Aménagement intégré des forêts naturelles des zones tropicales sèches de l'Afrique de l'Ouest

Actes du séminaire international
16 au 20 novembre 1998 à Ouagadougou (Burkina Faso)

Impacts des feux répétés sur les sols de savane du centre de la Côte d'Ivoire

D. Louppe*, R. Oliver**, N. Ouattara***, M. Fortier**

Résumé

Les « parcelles feux d'Aubréville » constituent un dispositif unique au monde dans lequel l'effet des feux de brousse, allumés chaque année, sur la végétation est étudié depuis 1936. La protection intégrale contre les feux y est comparée avec l'effet des feux précoces (début de saison sèche ou 15 décembre) et des feux tardifs (10 mars, fin de saison sèche).

Après soixante années d'expérimentation, la parcelle en protection intégrale est une forêt dense semi-décidue secondarisée. Les feux tardifs ont créé une « steppe » surmontée d'arbres vieillissants. Les feux précoces ont permis à une forêt dense de se reconstituer sur les sols les plus riches et à une savane boisée de se maintenir ailleurs.

Sur chacune des trois parcelles, un échantillon composite de sol (5 carottes) a été prélevé pour l'horizon 0-15 cm. Une sixième carotte de sol non « perturbé » a été prélevée pour effectuer des mesures de porosimétrie au mercure.

La parcelle « protégée » présente logiquement les teneurs les plus élevées et le complexe absorbant le mieux fourni notamment pour Mg et K. Toutes les parcelles sont pauvres en P assimilable. Le taux de matière organique passe de 3,32 % pour la protection intégrale à 2,63 % pour le feu tardif et 1,79 % pour le feu précoce (savane). Le rapport C/N évolue dans le même sens.

Globalement, les sols des parcelles « brûlées » sont moins poreux et présentent, par rapport à la parcelle protégée, une microporosité plus importante, une mésoporosité plus importante avec une supériorité du feu précoce et une baisse de la macroporosité de l'ordre de 50 %. Au niveau de la macrofaune du sol, les termites sont présentes partout alors que les vers de terre sont nettement plus abondants dans la parcelle protégée.

Mots-clés : feux de brousse, protection, végétation, sol, pédofaune, Côte d'Ivoire.

Impacts of repeated fires on savannas' soils of the center of Côte d'Ivoire

Abstract

The « Aubréville's fire plots » constitute an unique trial in the world in which the effects of bush fires, lighted every year, on vegetation has been studied since 1936. The complete protection against fires is compared there with « early fires » effects (beginning of the dry season or 15 December) and with « late fires » (10 march, end of season dry).

After 60 years of experimentation, the plot in complete protection is a dense secondary semi-deciduus forest. The « late fires » create a « steppe » overheaded by aging trees. The « early fires » allowed to reconstitute a dense forest on the richest soils and to maintain a wooded savanna on the poorest soils.

On each of the three plots, a composite sample of soil (5 core samples) has been taken from the horizon 0-15 cm. A sixth carrot of no « altered » soil has been taken to do measures of porosity by mean of mercury.

The « protected plot » logically presents the most elevated contents of nutrients and the highest absorbent complex notably for Mg and K. All parcels are poor in assimilated P. The organic matter rate passes from 3,32% for the complete protection to 2.63% for the « late fires » and 1.79% for the « early fires » (savanna). The C/N ratio evolves in the same proportion.

Globally, the burnt « plots » soils are less porous and present in relation to the « protected plot » a more important microporosity, — a more important mesoporosity with a superiority of the « early fires » and a decrease of the macroporosity of the order of 50 %.

At the level of the soil's macrofauna, termites are everywhere present whereas earthworms are distinctly more abundant in the « protected plot ».

Keywords: bush fires, protection, vegetation, soil, porosity, soil fauna, Côte d'Ivoire.

* Cirad-forêt, 01 B.P. 6483, Abidjan 01 (Côte d'Ivoire).
** Cirad-amis, B.P. 5035, 34032 Montpellier (France).
*** CNRA, B.P. 946, Korhogo (Côte d'Ivoire).

Introduction

L'effet des feux de brousse sur la végétation a généralement été bien étudié car leur impact est très visible. Par contre, l'étude de leur effet sur les sols a été souvent limitée à la mesure des températures atteintes en surface et dans les horizons superficiels (MONNIER, 1968 ; VUATTOUX, 1968 ; IEMVT, 1990 ; LOUPPE, 1996).

L'évolution physico-chimique des sols est un phénomène assez lent et progressif en l'absence d'érosion ou de sédimentation marquées. Aussi, faut-il une longue série d'événements répétés annuellement pour que ces modifications puissent être perceptibles, notamment au niveau de l'évolution physique du sol.

Une telle série existe dans les « parcelles feux d'Aubréville » à Kokondékro, près de Bouaké, au centre de la Côte d'Ivoire. Après un bref rappel du dispositif expérimental et des résultats concernant la végétation, nous présenterons les résultats obtenus récemment sur l'évolution des sols (aspects physico-chimiques et macro-faune) en relation avec les feux de brousse.

Les parcelles feux

Ce dispositif a été installé par A. AUBRÉVILLE en 1936 afin de montrer que les savanes du centre de la Côte d'Ivoire étaient la conséquence des feux de brousse répétés et que, naturellement, le climat est la forêt. L'expérience voulait également démontrer que cette évolution du milieu était réversible si on parvenait à contrôler ou à supprimer les feux. Rappelons que la pluviométrie à cet endroit est de l'ordre de 1 100 mm avec deux maxima (juin et septembre). La température annuelle moyenne est de 26 °C.

