végétaux (20 à 2000  $\mu\text{m}$ ).

La fraction 0 à 2 µm qui remplit une fonction majeure dans le cycle interne de N n'est pas modifiée significativement par les diverses pratiques du feu sur les deux types de sols. La fraction débris végétaux est en relation étroite avec la biomasse végétale produite dans les jachères (Fig. 1) mais également avec les phénomènes de décomposition de la litière et des racines. Les parcelles sans feu présentent avant les premières pluies un couvert végétal important constitué des résidus de la saison de croissance précédente qui vont enrichir la fraction 20 à 2000 µm en C. Par contre, le feu tardif limite l'accumulation de biomasse herbacée (Dembélé 1996). Le traitement feu précoce est caractérisé par une mosaïque de zones entièrement dénudées et de zones à couvert végétal beaucoup plus élevé où le feu n'a eu que peu d'effet au moment de son passage. Les valeurs obtenues pour le feu précoce sont intermédiaires à celles des deux autres traitements mais également fortement dépendantes du plan d'échantillonnage. Sur les sols limoneux, la protection contre le pâturage accentue les écarts entre traitements. Cette observation est à mettre en relation avec la production de biomasse herbacée qui est significativement supérieure dans les parcelles sans feu et non pâturées par rapport à tous les autres traitements (Dembélé 1996). Les différences entre traitements sont moins importantes dans les parcelles pâturées sur ces sols. Sur les sols sableux, la protection contre le pâturage atténue les écarts en biomasse herbacée entre les différentes pratiques du feu, ce qui expliquerait qu'il n'y ait pas de différence significative sur la fraction débris végétaux dans les parcelles non pâturées, alors que cette différence apparaît en condition de non protection.

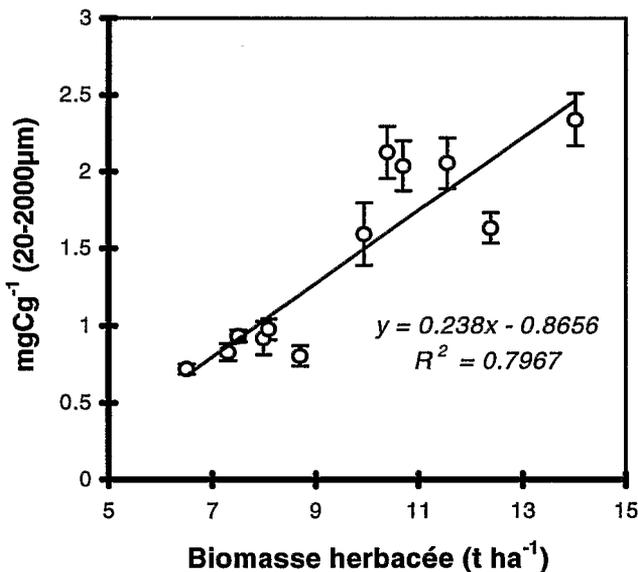


Figure 1. Relation entre la biomasse herbacée cumulée sur les trois ou quatre années de jachère et la quantité de carbone contenue dans la fraction 20 à 2000 µm ('débris végétaux').

En modifiant la présence de végétation et de litière à certaines périodes de l'année, le feu agit également sur les propriétés physiques du sol. La sensibilité du sol à l'agressivité des pluies est accentuée par un recouvrement nul en début de saison des pluies (Kutiel et Inbar 1993; Trollope 1984). Les risques d'érosion et de dégradation sont ainsi augmentés (Casenave et Valentin 1989). En absence de feu, la litière forme une couche protectrice importante contre les pluies agressives et favorise l'activité biologique; la densité apparente est plus faible et la porosité totale est plus grande. Les parcelles brûlées tardivement n'ont plus aucun couvert protecteur contre les pluies et le ruissellement favorise la formation de croûte de battance et une dégradation de la porosité. Les parcelles brûlées en début de saison sèche (feu précoce) présentent une mosaïque de zones à fort couvert végétal et de zones nues; les indicateurs de structure du sol présentent donc des valeurs moyennes intermédiaires.

La production de biomasse herbacée et le couvert végétal apparaissent donc comme des indicateurs essentiels pour comprendre les effets des différentes pratiques du feu sur les qualités physico-chimiques des sols.

## BIBLIOGRAPHIE

- Carreira, J.A. et F.X. Niell 1994. Mobilization of nutrients by fire in semi-arid gorse-scrubland ecosystem of southern Spain. *Arid Soil Research and Rehabilitation* 9: 73-89.
- Casenave, A. et C. Valentin 1989. Les états de surface de la zone sahélienne. Influence sur l'infiltration. Editions de l'ORSTOM, Collection Didactiques, Paris, France. 229 pp.
- Dembélé, F. 1996. Influence du feu et du pâturage sur la végétation et la biodiversité dans les jachères en zone soudanienne nord du Mali. Cas des jeunes jachères du terroir de Missira (Cercle de Kolokani). Thèse de Doctorat, Université de Aix-Marseille II, France. 181 pp.
- Feller, C. 1995. La matière organique dans les sols tropicaux à argile 1:1. Recherche de compartiments organiques fonctionnels. Une approche granulométrique. TDM, Editions de l'ORSTOM, Paris, France. 391 pp.
- Floret, C., Pontanier R. et G. Serpantié 1993. La jachère en Afrique tropicale. Dossier MAB 16. UNESCO, Paris, France. 86 pp.
- Frost, P.G.H. et F. Robertson 1987. The ecological effects of fire in savannas. pp. 93-140 in B.H Walker (ed.) *Determinants of tropical savannas*, IRL Press Ltd, IUBS, Monograph Series No 3.
- Gillon, D. 1983. The fire problem in tropical Savannas. pp. 617-641 in F. Bourlière (ed.) *Tropical savannas ecosystems of the world*. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.
- Kutiel, P. et M. Inbar 1993. Fire impacts on soil nutrients and soil erosion in a mediterranean pine forest plantation. *CATENA* 20: 129-139.
- Menaut, J.-C., L. Abbadie et P.M. Vitousek 1992. Nutrient and organic matter dynamics in tropical ecosystems. pp. 215-232 in P.J. Crutzen and J.G. Goldammer (eds.) *Fire in the environment. The ecological, atmospheric and climatic importance of vegetation fires*. Wiley and Sons Ltd., Chichester, U.K.
- Raison, R.J. 1979. Modification of the soil environment by vegetation fires, with particular reference to nitrogen transformations: Review. *Plant and Soil* 51: 73-108.
- Trapnell, C.G., M.T. Friend, G.T. Chamberlain and H.F. Birch 1975. The effects of fire and termites on a Zambian woodland soil. *The Journal of Ecology* 64(2): 577-588.
- Trollope, W.S.W. 1984. Fire in Savanna. pp. 149-176 in P.de V. Booysen and N.M. Tainton (eds.) *Ecological effects of fire in South African ecosystems*. Ecological studies 48, Springer-Verlag, Berlin, Germany.

D<sub>Δ</sub> 12084

D<sub>Δ</sub> EA30<sub>Δ</sub> MAS/1