Le dispositif expérimental se compose de trois parcelles de 2 ha chacune (100 x 200 m) étirées dans le sens de la pente et séparées par des pare-feux. Avant le début de l'expérimentation, le terrain avait été cultivé en coton pendant plusieurs années et laissé en jachère depuis six ans. On y trouvait donc quelques arbres adultes d'espèces savanicoles et de nombreuses souches avec rejets : en moyenne, par hectare, on notait 400 régénérations (moins de 2 cm de diamètre à 1,30 m), 1 175 régénérations acquises (entre 2 et 10 cm de diamètre à 1,30 m) et 39 arbres de plus de 10 cm (AUBRÉVILLE, 1953 ; CTFT, 1969 ; DEREIX et N'GUESSAN, 1976).

Annuellement, depuis 1937, chaque parcelle reçoit un « traitement feux » différent :
– parcelle en protection intégrale contre les feux ;
– mise à feu précoce : 15 décembre ;
– mise à feu tardive : 10 mars.

58 ans plus tard !

Le dernier inventaire complet de ces parcelles a été fait en 1995 et les résultats résumés ci-dessous ont été présentés dans plusieurs articles (LOUPPE *et al.*, 1995*a,b* ; OUATTARA et LOUPPE, 1996).

Après protection intégrale, le couvert est complètement fermé et on se trouve en face d'une forêt dense semi-décidue secondarisée avec abondance de lianes. Les arbres dominants sont des essences soit pionnières, soit héliophiles, à croissance initiale rapide. Les espèces sciaphiles sont encore dominées. Les espèces de savane ont disparu. 117 espèces ligneuses ont été dénombrées. Elles représentent par hectare 6 877 individus de plus de 2 cm de diamètre à 1,30 m et 27,8 m^2 de surface terrière.

Dans la parcelle « feux précoces » de début de saison sèche, l'évolution de la végétation est fonction des sols. Sur les plus riches, en haut de pente, une forêt dense semi-décidue secondarisée « jeune » a fini par se reconstituer. Contrairement à la parcelle protégée, on y retrouve encore des espèces de savane. Par contre, dans la partie la moins fertile, une savane arborée se maintient qui ne semble, en comparant les inventaires de végétation successifs, ni s'emboiser ni se déboiser. La richesse spécifique a fortement diminué puisqu'il n'y a plus, par hectare, que 79 espèces ligneuses (> 2 cm d), 2 244 individus et 15,6 m^2 de surface terrière.

Suite aux « feux tardifs » répétés, la parcelle est devenue une savane dans laquelle les arbres sont rares. Par hectare, il ne reste que 20 espèces dont 2 forment la majorité du peuplement, 241 individus et 3 m^2 de surface terrière. L'ensemble des arbres survivants sont vieillissants et fortement traumatisés par les feux. Ils risquent de disparaître prochainement.

Matériel et méthode

Étude des sols : analyses physico-chimiques

Le sol est de type ferrallitique. En 1996, des échantillonnages de sol ont été effectués avec une tarière à prélèvement racinaire de 8 cm de diamètre, dans l'horizon 0-15 cm. Ceux-ci étaient de deux types en fonction des objectifs visés :

– un prélèvement composite constitué de 5 carottes réparties au hasard sur la parcelle. Après mélange des échantillons, une aliquote a été prélevée et analysée[1] ;

– un prélèvement unique placé dans une boîte ad-hoc qui a permis sa conservation « en l'état ». Cet échantillon a été en priorité utilisé pour les mesures de porosimétrie au Cirad.

Un seul échantillon pour caractériser l'état physique du sol est certes insuffisant, mais ce premier prélèvement devait permettre de tester les conditions de conservation de la structure au cours du transport. Pour vérifier si cet échantillon est représentatif de la parcelle, les analyses chimiques courantes ont été effectuées après les analyses de porosimétrie et comparées à celles de l'échantillon composite. L'étude des échantillons non remaniés a été complétée par quelques caractéristiques physiques sur la terre fine ainsi que par le fractionnement physique de la matière organique (FELLER, 1979) de la terre fine.

La porosimétrie au mercure permet d'évaluer le volume des vides et la répartition des pores en fonction de leur diamètre équivalent, estimations faites à partir de la loi de Jurin. L'appareil utilisé (Pore Sizer 9310, Micromeritics) permet d'explorer une gamme de diamètres de pores compris entre 300 et 0,006 μm. L'échantillon de forme cubique et d'un volume limité à 8 cm^3 est déshydraté à l'étuve à 105 °C pendant 24 heures. Il est alors placé dans la cellule de mesure et soumis à un vide de l'ordre de $1{,}10^{-5}$ MPa préalablement à l'intrusion du mercure sous pression dans l'échantillon. Afin de rendre toutes les courbes comparables, les valeurs d'intrusion sont ramenées à un diamètre de référence par interpolation entre deux mesures successives. Les pores sont ainsi assimilés à des tubes cylindriques.

[1] Analyses réalisées par le laboratoire du Cirad à Montpellier.

Du fait de la nature gravillonnaire des échantillons, les éléments grossiers sont extraits après passage au porosimètre. Leur volume est mesuré par poussée hydrostatique et leur poids calculé sur la base d'une densité apparente de 2,39. Par différence, on obtient les poids et volumes de terre fine, ce qui permet d'en estimer le volume des pores.

La stabilité structurale a été appréciée par la méthode HÉNIN (1958) : détermination des proportions d'agrégats stables à l'eau, à l'alcool et au benzène.

Le fractionnement de la matière organique a été effectué à partir de la terre fine < 2 mm, avec désagrégation par agitation mécanique de 20 g de terre en suspension dans 100 ml d'eau distillée pendant 4 heures. La suspension est ensuite tamisée à 200 μm et 50 μm. Les eaux de lavage des tamis sont concentrées par évaporation pour détermination des teneurs en azote total, ammoniacal et nitrique. Le refus à 50 μm est sonifié (sonde) puis tamisé sous l'eau à 20 μm. Les teneurs en carbone et azote total de chaque fraction solide (20 μm ; 20-50 μm ; 50-200 μm et 200-2 000 μm) sont déterminées par voie sèche (appareil Leco CHN600) pour C et par attaque Kjeldhal pour N.

Étude de la macrofaune du sol

La macrofaune a été étudiée selon la méthode TSBF (Tropical Soil Biology and Fertility), décrite par ANDERSON et INGRAM en 1988. Dans chaque parcelle, on a effectué dix prélèvements de terre sur un transect sélectionné aléatoirement et orienté dans le sens de la pente. Les échantillons, de 25 x 25 x 30 cm, sont espacés de 5 m. Le tri de la macrofaune visible à l'œil nu (insectes, oligochètes, arachnides et myriapodes) a été fait manuellement, sur le terrain et la faune conservée dans de l'alcool à 95 °. La macrofaune a été pesée et les individus comptés. Ici, la systématique a été limitée aux ordres. La végétation herbacée, la litière non décomposée ainsi que les racines de l'horizon 0-30 cm ont été prélevées et séchées à 105 °C pendant 24 heures.

Une première série de prélèvements a été effectuée début juin, soit environ deux mois après le début de la saison des pluies et une seconde série en fin juillet, soit vers la fin de la grande saison des pluies.

Résultats et discussion

Végétation de surface

La végétation ligneuse a été brièvement décrite ci-dessus. La biomasse végétale à la surface du sol est présentée au tableau I. Elle est constituée de la végétation herbacée et de la litière non décomposée. La végétation ligneuse, sauf les semis, a été maintenue afin de ne pas trop perturber l'essai.

Tableau I. Biomasse végétale sèche au niveau du sol (en t/ha^{-1}).

Période	Protégée	Feux précoces	Feux tardifs
Juin	2,8	3,4	5,1
Juillet	5,6	7,4	4,5

Globalement, les différences constatées sont faibles mais la nature des produits diffère selon les parcelles. Dans la protection intégrale, on ne trouve que de la litière, le sous-bois étant trop sombre pour permettre aux herbacées de se développer. À l'inverse, dans la parcelle « feux tardifs », la strate herbacée en cours de reconstitution ne produit pratiquement pas de litière en quatre mois de végétation. La parcelle « feux précoces » présente une végétation herbacée et une litière fine résultant de la chute des feuilles depuis décembre. Dans la parcelle « protégée », la litière augmente en cours de saison des pluies, ce qui semble paradoxal mais pas étonnant, car c'est en cette saison que les vents sont instantanément les plus violents. Ils provoquent des chutes de branches mortes et arrachent les feuilles vertes[2]. Ceci explique également la biomasse plus abondante en juillet dans la parcelle « feux précoces » où la strate arborée subsiste.

La biomasse racinaire de l'horizon 0-30 cm a également été étudiée à partir des prélèvements effectués lors de l'étude de la macrofaune (tableau II).

Tableau II. Biomasse racinaire de l'horizon.

Période	Protégée	Feux précoces	Feux tardifs
Juin	20,3	13,5	13,6
Juillet	15,4 **a**	16,0 **a**	7,3 **b**

Seules les différences observées en juillet sont significatives. La diminution (non significative) des racines dans la parcelle protégée et dans la parcelle « feux tardifs » pourrait être attribuée à la biodégradation des racines de l'année précédente avec l'arrivée de la saison des pluies. Dans le cas de la parcelle « feux précoces » cette biodégradation a peut-être eu lieu dès le passage du feu en décembre, le sol étant encore humide, ce qui expliquerait que l'on ne l'observe pas pendant les pluies.

Granulométrie et analyses chimiques

Les résultats des analyses effectuées sur les échantillons composites et sur ceux non remaniés figurent au tableau III.

La similitude de la granulométrie des parcelles « protection intégrale » et « feux tardifs» est nette. Par contre, la parcelle « feux précoces » présente plus de sables grossiers et moins d'argile, particularité dont il sera tenu compte dans l'interprétation des données de porosimétrie.

Les analyses chimiques des deux types d'échantillons (composites ou non remaniés) montrent des résultats similaires pour pratiquement toutes les variables. On peut donc considérer les prélèvements non remaniés comme représentatifs des parcelles.

[2] Cette observation a également été faite par les auteurs à Korhogo sous diverses espèces.

Tableau III. Analyses physico-chimiques.

Parcelle / Echantillon		Protégée		Feux précoces		Feux tardifs	
		physique	composite	physique	composite	physique	composite
Ca cob	Cmol(eq).kg^{-1}	5,7	4,66	4,85	3,22	4,7	3,94
CEC cob	Cmol(eq).kg^{-1}	9,98	8,17	6,97	5,28	7,5	6,14
K cob	Cmol(eq).kg^{-1}	0,41	0,34	0,17	0,23	0,26	0,26
Mg cob	Cmol(eq).kg^{-1}	3,06	2,59	1,24	1,35	1,65	1,57
Mn cob	Cmol(eq).kg^{-1}	0,07	0,04	0,04	0,01	0,14	0,04
Somme		9,18	7,62	6,27	4,8	6,61	5,79
Sat		0,92	0,93	0,9	0,91	0,88	0,94
Carbone	%	1,93	1,79	1,04	0,96	1,53	1,35
Ntot CHN	mg/g	1,61	1,44	0,7	0,64	1,02	1,00
P Olsen	mg/kg P	11,7	8,4	9,0	15,7	14,6	10,4
P total	mg/kg P	312		278		307	
K tot	mg/kg K	77,21		36,83		41,49	
pH eau		6,55	6,35	6,4	7,1	6,15	6,75
pH KCl		5,9	5,35	5,85	5,95	5,5	5,45
Stab. alcool	agrégats %	90,72		86,17		87,1	
Stab. benzène	agrégats %	73,72		69,74		73,2	
Stab. eau	agrégats %	85,04		74,68		77,22	
Is Hénin	%	0,56		0,59		0,65	
(A+L) maxi	%	23		21,5		25	
Sab gros max	%	46,84		48,45		45,38	
Argile	%	22,7		14,2		24,2	
Lim fin	%	8,6		5,6		9,5	
Lim grossiers	%	6,6		5,6		6,5	
Sab fin	%	15,5		13,8		16	
Sab gros	%	46,7		60,8		43,8	

La parcelle « protégée » présente, logiquement, les teneurs les plus élevées et le complexe absorbant le mieux fourni, en particulier pour Mg et K. Les parcelles « brûlées » ont un pH légèrement plus acide et, par conséquence, une teneur plus forte en Mn échangeable. Les différences de P assimilable sont trop faibles pour avoir un impact sur la fertilité car toutes les parcelles sont pauvres en P assimilable.

Les teneurs en carbone total et azote total (matière organique) sont environ deux fois plus élevées dans la parcelle protégée du feu.

Porosimétrie au mercure

Le tableau IV présente les valeurs moyennes (sur 4 mottes constitutives de l'échantillon de départ) obtenues au porosimètre à mercure. La comparaison statistique par le test de Newman-Keuls des différentes situations par paramètre est schématisée par une lettre ; une même lettre indique une différence non significative au seuil de 5 %.

Tableau IV. Résultats moyens des paramètres en porosimétrie (terre fine et éventuels gravillons inclus dans la motte analysée).

	Feux précoces		Feux tardifs		Parcelle protégée	
	moyenne	erreur type	moyenne	erreur type	moyenne	erreur type
Intrusion cm^3/g	0,1634 a	0,0153	0,1800 a	0,0158	0,1930 a	0,0034
Surface spécifique m^2/g	6,36 a	1,28	8,73 a	1,24	7,65 a	0,24
Diamètre médian µm	6,64 a	1,48	3,56 a	1,54	11,32 a	3,91
Diamètre moyen µm	0,1102 a	0,0158	0,0857 a	0,0080	0,1007 a	0,0015
Densité apparente globale	1,873 a	0,039	1,720 b	0,020	1,722 b	0,007
Densité des solides	2,699 a	0,077	2,496 a	0,068	2,575 a	0,010
Porosité cm^3/cm^3	0,3046 a	0,0247	0,3089 a	0,0245	0,3311 a	0,0052
Egp %16,2 a	7,4	3,1 a	1,3	11,8 a	1,5	
Egv %	13,1 a	6,3	2,2 a	0,9	8,5 a	1,1
Densité apparente TF	1,795 a	0,005	1,705 b	0,014	1,660 c	0,005
Intrusion TF cm^3/g	0,1887 a	0,0127	0,1842 a	0,0149	0,2143 a	0,0016
Porosité TF cm^3/cm^3	0,3387 a	0,0220	0,3137 a	0,0237	0,3558 a	0,0021

Avec : Egp % : taux pondéral des gravillons en % ; Egv % : taux volumique des gravillons en % ; TF : terre fine < 2 mm.

Mises à part les densités apparentes, sol ou terre fine, les variations observées ne permettent pas de différencier statistiquement les situations quel que soit le critère retenu.

La figure 1 permet de visualiser les caractéristiques porales qui sont résumées dans le tableau V.

Tableau V. Caractéristiques porales des parcelles.

	Feux précoces	Feux tardifs	Parcelle protégée
Porosité totale (cm^3/cm^3)	0,3046	0,3089	0,3311
– diamètre médian µm	6,64	3,55	11,32
– limite de classe µm	0,314	0,400	1,950
Porosité D > 0,3 µm (cm^3/cm^3)	0,2210	0,1956	0,1928
– diamètre modal µm	20,36	64,37/16,17 *	102,02
– diamètre médian µm	19,01	19,05	106,48
Porosité D < 0,3 µm (cm^3/cm^3)	0,0838	0,1133	0,1393
– diamètre modal µm	0,0351	0,0351	0,0448
– diamètre médian µm	0,0523	0,0493	0,0935
% porosité D > 0,3 µm	72,50	63,32	58,05
% porosité D < 0,3 µm	27,50	36,68	41,95

* Deux modes sont observés pour cette classe dans la parcelle « feux tardifs » (explications dans le texte).

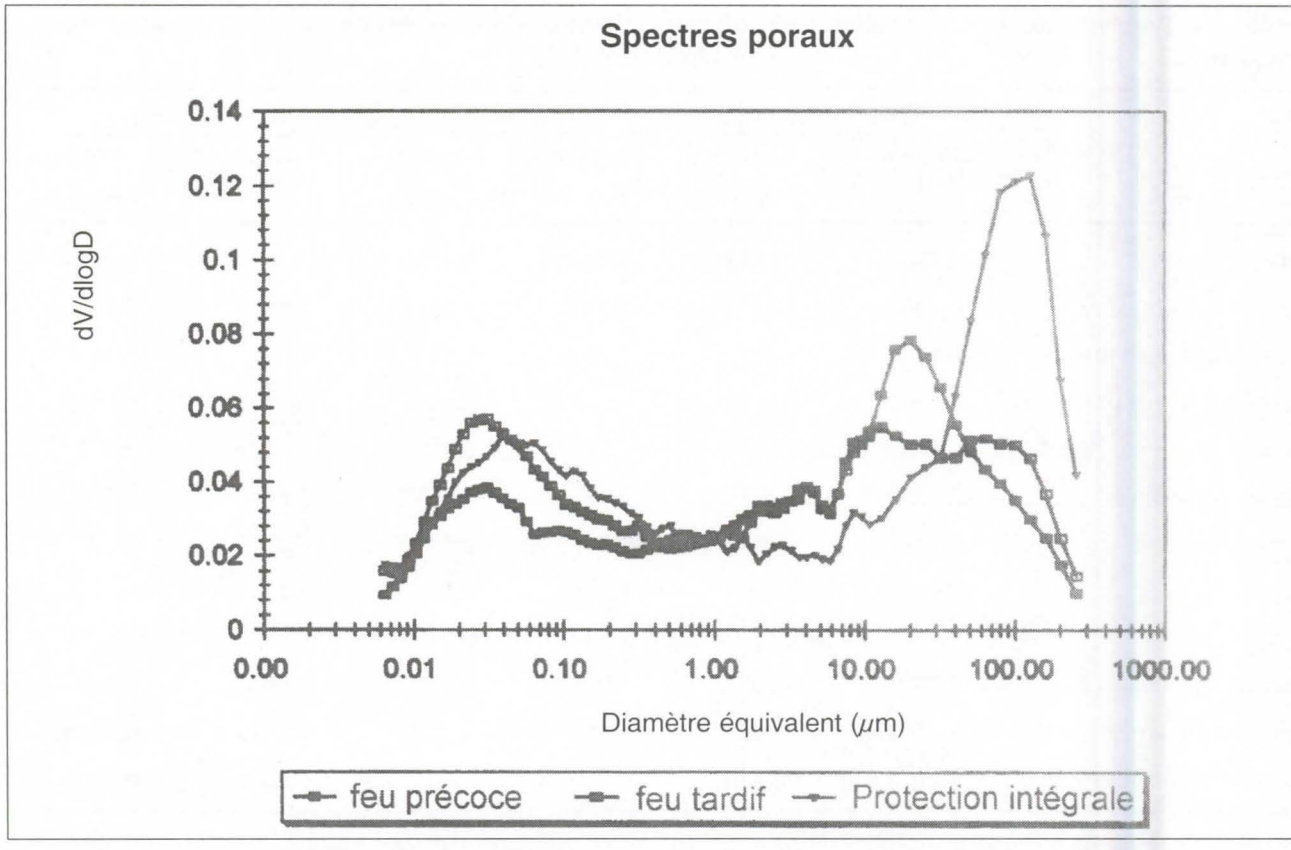

Figure 1. Parcelles feux de Kokondékro.

Les courbes de distribution de la taille des pores, dérivées des courbes cumulées (figure 1), montrent une distribution nettement bimodale, séparant la porosité en deux grandes classes de pores pour un diamètre moyen de l'ordre de 0,35 µm en ce qui concerne les parcelles soumises à brûlage et de 2 µm pour la parcelle « protégée » (tableau V). La valeur de diamètre de 0,35 µm est équivalente à celle observée ailleurs sur des sols ferrallitiques (CARVALHO *et al.*, 1991 ; HARTMAN, 1991) ou ferrugineux du Sénégal (COLLEUILLE, 1993).

La première classe (D < 0,3 µm) est la porosité matricielle due à l'assemblage des particules les plus fines du sol. La parcelle « protégée » présente une porosité plus importante que les parcelles « brûlées ». De plus, les valeurs supérieures du diamètre modal et du diamètre médian dans la parcelle « protégée » caractérisent un plus grand étalement de ce type de porosité qui est vraisemblablement dû à une protection par la matière organique. La hauteur du pic est logiquement proportionnelle à la teneur en argile.

La seconde classe (D > 0,3 µm) correspond à la porosité ménagée par l'assemblage des agrégats entre eux. Cette partie des courbes présente une allure monomodale, plus ou moins prononcée, pour la parcelle « feux précoces » et pour la parcelle « protégée », et une allure bimodale pour la parcelle « feux tardifs ». Dans ce dernier cas, la mauvaise définition du mode peut être attribuée à la présence d'assemblages, plus ou moins compacts, d'agrégats incluant, plus ou moins, du sable et des limons grossiers (COLLEUILLE, 1993). La nature graveleuse des échantillons pourrait exacerber ce phénomène. La parcelle « protégée » présente une porosité légèrement plus faible que celles des parcelles soumises à brûlage, mais de diamètre médian très supérieur caractérisant une porosité plus grossière.

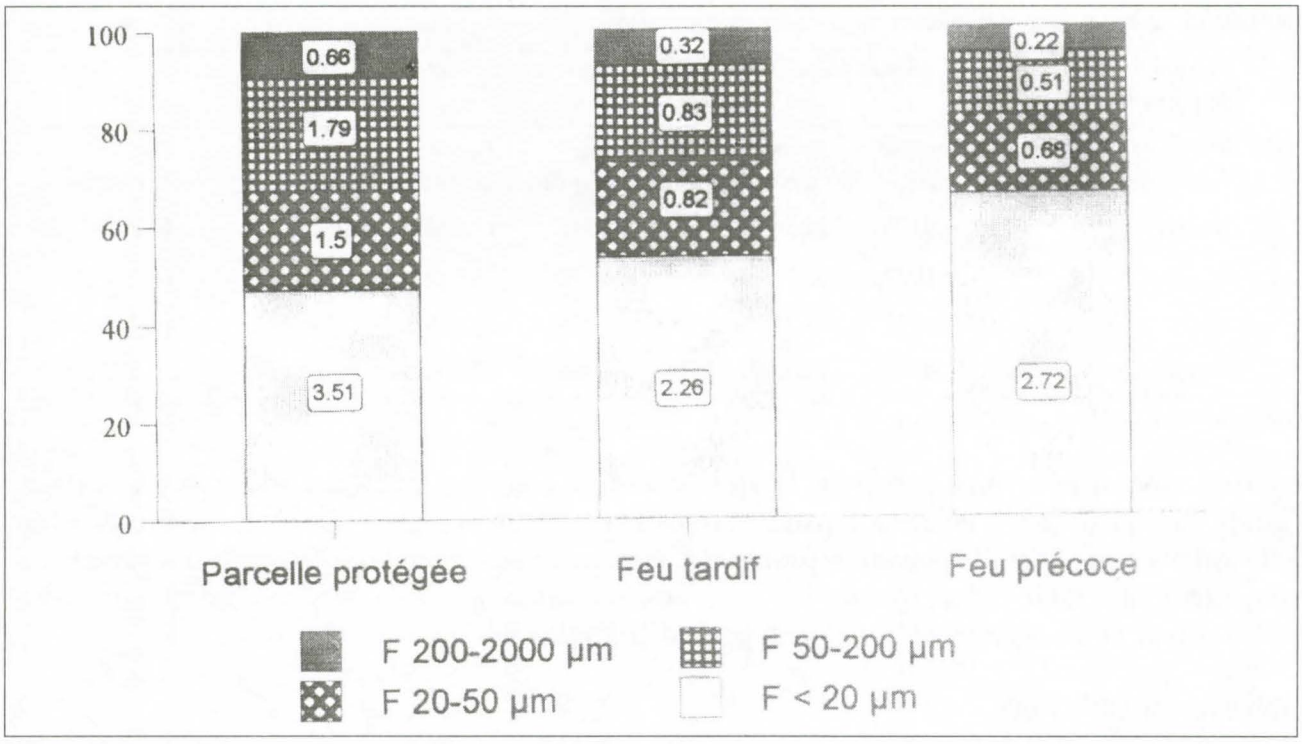

Figure 2. Richesse relative en azote des diverses fractions granulométriques du sol (en encadré, les teneurs de chaque fraction mg g^{-1} de sol).

Globalement, les parcelles soumises au brûlage présentent des caractères de compacité plus prononcée que la parcelle « protégée » (figure 1). L'utilisation d'une distribution de la porosité en quatre classes de diamètre de pores (tableau VI), fonctionnelles par rapport à l'eau (CHAMAYOU ET LEGROS, 1989), permet de bien mettre en évidence les différences observées (tableau VII).

Tableau VI. Classe de porosité fonctionnelle.

Porosité	Limites (µm)	Qualité
Macro	300 > D > 60	drainage, aération
Méso	60 > D > 6	écoulement lent
Micro	6 > D > 0,2	l'essentiel de la RU
Matricielle	D < 0,2	PF4,2

Avec RU : réserve en eau utile et PF4,2 : point de flétrissement.

Ainsi, par rapport à la parcelle « protégée », les parcelles « brûlées » présentent :

– une porosité matricielle dépendant du taux d'argile ;

– une microporosité plus importante ;

– une mésoporosité plus importante avec une supériorité pour le feu précoce ;

– une baisse de la macroporosité de l'ordre de 50 %.

Tableau VII. Comparaison des classes de porosité fonctionnelle.

Classes fonctionnelles de porosité	Feux précoces		Feux tardifs		Parcelle protégée	
	Porosité (cm^3/cm^3)	Porosité relative (%)	Porosité (cm^3/cm^3)	Porosité relative (%)	Porosité (cm^3/cm^3)	Porosité relative (%)
Macro	0,0436	14,3 % b	0,0532	17,3 % b	0,1129	34,1 % a
Méso	0,1092	35,8 % a	0,0812	26,3 % b	0,0623	18,7 % c
Micro	0,0747	24,5 % a	0,0738	23,9 % a	0,0589	17,7 % a
Matricielle	0,0773	25,4 % a	0,1006	32,5 % a	0,0980	29,5 % a

Note : macro + mésoporosité = porosité « biotique ».

En conclusion, si les critères globaux de la porosité ne différencient pas statistiquement les traitements, l'étude de la distribution de cette porosité permet de mettre en évidence une augmentation notable de la macroporosité dans la parcelle « protégée » par rapport aux parcelles « brûlées ». La période de mise à feux ne semble influer que sur la mésoporosité qui diminue des « feux précoces » aux « feux tardifs » avec un changement très net du type de distribution des pores.

Stabilité structurale

La parcelle protégée et les parcelles « feux tardifs » et « feux précoces » ont, respectivement, un indice de stabilité structurale (Is) de 0,56 ; 0,65 et 0,59. Ces différences ne sont pas significatives (tableau III). En outre, le critère log 10Is < 1 montre que les trois parcelles ont des sols à structure très stable. Le feu ne semble donc pas affecter la stabilité structurale des sols ferrallitiques.

Matière organique (tableau VIII)

Le taux de matière organique qui est de 3,32 % pour la parcelle « protégée » passe à 2,63 % pour la parcelle « feux tardifs » et à 1,79 % pour la parcelle « feux précoces ». Le feu et l'époque de brûlage affectent donc sérieusement ce paramètre, mais l'on aurait pu s'attendre à une inversion entre « feux tardifs » et « feux précoces ». Les concentrations en carbone et azote évoluent dans le même sens et conduisent à des valeurs de C/N plus importantes pour les parcelles soumises aux feux. La matière organique, ainsi que l'on pouvait s'y attendre, s'y décompose moins rapidement.

Le fractionnement granulométrique de la matière organique montre une distribution pratiquement équivalente entre le carbone et l'azote. La fraction fine (A+Lf) représente de la moitié au trois-quarts de la quantité totale de la matière organique. Le rapport C/N des fractions de la parcelle protégée montre une humification avancée de tous les compartiments organiques. En passant du feu tardif au feu précoce et à l'absence de feu, la répartition de l'azote dans les diverses fractions est beaucoup plus équilibrée (figure 2). Les teneurs des diverses fractions diminuent fortement entre la parcelle protégée et les deux parcelles « brûlées », même dans le cas de la fraction la plus fine (tableau IX) bien que dans ce cas la perte de teneur en N soit beaucoup plus faible.

Macrofaune du sol

L'ensemble de la macrofaune du sol a été prélevé. Seuls les termites et les vers de terre sont abondants partout. Tous les autres organismes ne sont représentés que par quelques individus sur lesquels nous ne nous attarderons pas ici. Le tableau X présente les principaux résultats.

Tableau VIII. Résultats relatifs au fractionnement de la matière organique.

	Fractions						Sols		
	Parcelle protégée		Feux tardifs		Feux précoces		Parcelle protégée	Feux tardifs	Feux précoces
M.O %							3,32	2,63	1,79
C % total							1,93	1,53	1,04
N ‰ total							1,61	1,02	0,70
C/N							12,0	15,0	14,9
C % f < 20 µm	3,34		3,07		3,65		0,96	1,00	0,74
C% f 20-50 µm	1,69		1,16		0,94		0,10	0,07	0,04
C% f 50-200 µm	1,85		1,08		0,67		0,37	0,22	0,11
C% f > 200 µm	0,77		0,47		0,17		0,33	0,18	0,10
	‰	C/N	‰	C/N	‰	C/N	Qt exprimées mg g^{-1} sol		
N‰ f < 20 µm	3,51	9,5	2,26	13,5	2,72	13,4	1,01	0,74	0,55
N‰ f 20-50 µm	1,50	11,2	0,82	14,1	0,68	13,8	0,09	0,05	0,03
N‰ f 50-200 µm	1,79	10,3	0,83	13,0	0,51	13,1	0,35	0,17	0,08
N‰ f > 200 µm	0,66	11,6	0,32	14,6	0,22	7,7	0,28	0,12	0,13
N soluble (mg kg^{-1})							62,0	48,5	68,2
N soluble NH4 (mg kg^{-1})							17,0	6,0	16,0
N soluble NO3 (mg kg^{-1})							11,0	4,0	14,0

Tableau IX. Évolution des teneurs en N (% relatif) des parcelles « feux précoces » et « feux tardifs » par rapport à la parcelle protégée.

Fraction	0-20 µm	20-50 µm	50-200 µm	200-2000 µm
Feux tardifs	-35,6	-45,3	-53,6	-51,5
Feux précoces	-22,5	-54,7	-71,5	-66,7

Tableau X. Poids total de la macrofaune du sol et nombre de termites et de vers de terre présents dans la litière et dans l'horizon 0-30 (en g et en nombre par m^2).

Période	Parcelle	Poids faune (g/m^2)	Termites (n/m^2)*	Vers de terre (n/m^2)**
Juin	Protégée	44,3	2 700	500
	Feux précoces	26,6	2 800	300
	Feux tardifs	17,9	1 180	250
Juillet	Protégée	25,3	800	380 a
	Feux précoces	18,8	1 600	260 ab
	Feux tardifs	31,0	1 800	150 b

* Arrondi à la centaine ; ** arrondi à la dizaine.

L'essentiel du poids de la faune est représenté par les vers de terre, ce qui explique la relation linéaire entre le nombre de vers et le poids de la faune en juin. Néanmoins, si l'on constate une diminution globale de la faune dans les horizons de surface et dans les parcelles boisées entre juin et juillet il n'en est pas de même pour la parcelle « feux tardifs ». L'accroissement de la faune dans ces horizons, pourrait être rattaché à la diminution sensible des racines vivantes qui y a été observée. On pourrait alors émettre l'hypothèse qu'en fonction de l'état boisé ou non, les vers de terre travaillent à des profondeurs différentes pendant la saison des pluies. Cette hypothèse pourrait être confirmée par les observations de LOUPPE (1996)[3] qui note l'abondance des turricules de vers de terre dans la parcelle « feux tardifs » alors qu'il n'en retrouve pas dans les autres traitements. Ceci n'est pas sans importance pour l'interprétation des analyses chimiques et structurales des sols.

Discussion générale

Les analyses montrent normalement une meilleure richesse chimique de la parcelle en protection intégrale. Par contre, l'horizon 0-15 de la parcelle « feux tardifs », dans laquelle la végétation arborée a pratiquement disparu, est plus riche en carbone et en azote que la parcelle « feux précoces ». Ce résultat est paradoxal, on se serait attendu au contraire !

La porosimétrie montre également que cette parcelle « feux tardifs » a, toujours dans l'horizon 0-15, des pores de diamètre supérieurs — pas tous, il y a deux modes — au feu précoce.

Le feu tardif serait-il, pour le sol, meilleur que le feu précoce ? Certainement pas ! Nous allons essayer ici de préciser, le pourquoi de ces constatations ou d'émettre des hypothèses .

Le taux de matière organique plus élevé en surface dans la parcelle « feux tardifs » que dans la parcelle « feux précoces » pourrait s'expliquer par la durée de présence des herbacées sur ces parcelles. Comme le feu précoce détruit dès la fin de saison des pluies la matière organique, celle-ci ne peut être transformée et intégrée au sol par les termites (et par les vers de terre ou autres organismes) tant que le sol reste suffisamment humide. Par contre, cette intégration peut se faire jusqu'en mars, donc pendant une période supplémentaire de trois mois dans la parcelle « feux tardifs ».

D'autres facteurs pourraient apporter une part d'explication : par exemple, les mesures effectuées par LOUPPE (1996) montrent que l'impact du feu tardif qui passe très rapidement (8 minutes entre l'allumage et l'extinction totale pour une surface de 2 ha) n'influe aucunement sur la température du sol à 1 cm de profondeur. Au contraire, il a mesuré une température plus basse que sous sol nu non brûlé. Ces mêmes mesures n'ont pu être réalisées pendant le feu précoce car il se pourrait que le feu, même moins violent mais plus lent (plus d'une heure pour une surface) augmente la température des horizons superficiels du sol et ait donc un effet négatif sur l'activité de la pédofaune.

Une autre hypothèse déjà énoncée ci-dessus est que l'activité des vers de terre se situe dans des zones différentes selon le couvert végétal et la saison. Elle serait plus intense et plus profonde dans la parcelle sous forêt que dans celle brûlée. L'effet des vers de terre et des racines qui est certainement plus profond sous forêt, nécessiterait d'être étudié par une analyse complète du profil sous les divers couverts. ❐

[3] Contrairement à ce qu'il avait avancé dans son document de 1996, les turricules cuits par le passage du feu se désagrègent en saison des pluies.

Références bibliographiques

Aubréville A., 1953. Les expériences de reconstitution de la savane boisée en Côte d'Ivoire. *Bois et forêts des tropiques*, n° 32 - 4-10 Carvalho *et al.*, 1991.

CTFT-CI, 1969. Note sur les parcelles d'expérience concernant l'action des feux de brousse (Kokondékro, 1969). CTFT-CI, Bouaké, 5 p.

Dereix Ch., N'Guessan A., 1976. Étude de l'action des feux de brousse sur la végétation. Les parcelles feux de Kokondékro. Résultats après quarante ans de traitement. CTFT-CI, Bouaké, 32 p. + graphiques.

Hénin S., Monnier G., Cambeau A., 1958. Méthode pour l'étude de la stabilité structurale des sols. Annales agronomiques 1:73-92.

EIMVT, 1990. Les feux de brousse. Fiche technique d'élevage tropical n° 3. Maison Alfort, 12 p.

Feller C. Une méthode de fractionnement granulométrique de la matière organique des sols tropicaux à texture grossière, très pauvres en humus. Cah. ORSTOM série Pédologie vol. 27, 4 : 339-346.

Louppe D., Ouattara N., Coulibaly A., 1995. Effets des feux de brousse sur la végétation. Bois et forêts des tropiques, n° 245 - 3e trimestre 1995. p. 59-69.

Louppe D., Ouattara N., Coulibaly A., 1995. The effects of bush fires on vegetation : the Aubreville fire plots after 60 years. Commonwealth Forestry Review 74 (4), 1995, p. 288-292.

Louppe D., 1996. Température du sol après feu de brousse - Mise à feu de la parcelle « feux tardifs » - Kokondékro - 8 mars 1996. IDEFOR-DFO/CIRAD-Forêt, Korhogo-Abidjan, mars 1996, 8 p.

Monnier Y., 1968. Les effets des feux de brousse sur une savane préforestière de Côte d'Ivoire. Abidjan, Études Eburnéennes n° 9, 260 p.

Ouattara N., 1994. Étude de la macrofaune du sol sous divers couverts végétaux en zone préforestière et de savane soudano-guinéenne dans la moitié nord de la Côte d'Ivoire. Mémoire de DESS, Gestion des systèmes agro-sylvo-pastoraux en zone tropicale. 71 p.

Ouattara N., Louppe D., 1996. Les parcelles feux d'Aubréville, quelles leçons en tirer ? *Le Flamboyant*, n° 38, p. 26-28.

Vuattoux, 1968. Le peuplement du palmier rônier (*Borassus aethiopum*) d'une savane de Côte d'Ivoire. Annales de l'université d'Abidjan, 1968, Série E,T1, F1, 138 p.